



ISSN 1827-3858

[www.umfvg.org](http://www.umfvg.org)



# CLIMA CHE CAMBIA MARE CHE CAMBIA

Supplemento alle rivista METEOROLOGICA

Trimestrale di informazione meteorologica dell'UMFVG

Numero Speciale  
Ottobre 2008

Anno VII  
Supplemento al n. 3

## ATTI DELL'VIII CONVEGNO DI METEOROLOGIA DEL FVG

Monografia tematica sugli effetti dei cambiamenti climatici nel Nord Adriatico e ricerche scientifiche correlate

L'UMFVG	2
IL LIVELLO MARINO LOCALE E GLOBALE TRA PASSATO E FUTURO	3
L'OCEANOGRAFIA OPERATIVA IN SLOVENIA	4-5
IL LIVELLO MARINO A TRIESTE DALL'EPOCA ROMANA AD OGGI	6-7
"DA OKEANOS A EL NIÑO" IL CONTRIBUTO DELL'OCEANOGRAFIA AGLI STUDI SUL CLIMA	8-9
IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI NEGLI AMBIENTI MARINI COSTIERI IL CASO DELLA LAGUNA VENETA	10-11
COME E PERCHÈ STUDIARE LE ACQUE COSTIERE	12-13
SALINITÀ E TEMPERATURA DELLE ACQUE MARINE COSTIERE DELLA REGIONE FVG PER IL PERIODO 1995 - 2007	14



## LA REDAZIONE DI METEOROLOGICA

Trimestrale di informazine meteorologica dell'UMFVG

*Quarterly weather journal of UMFVG*

Reg. Trib. di Udine n.4 del 26/02/2002

[www.umfvg.org](http://www.umfvg.org)

### **Pubblicato da / published by**

Unione Meteorologica del Friuli Venezia Giulia – O.N.L.U.S.

Via Silvio Pellico, 9 - Cividale del Friuli - ITALY

### **Direttore Responsabile / Director**

Marco Virgilio

### **Direttore editoriale / Chief Editor**

Renato R. Colucci

### **Segreteria di redazione / Editorial secretary**

Dario Gaiotti, Fulvio Stel

### **Redazione / Editorial staff**

#### **Italia:**

Piero Cicuttini, Fulvio Crisciani, Marco Fancello, Rodolfo Gratton, Guido Guidi, Gianfranco Mazzilli, Massimo Ongaro, Fabio Raicich, Franco Stravisi, Angelo Tavoschi

#### **Austria:**

Franz Stockinger (ZAMG), Christian Stefan (ZAMG)

#### **Slovenia:**

Tanja Cegnar (ARSO), Katia Milic (ARSO)

### **Stampa / Print**

Studio PF di Presello Denis e C.

via Enrico Fermi n. 74, Tavagnacco (UD)

### **Per ricevere il bollettino o richiedere informazioni scrivere a:**

**To receive the bulletin or ask for informations write to:**

e-mail: [info@umfvg.org](mailto:info@umfvg.org) - [dario.gaiotti@arpa.fvg.it](mailto:dario.gaiotti@arpa.fvg.it)

Segreteria di Meteorologica – Bollettino dell'UMFVG

c/o Dario Gaiotti, via Tavieles 6/2, 33047 REMANZACCO (UD)

### **Raccolta ed organizzazione di testi e immagini di questa edizione speciale a cura di Renato R. Colucci (CNR - ISMAR Trieste)**

23 gennaio 2008, le Prealpi Carniche viste da Trieste in una giornata finalmente caratterizzata da aria tersa e secca dopo 20 giorni quasi ininterrotti di cieli coperti, precipitazioni e nebbie diffuse.

*2008, January 23th, View from Trieste to Prealpi Carniche in a sunny and dry day after 20 days of cloudy, rainy and foggy weather*



Foto Renato R. Colucci

Raccontare l'UMFVG in poche righe è un'azione di breve respiro storico (l'associazione si costituisce il 26 maggio del 2000) ma densa di proposte e idee che si sono susseguite nel tempo e velocemente tradotte in belle concrete iniziative. Perché è nata l'Unione? In Friuli Venezia Giulia, come in ogni altra parte d'Italia, la storia della meteorologia viaggiava su due binari paralleli: quello "ufficiale", fatto di numerosi enti pubblici o privati che constavano di molti e capaci professionisti, e quello "ufficioso", fatto di appassionati e amatori di questa scienza a suo modo "artistica". La domanda che affiorava sulle labbra degli uni e degli altri era: perché non trovare un punto di incontro, che permettesse di condividere passione e professionalità per far crescere la cultura meteorologica in una regione caratterizzata da luoghi ed eventi meteorologicamente significativi? Da lì nacque l'UMFVG-ONLUS e su questa strada continua a viaggiare spedita. In più di otto anni di esistenza si sono realizzate tante cose, tutte di pregio e capaci di migliorare la qualità della divulgazione scientifica. I punti fissi nella bussola dell'Unione sono diventati, negli anni, quattro: il Convegno Regionale d'autunno, in cui una domenica d'ottobre è dedicata all'esposizione di professionisti ed appassionati su tematiche d'attualità (dalle previsioni del tempo ai cambiamenti climatici, dal rischio meteorologico alle problematiche legate al mare); la Tavola Rotonda di primavera, in cui si ritrovano intorno ad un tavolo alcuni professionisti a discutere delle ultime frontiere nella ricerca scientifica in ambito meteorologico o di scienze ambientali; la rivista trimestrale "Meteorologica", nata nel 2002, ove trovano spazio delle rubriche fisse di riepilogo meteorologico delle varie stagioni e nelle varie località della regione unitamente ad articoli specifici di approfondimento, ancora una volta all'insegna della prossimità tra professionisti ed appassionati. Vale la pena ricordare che da quest'anno la rivista si amplierà ed avrà respiro internazionale, ospitando contributi fissi dall'Austria e dalla Slovenia. Infine, c'è il Corso annuale per Osservatori Volontari di Local Severe Weather (tempo violento e localizzato), nato dall'esigenza di coordinare e standardizzare in qualche modo le capacità di rapporto tra gli appassionati che desiderano effettuare osservazioni di fenomeni meteorologici particolari e gli istituti che ne studiano ed approfondiscono le cause scatenanti e gli effetti. In questi ultimi anni si sono aggiunte anche altre iniziative: il Progetto Carsiana di osservazione meteorologica locale, o l'istituzione del GEAM (Gruppo Escursioni ed Attività Meteo) per l'organizzazione di escursioni a carattere meteorologico o ambientale (geologico, idrologico, ecc.). Nel tempo l'UMFVG si è dotata anche di un portale web sempre più ricco di contenuti e di spunti (raccolte fotografiche, selezione di articoli dei soci, grafici delle osservazioni meteorologiche più interessanti), in particolare di un Forum, in cui i soci potevano discutere di varie tematiche in maniera rapida ed efficiente. E proprio incardinata a questo strumento è venuta una proposta di ulteriore apertura dell'Unione a realtà vicine, consolidate, caratterizzate anch'esse dalla passione genuina per la meteorologia: dal 2008, infatti, il Forum dell'UMFVG si è unito al Forum dell'Associazione MeteoTriveneto, molto frequentato e rinomato per la qualità e quantità degli interventi e dei topic, in un comune sforzo di diffondere e divulgare passione, capacità e cultura della meteorologia.

## IL LIVELLO MARINO LOCALE E GLOBALE TRA PASSATO E FUTURO

### Abstract

We describe the main characteristics of sea-level variability, from the local scale, namely the Bay of Trieste and the Adriatic Sea, up the global scale, with focus on the meteorological and climatic forcing factors. We also discuss the possible evolution of extreme events at Trieste as a consequence of estimated future sea-level rise.

in su sono importanti inoltre le variazioni delle caratteristiche termoaline dell'oceano.

I venti dominanti sull'Adriatico sono la Bora, trasversale al bacino, e lo Scirocco, che spirava lungo il bacino. Lo Scirocco tende ad accumulare acqua verso l'estremità settentrionale del bacino. Nel Nord Adriatico la Bora favorisce l'abbassamento del livello sulla costa orientale e un aumento su quella

risucchiata acqua da Sud, alzando il livello marino, e viceversa. La combinazione di Scirocco e bassa pressione atmosferica locale provoca l'"acqua alta", ossia il notevole aumento di livello del mare osservato sulla costa settentrionale.

Le variazioni di temperatura e salinità comportano cambiamenti della densità dell'acqua, che si riflettono anche sul livello marino. Si tratta dell'"effetto sterico", caratterizzato da un aumento del livello in occasione del riscaldamento dell'acqua e da una sua diminuzione in occasione di un aumento di salinità. Nel Golfo di Trieste la tendenza secolare dell'effetto sterico, circa -4 mm/secolo, è trascurabile rispetto a quella del livello osservato, dell'ordine di 100 mm/secolo.

Su scala globale, dopo il picco glaciale di circa 21000 anni fa, il livello è sempre mediamente aumentato, con velocità variabile. Tra 2000 e 100 anni fa l'aumento è stato inferiore a 2 cm per secolo. Misure di alta qualità presso stazioni considerate stabili concordano su tendenze tra 1.5 e 2.0 mm/a nel 20° secolo, non considerando generalmente i movimenti verticali del suolo.

Nel Mediterraneo (escluso il Mar Nero) esistono solo cinque stazioni con almeno 80 anni di dati, cioè Trieste (inizio nel 1875), Genova (1884), Marsiglia (1885), Venezia (1872) e Marina di Ravenna (1896), le ultime due affette da marcata subsidenza di origine antropica. In Fig. 1 è illustrato l'andamento del livello medio annuo a Trieste dal 1875 insieme con le tendenze su vari periodi. Si noti la variabilità, e quindi la scarsa attendibilità, di queste ultime quando il periodo analizzato è breve. Il periodo dal 1992 è quello coperto dall'altimetria da satellite. In Fig. 2 sono riportati gli eventi di tracimazione a Trieste dal 1875.

Secondo le proiezioni dell'IPCC per il 21° secolo il livello marino dovrebbe essere più alto di quello attuale (1980-1999) di circa 18 cm intorno al 2050 e 35 cm nel 2100. Nonostante ciò, analisi di osservazioni di Trieste e Venezia e simulazioni degli scenari futuri inducono a ritenere che la frequenza e l'intensità delle acque alte estreme non sia destinata ad aumentare rispetto al presente, per la contemporanea diminuzione della frequenza e dell'intensità degli eventi meteorologici che le favoriscono.

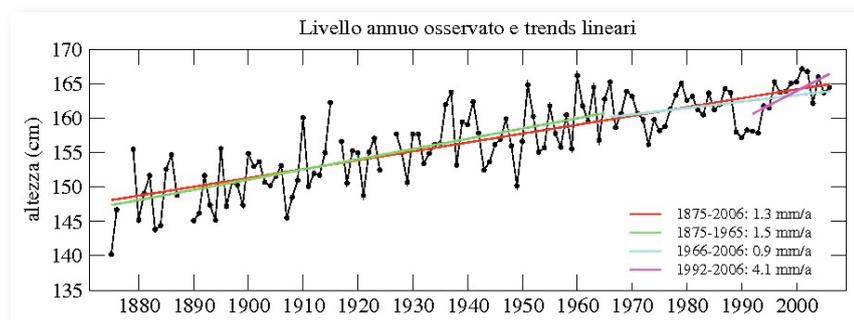


Fig. 1: Livello medio annuo a Trieste in centimetri sopra lo Zero Istituto Talassografico dal 1875 e tendenze su vari periodi

Le scale di variabilità temporale del livello marino possono essere distinte in funzione dei fattori che le determinano. Le variazioni su scale temporali fino all'interannuale sono causate dalla meteorologia, soprattutto vento e pressione atmosferica. Dalla scala interannuale

occidentale. Il Libeccio favorisce l'aumento del livello nel Golfo di Trieste.

La pressione atmosferica agisce attraverso la relazione nota come "effetto barometrico inverso". Quando nel Nord Adriatico la pressione è relativamente bassa, viene

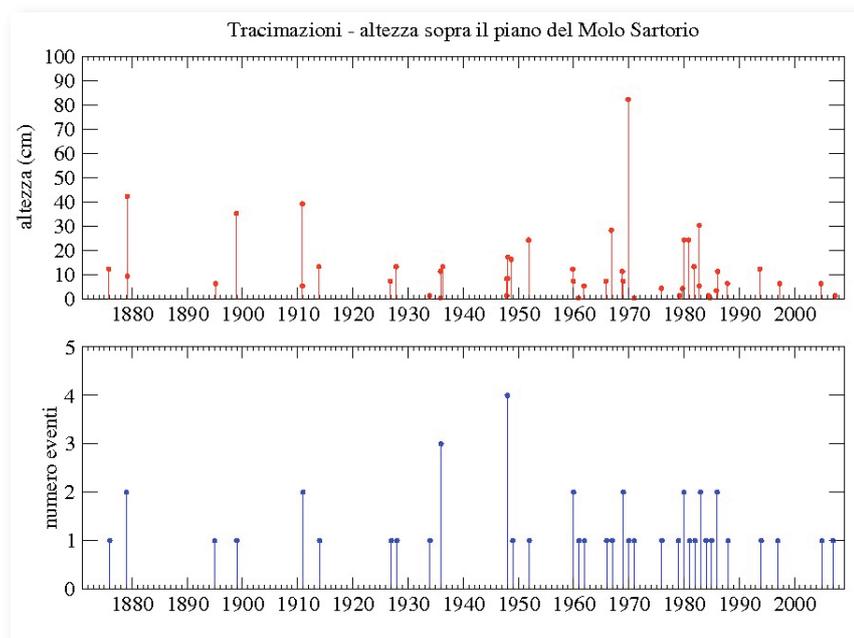


Fig. 2: Eventi di tracimazione a Trieste dal 1875: altezza sopra il piano del Molo Sartorio (sopra), numero di eventi per anno (sotto)

## L'OCEANOGRAFIA OPERATIVA IN SLOVENIA

Un gruppo che studia la dinamica delle acque costiere è attivo anche nel predisporre le infrastrutture per le misure ed i calcoli finalizzati all'oceanografia operativa. Il progetto 'ISMO' dell'INTERREG IIIa Italia-Slovenia fornisce la struttura di monitoraggio dello stato del mare e le clausole per l'informazione alla comunità degli esperti e del pubblico riguardo le condizioni ecologiche ed oceanografiche. La strumentazione precedentemente installata a mare è stata recentemente aggiornata con telecamere sottomarine e di sorveglianza ed è stata realizzata, tramite un sistema a microonde, una nuova connessione Ethernet tra il centro di controllo ed una boa costiera a 5 km dalla costa. In questo modo gli strumenti che equipaggiano la boa (correntometro ADCP sul fondale, anemometro acustico, sonda CT e sensori collocati all'interno del corpo della boa) possono essere interrogati individualmente. Informazioni aggiornate di carattere ambientale sono disponibili al pubblico tramite siti WEB. Un sito WEB interattivo rende anche il pubblico in grado di far girare un modello di circolazione costiera tramite semplici forzanti (ad es. stress o velocità del vento). Il team che lavora con simulazioni numeriche per l'area costiera e l'analisi dei dati sta convergendo verso una previsione operativa nell'ambito delle finalità del



programma nazionale di ricerca. L'obiettivo sta per essere raggiunto attraverso una serie di compiti specifici che sono collegati allo studio della dinamica costiera. Essi riguardano simulazioni numeriche di circolazione, ad es. la circolazione nel Golfo di Trieste a livello climatico, previsioni retrospettive della circolazione sinottica nel Nord Adriatico durante il passaggio di perturbazioni estive, l'inserimento degli effetti mareali nella circolazione, l'analisi di misure

correntometriche, di vento e di onde di superficie effettuate presso la boa costiera nel corso di parecchi anni. Sta iniziando lo studio dei meccanismi che influenzano la diffusione e l'evoluzione delle onde di superficie assieme alla simulazione di onde forzate dal vento. In Slovenia ci sono alcuni team che stanno unendo gli sforzi per realizzare l'oceanografia operativa e ci si aspetta che seguano, a breve, iniziative congiunte con esperti italiani in tale direzione.



## TOWARDS OPERATIONAL OCEANOGRAPHY IN SLOVENIA

A group that studies the dynamics of coastal waters is also active in building up the infrastructure of measurements and computing that lead towards operational oceanography. The project 'ISMO' of the INTERREG IIIa Italy-Slovenia provides for comprehensive monitoring of the state of the sea and for the provision of information to the expert community and the general public concerning ecological and oceanographic conditions. The state-of-the-art technology previously installed at sea was recently upgraded with underwater and surveillance cameras and a new Ethernet communication link between the receiving centre and a coastal buoy over a distance of 5 km was established via a microwave system. In this way instruments associated with the buoy (the ADCP current meter at the sea-floor, the acoustic anemometer, CT probe and sensors inside the buoy's hull) can be contacted individually. Updated environmental information is offered to the public via websites. The interactive website also enables the public to run a circulation coastal model for simple driving (i.e., wind stress or wind speed).

The team working with numerical simulations in a coastal sea and analysis of measurements is converging towards an operational forecast within the scope of the national research program. This goal is going to be achieved through a series of specific tasks which are related to the study of coastal dynamics. These tasks are related to numerical studies of circulation, e.g. the climatic circulation of the Gulf of Trieste, a hind cast of synoptic circulation of the northern Adriatic Sea during the passage of a summer storm, integration of tides in circulation, analysis of several years of measurements of currents below the coastal buoy and winds above it as well as an analysis of surface wave measurements. Study of the mechanisms that affect the spread and evolution of surface waves is ongoing together with the beginning simulations of wind-driven waves.

There are a few teams that are joining efforts in establishing operational oceanography in Slovenia and it is expected that joint efforts in this direction with Italian experts will result shortly.





Foto Renato R. Colucci

*Punta Ronco, tra le località di Pirano e Isola, in territorio sloveno, è caratterizzata da affioramenti di Flisch, costituito da alternanze di marne ed arenarie. La litologia estremamente friabile non permette in questo caso la conservazione dei solchi marini*



Foto Renato R. Colucci

*Il basso livello marino nei pressi di Punta Sottile e Punta Grossa testimonia la presenza di piattaforme sommerse, relitti di antiche posizioni del mare più arretrate rispetto ai nostri giorni*

## IL LIVELLO MARINO A TRIESTE DALL'EPOCA ROMANA AD OGGI

Nel corso della storia della Terra, la superficie del mare ha più volte cambiato posizione, scendendo e risalendo rispetto ad oggi, scoprendo e ricoprendo vaste zone di costa. Lo studio di queste variazioni di livello del mare riveste un ruolo fondamentale in diversi settori delle scienze, dallo studio dei movimenti recenti del suolo alla caratterizzazione morfologica di un'area, dalla progettazione delle infrastrutture costiere alla ricostruzione del paesaggio antico. Esse sono il risultato della somma delle componenti eustatiche (dal geologo austriaco Suess), dovute all'alternanza delle fasi glaciali, isostatiche, legato all'equilibrio di carico dei ghiacci e tettoniche, legate ai movimenti della crosta terrestre. Mentre la prima dipende dal momento in cui viene misurata, l'isostasia e la tettonica variano a seconda della località. Le modalità e la velocità con cui si attuano queste variazioni si riflettono sulla dinamica di sedimentazione e sulle conseguenti successioni stratigrafiche. Anche se esistono molte teorie e ipotesi per spiegare queste modificazioni del livello del mare, esse sarebbero sostanzialmente riconducibili a due cause principali: una variazione del volume totale dell'acqua nei mari, o una variazione della capacità volumetrica dei bacini marini, e quindi una variazione della loro forma. L'unica teoria attualmente accertata è legata alle variazioni di volume dell'acqua contenuta nei ghiacciai, i quali, sciogliendosi, farebbero innalzare ed abbassare la superficie del mare, anche se non è escluso che possano avere agito contemporaneamente tutte e due o altre cause. La quantità d'acqua derivante dalla deglaciazione può essere calcolata mediante modelli matematici, che ricostruiscono dettagliatamente la componente eustatica e glacio-idro-isostatica in funzione delle diverse località. Il modello di risalita del mare attualmente più utilizzato in Italia è il modello di Lambeck, recentemente testato su numerosi siti lungo le coste adriatiche e tirreniche. Secondo questo modello, l'innalzamento del livello marino a Trieste dall'epoca romana ad oggi varia da qualche centimetro a poche decine di centimetri. Anche nel Golfo di Trieste sono stati studiati, osservati e misurati numerosi indicatori degli antichi livelli del mare. Tali indicatori, sia quelli geomorfologici, come i solchi marini (notch), che quelli archeologici (moli romani, piscinae, strutture portuali, ecc) hanno consentito di descrivere in dettaglio le variazioni della linea di riva dal I sec. d.C. ad oggi.

Particolarmente interessante è la presenza di un solco marino sommerso, la cui profondità aumenta considerevolmente verso nord-ovest: tra Miramare e Duino sono



Foto F. Antonioli

Molo romano a Punta Sottile

state misurate le quote di 11 solchi sommersi: la loro profondità varia tra -0.65 m sugli olistoliti (i blocchi di calcare) di Miramare a -0.90 m a Canovella de' Zoppoli; nella zona tra Sistiana e Duino la loro profondità sale da -1.30 m, poco a nord della Baia di Sistiana, fino a -2.55 m sotto il castello di Duino. È interessante che in corrispondenza dello stesso settore costiero è completamente assente il solco attuale. Purtroppo, nella stessa area non ci sono resti archeologici di strutture costiere, le quali sarebbero utili al confronto.

A parte la zona tra Sistiana e Duino, dove affiorano i calcari, in tutto il settore orientale del Golfo, tra Trieste e Isola d'Istria, affiora il Flysch, costituito da un'alternanza di arenarie e marne. Si tratta di una litologia estremamente friabile, che non permette la conservazione dei solchi marini. In queste zone, i solchi sono delle forme effimere la cui evoluzione dura tutt'al più qualche decennio, per poi sottostare agli incipienti processi di arretramento della falesia costiera. Anche le piattaforme sommerse (shore platforms) di Punta Sottile e Punta Grossa, relitti di antiche posizioni del mare, per quanto testimoni inequivocabili e molto affascinanti di passati livelli del mare, non forniscono informazioni databili certe; a causa della regolarità dei blocchi di arenaria della piattaforma, sono state spesso erroneamente scambiate per un "lastricato romano". Accurati confronti con i vicini affioramenti di Flysch hanno risolto questo problema a favore della naturalezza della struttura. Le informazioni relative alle variazioni di livello marino sono state, in questo caso, ricavate da 5 siti archeologici. I valori medi di profondità (corretti con la marea e la pressione) delle strutture archeologiche indicano che, duemila anni fa, il livello del mare si trovava ad una profondità di  $-1.6 \pm 0.25$  m (Epoca romana - I secolo dopo Cristo, datata con un'anfora alla base del molo), circa 60 cm più bassa della sommità delle strutture. L'età delle strutture costiere può quindi essere dedotta dai reperti archeologici (anfore, vasellame ecc), mentre più complessa è la datazione del solco marino, essendo quest'ultimo sommerso. Recentemente sono stati eseguiti alcuni sondaggi in Istria, a poca distanza dai solchi, i quali hanno suggerito l'idea che la loro età di formazione è compresa tra cinquecento e mille anni fa. Le profondità dei solchi marini hanno messo in evidenza una generale inclinazione (tilting) in direzione sudest-nordovest, confermato anche dai dati mareografici (oltre 110 anni). Recenti studi condotti dal Dipartimento di Scienze della Terra di Trieste (dott.ssa Carla Braitenberg), basati sul movimento del pendolo della Grotta Gigante negli ultimi 30 anni, sembrerebbero confermare che il tilting sia ancora attivo. Dalla comparazione delle quote delle strutture archeologiche romane con i modelli matematici di sollevamento del livello del mare elaborate dall'australiano Lambeck e la profondità dei solchi sommersi, possiamo ipotizzare:

1. un movimento tettonico negativo (abbassamento della terraferma) post-romano nel Golfo di Trieste, il cui tasso, mediato nell'arco di 2000 anni, è di circa 0.55 mm/anno (quindi 1.1 m totali), ma sussistono forti indizi che si tratti della sommatoria di eventi co-sismici (prodotti dai terremoti) con periodi di stabilità (come quello attuale) e momenti di abbassamenti co-sismici di grande entità (fino a 50 cm);
2. un tilting con direzione sudest-nordovest i cui tassi di abbassamento aumentano notevolmente tra Sistiana e Duino.



Foto F. Antranikli

Solco marino di Duino

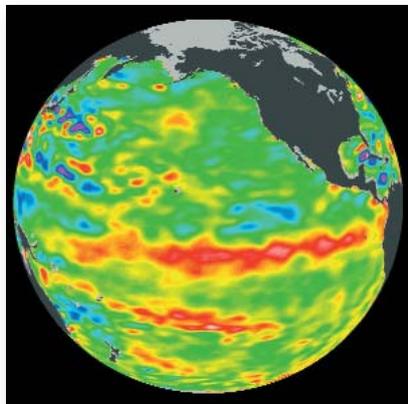


Foto Renato R. Colucci

Gli affioramenti di roccia calcarea di Duino dove si trovano i solchi marini sommersi più profondi

## “DA OKEANOS A EL NIÑO” IL CONTRIBUTO DELL'OCEANOLOGRAFIA AGLI STUDI SUL CLIMA

CONSIDERAZIONI DAL LIBRO DI RENZO MOSETTI E MARINA SILVESTRI



Composizione satellitare in falsi colori di un evento di "El Niño" che porta ad un importante aumento delle acque superficiali dell'Oceano Pacifico orientale in grado di condizionare l'andamento climatico di tutto il globo. Immagine a cura di Earthobservatory - NASA



*Okeanos, figura della mitologia greca, era un titano figlio di Urano e di Gea. Omero chiamava Okeanos l'origine degli dei e l'origine di tutto, e quando tutto aveva avuto già origine da lui, esso continuò a scorrere agli estremi margini della terra, rifluendo in se stesso, in un circolo ininterrotto. Anche quando il mondo stava già sotto il dominio di Zeus, egli solo poté rimanere al suo posto primitivo che in realtà non era un luogo, ma solo una corrente, delimitazione e separazione dell'alto da là.*

*Un ramo della mitologia moderna (meno approfondita ma anche più conosciuta) attribuisce a Oceano, che era legato alla dea Teti, anche la discendenza di Stige e Asopo (anche esso dio fluviale) e attribuisce a Okeanos il ruolo di "più antico dei titani".*

I mari coprono il 70% della superficie del globo terrestre, e sono considerati fin dall'antichità l'origine di ogni forma di vita. Ciononostante, solo di recente la scienza ha iniziato a porre come centrale il ruolo degli oceani in relazione ai cambiamenti climatici. Da questi studi potrebbero arrivare grosse novità che possono integrare, se non capovolgere le teorie più accreditate sui fattori responsabili del riscaldamento globale del pianeta.

L'oceano ha un ruolo determinante nell'evoluzione del clima, ma nonostante ciò i dati attualmente disponibili che riguardano l'oceano e la comprensione dei processi a grande scala sono insufficienti e pertanto i modelli climatici possono presentare delle carenze nei risultati o mancare di variabili importanti. E' proprio considerando il sistema climatico nel suo insieme, unito ad una maggiore conoscenza dell'oceano che si possono comprendere meglio i cambiamenti che si stanno osservando. Terra e oceano sono intimamente legati tra loro. Indagare sull'origine dei fenomeni relativi al mare, legandoli alle variazioni climatiche rientra in una visione scientifica multidisciplinare dove l'approccio rigorosamente riduzionista si sposa con una sintesi olistica. Terra, aria ed acqua costituiscono un sistema complesso di interazione reciproca ma unificante.

Il saggio propone anche una originale disamina delle cosmogonie e dei miti che riguardano le acque e la formazione del pianeta dal quale emerge la visione dell'uomo antico nei confronti della natura.

Il mito è indagato in quanto conserva la visione che le civiltà arcaiche avevano dei fenomeni naturali ma soprattutto, perché rivela come di essi ci fosse "coscienza sociale", un punto estremamente importante perché specchio di quello che oggi chiamiamo coscienza ecologica. Il testo ricorda come ci fosse nel mondo antico una profonda coscienza sociale nei confronti dell'ambiente. Vengono commentate pagine di autori classici quali Aristotele, Plinio e Seneca da cui si evince la puntuale conoscenza del ciclo dell'acqua la cui importanza era ben presente anche nel pensiero mitico che la articolava sotto forma di narrazioni e riti riguardanti il dio della pioggia, e prima ancora nelle cosmogonie elaborate delle culture di tutto il mondo. Un accenno viene fatto anche al ruolo dell'uomo che il pensiero degli antichi riteneva avere combattuto a fianco delle divinità che avevano stabilizzato il pianeta contro le potenze distruttrici telluriche e celesti.

Perché questa lettura parallela di scienza e mito? Perché la coscienza sociale collettiva che il mito esprimeva è una delle emergenze della nostra cultura esattamente quanto le soluzioni per la collettività che il paradigma scientifico è chiamato a trovare.

Inoltre deve essere la ricerca di base e non tanto la sola tecnologia ad aiutare la sostenibilità dei sistemi naturali in una visione di sostegno e non di dominio della tecnologia sul mondo. Un modo per ricordare che oggi come ieri sarà l'uomo e la scienza a difendere la vita sulla terra.

**Renzo Mosetti:** Dirigente di Ricerca all'Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale-OGS di Trieste è autore di numerose pubblicazioni e articoli divulgativi nel campo dell'oceanografia e delle scienze ambientali marine in genere. Più volte delegato nazionale per la Commissione Oceanografica Intergovernativa dell'UNESCO, fa parte del gruppo degli esperti italiani nell'ambito dell'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), organismo insignito nel 2007 del Premio Nobel per la Pace.

**Marina Silvestri:** giornalista professionista, dopo una lunga esperienza radiofonica e televisiva, nel corso della quale ha realizzato programmi di carattere culturale e scientifico per la Terza Rete della RAI, e lavorato in cronaca e nella redazione Scienza del Giornale Radio, oggi si occupa principalmente di editoria. Collabora con riviste specializzate ed ha curato e pubblicato libri di saggistica e narrativa.

RENZO MOSETTI, MARINA SILVESTRI

## DA OKEANOSA "EL NIÑO"

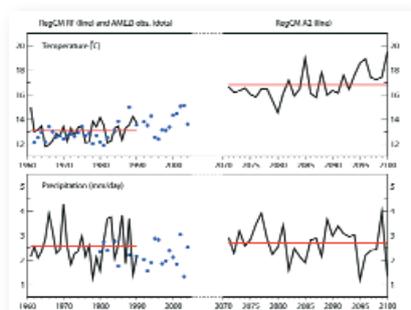
IL CONTRIBUTO DELL'OCEANOGRAFIA  
AGLI STUDI SUL CLIMA



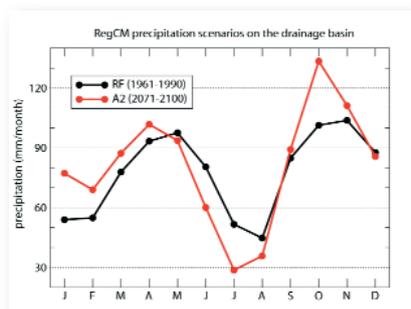
BRUNO MONDADORI

RICERCA

## IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI NEGLI AMBIENTI MARINI COSTIERI. IL CASO DELLA LAGUNA VENETA.



**Fig. 2/a:** valori medi annuali di temperatura e precipitazione per le condizioni attuali (punti blu, dati sperimentali; linea nera, simulazione del modello climatologico, RF) e per lo scenario futuro riferito al periodo 2070-2099 (linea nera, simulazione del modello climatologico, A2). Le linee rosse riportano la media dei diversi periodi.



**Fig. 2/b:** evoluzione media delle precipitazioni mensili simulata dal modello climatologico per lo scenario presente, RF (linea nera), e per lo scenario futuro, A2 (linea rossa).

Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale – OGS. Dep. of Oceanography  
Borgo Grotta Gigante - Brisciki 42/c - 34010 Sgonico - Zgonik (Trieste), Italy

Earth System Physics Group, The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics (ESPG - ICTP)  
Strada Costiera 11 – 34014 Trieste, Italy

National Climate Center of China (NCCC)  
Beijing 100081, China

Le condizioni climatiche locali e regionali (temperatura, regimi di vento, precipitazioni) possono influenzare significativamente lo stato trofico e le dinamiche ecologiche degli ambienti costieri, quali ad esempio la laguna di Venezia. Risulta pertanto interessante, analizzare la possibilità che vi siano connessioni tra eventuali cambiamenti climatici globali (IPCC, 2007), il loro effetto sul quadro climatico a scala locale e l'eventuale impatto di questo sullo stato trofico della laguna. Questa analisi è tuttavia difficile, sia perché risulta complesso delineare in maniera univoca la connessione tra cambiamento climatico globale e quello alla scala locale, sia per la complessità delle relazioni che legano i forzanti climatici allo stato dell'ecosistema.

L'impatto dei cambiamenti climatici sullo stato trofico dell'ecosistema lagunare può esprimersi attraverso una vasta gamma di effetti (ad esempio: variazioni nelle precipitazioni sul bacino scolante potrebbero comportare cambiamenti al carico di nutrienti, variazioni nella temperatura dell'acqua influenzerebbero le dinamiche delle comunità biologiche, alterazioni al regime del vento potrebbero influenzare la torbidità dell'acqua e, di conseguenza, il livello di intensità luminosa nel corpo d'acqua).

In genere, analisi di questo tipo prevedono il confronto fra diverse ipotesi di evoluzioni future, denominate scenari, che rappresentano non tanto una previsione reale, quanto possibili realizzazioni alternative di un processo che può manifestarsi in diversi modi.

In questo studio, si è fatto uso di un insieme gerarchico di modelli numerici, secondo il quale i risultati dei modelli climatici generali a grande scala rappresentano le informazioni d'ingresso per modelli climatici a scala regionale, i cui risultati sono a loro volta utilizzati per fornire le informazioni di ingresso per un modello ecologico della laguna di Venezia. Nello specifico, Figura 1 mostra la gerarchia dei modelli utilizzati: i risultati di un modello di circolazione atmosferica globale, HadAMH [1], costituiscono la base di partenza di un modello climatico a scala regionale per l'area mediterranea ed europea, RegCM [2] (Giorgi et al., 2004a, b). I campi dei parametri climatici simulati da quest'ultimo sull'area di interesse (il bacino scolante della laguna di Venezia) sono utilizzati, attraverso modelli statistici [3a e b], per costruire le forzanti che agiscono sul sistema della Laguna e che a loro volta, sono utilizzati come input per un modello biogeochimico dell'ecosistema lagunare, TDM [4].

Le simulazioni di uno scenario riferito alle condizioni presenti, RF, e di uno scenario riferito alle condizioni future, A2, mostrano che, per l'area della laguna di Venezia, le temperature medie annuali del periodo futuro sono sensibilmente più alte rispetto a quelle presenti, Fig. 2 (Salon et al., 2008), mentre i valori medi annuali di precipitazioni non presentano significative variazioni. Tuttavia, se si analizza la distribuzione stagionale delle piogge nei due scenari, emerge che lo scenario futuro è caratterizzato da un aumento delle precipitazioni invernali (gennaio-aprile) ed autunnali (ottobre-novembre) e da una diminuzione nel periodo primaverile-estivo (maggio-agosto), Fig. 2.

Nell'ambito di questo studio, ci si è focalizzati nello studio dei possibili impatti sull'ecosistema indotti dalla variazione della stagionalità della pioggia. Per valutare l'impatto delle variazioni di temperatura sull'ecosistema lagunare sarebbero necessari modelli ancora più complessi in grado di descrivere processi di adattamento e acclimatamento delle comunità biologiche.

L'effetto della variazione del ciclo annuale di precipitazione, che si trasferisce attraverso la gerarchia di modelli al modello dell'ecosistema della laguna, determina un aumento dei carichi di nutriente dal bacino scolante nei periodi invernali ed autunnali, ed una diminuzione nel periodo primaverile-estivo. Questo determina un impatto significativo nel ciclo annuale degli organismi autotrofi (fitoplancton) che, nei mesi estivi, raggiungono i valori massimi di biomassa (pannello superiore di Fig. 3). Infatti, la diminuita disponibilità di nutriente causa una limitazione alle potenzialità di crescita dei produttori autotrofi e quindi una diminuzione dei valori di biomassa (anomalie negative in pannello inferiore di Fig. 3, Cossarini et al., 2008). Questa diminuzione ha, poi, un effetto a cascata sugli organismi superiori della catena trofica, con condizioni meno favorevoli per molti organismi. In particolare gli organismi che si alimentano direttamente sul fitoplancton presentano una diminuzione di biomassa e produzione.

**Riferimenti:**

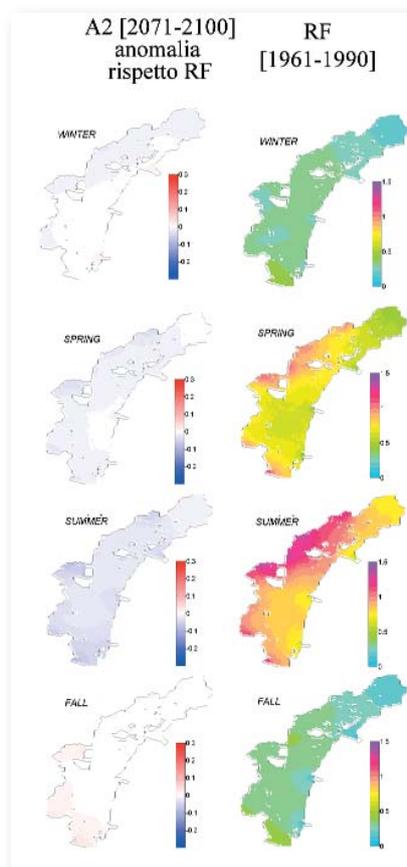
Cossarini G, Salon S, Libralato S, Gao X, Giorgi F, Solidoro C (2008) A downscaling experiment for the lagoon of Venice. Part II: testing potential impacts of changes in precipitation temporal patterns on biogeochemical properties. In stampa in *Climate Research*.

Giorgi F, Bi X, Pal JS (2004a) Mean, interannual variability and trends in a regional climate change experiment over Europe. I. Present-day climate (1961-1990). *Clim Dyn* 22:733-756

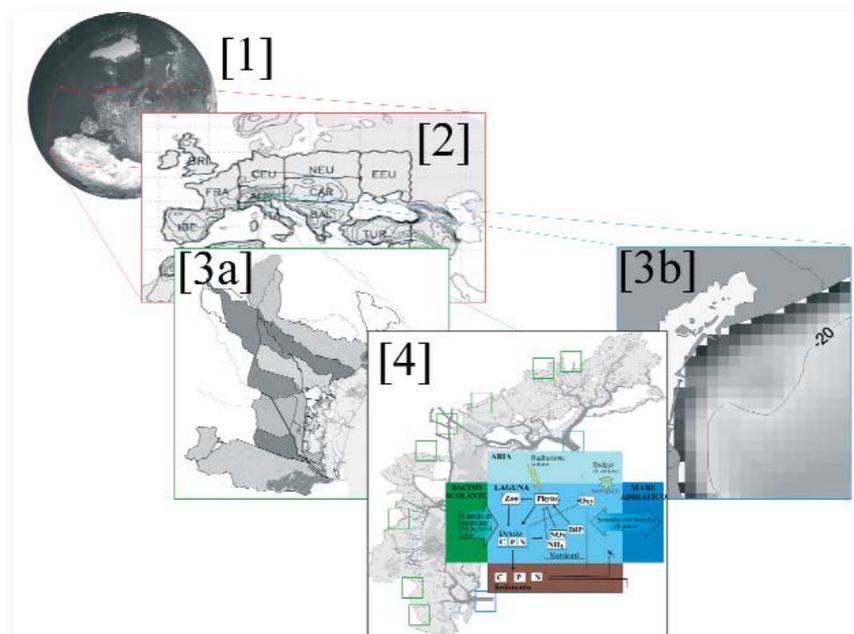
Giorgi F, Bi X, Pal JS (2004b) Mean, interannual variability and trends in a regional climate change experiment over Europe. II: climate change scenarios (2071-2100). *Clim Dyn* 23:839-858

IPCC (2007) Summary for Policymakers. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Accessed 19 Dec. [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch)

Salon S, Cossarini G, Libralato S, Gao X, Solidoro C, Giorgi F (2008) A downscaling experiment for the lagoon of Venice. Part I: Validation of the present day precipitation climatology. In stampa in *Climate Research*.



**Fig. 3:** climatologia media stagionale di fitoplancton [mg/l] dello scenario presente, RF (pannello superiore), e media stagionale delle anomalie dello scenario futuro, A2 (pannello inferiore).



**Fig. 1:** downscaling di modelli. Lo schema riporta: [1] modello di circolazione globale HadAMH, [2] modello climatico a scala regionale RegCM, [3a] modello statistico dei carichi di nutriente in bacino scolante, [3b] modello statistico delle condizioni del mare Adriatico; [4] modello biogeochimico della Laguna di Venezia TDM.

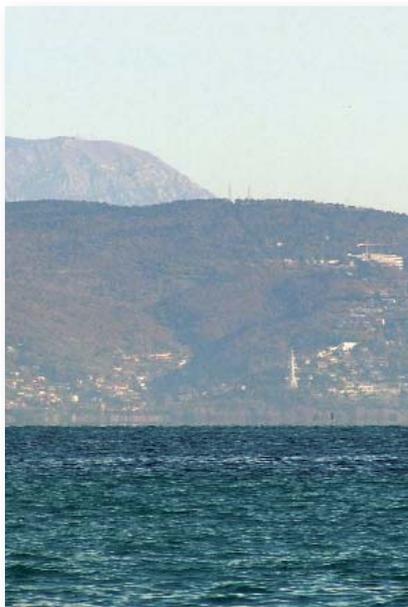


Foto Renato R. Colucci

Una visione della riviera di Barcola (TS) così come appare dal centro del Golfo di Trieste. Sullo sfondo si staglia la sagoma del Monte Re - Nanos (1262 m) in territorio sloveno, ad una ventina di km in linea d'aria dalla città di Trieste, noto per costituire la "porta della Bora" che interessa la Venezia-Giulia, valico naturale attraverso il quale inizia a fluire con violenza il caratteristico vento triestino



Foto Renato R. Colucci

Una bufera di Bora sul Golfo di Trieste

## COME E PERCHÈ STUDIARE LE ACQUE COSTIERE

Le acque costiere sono quelle dove maggiormente insistono le attività umane e dove maggiore è l'accoppiamento tra l'ecosistema terrestre e di acqua dolce, quello marino e quello di fondo.

Per poter avere una gestione 'intelligente' delle risorse marine in area costiera occorre da una parte conoscere a fondo come funziona l'ecosistema, quali sono i suoi fattori (naturali e di origine umana) che contribuiscono al suo cambiamento e dall'altra comprendere i complessi meccanismi che ne regolano le interazioni. Recependo recenti direttive europee ispirate a questi principi, sarà quindi necessario avere a disposizione gli strumenti per una gestione integrata degli ecosistemi marini. Per ultimo motivo in particolare si sono sviluppati sempre di più sistemi automatici di misura che permettano di osservare in maniera continua ed automatica le condizioni marine in area costiera. Qui presenteremo le esperienze maturate da OGS in questo campo, un ente di ricerca che, tra l'altro, progetta sviluppa e gestisce sistemi osservativi di avanguardia in questo campo.

Porteremo quindi alcuni esempi di tecniche (alcune consolidate altre ancora oggetto di studio) che possono essere usate in questi campi. Come premessa bisogna dire che i dati raccolti automaticamente sono più affidabili quando si tratta di misure fisiche (temperatura di acqua ed aria in mare, vento, umidità) più critiche per quel che riguarda la chimica e la bio-ottica (ossigeno disciolto in acqua, fluorescenza, Ph, etc.) estremamente difficili quelle prettamente biologiche. Partendo dai sistemi più consolidati andremo a discutere della rete osservativa automatica basata su boe e punti fissi di misura, alianti sottomarini, gruppi di boe flottanti che seguano la corrente ed i suoi parametri fisici, i cosiddetti drifter costieri, ed i radar per la rilevazione delle correnti costiere.

Il primo esempio è la rete meteo-oceanografica che OGS ha progettato e messo in opera per la Protezione Civile del Friuli Venezia Giulia: sottratta di un sistema integrato che è basato su tre boe meteo-marine, tre boe per il moto ondoso e due stazioni fluviali in corrispondenza delle bocche dell'Isonzo e del Tagliamento. La rete è dispiegata lungo le coste regionali e trasmette in tempo reale tutte quelle informazioni necessarie a tenere sotto controllo i parametri fisico-chimici marini ed atmosferici. A bordo delle boe meteo-oceanografiche sono installati a bordo dei 'robot' (sistemi automatici di controllo e di acquisizione dati) in grado di raccogliere le informazioni ottenute dalla strumentazione di bordo e di calare automaticamente a richiesta delle sonde multi parametriche marine per la misura dei parametri d'interesse lungo la colonna d'acqua. Tutta questa messe d'informazioni è trasmessa (via telefono o ponte radio) alla Centrale Operativa di Palmanova.



Foto OGS

Fig. 1: Boa meteo-oceanografica messa a punto da OGS per la rete di monitoraggio della Protezione Civile del Friuli-Venezia Giulia.



Foto Renato R. Colucci

Una cella temporalesca in transito sul Golfo di Trieste

Per seguire invece eventi speciali si possono usare strumenti mobili, come il glider (fig.2) ed i drifters. Il primo è un sofisticato aliante sottomarino che si muove solo attraverso la modifica dell'assetto. Con il solo timone e regolando le dimensioni di una vescica si può programmare una missione osservativa per il glider che è in grado di raccogliere dati fisici e bio-ottici in continuo lungo la rotta e trasmetterli via satellite al centro di controllo durante le risalite in superficie. Se le condizioni lo permettono, il glider potrà essere programmato a tornare alla base autonomamente. Al di là del suo costo, questa strumentazione innovativa ha bisogno di competenze tecniche e scientifiche che non molti hanno, tant'è che OGS è l'unico ente in Italia a possedere questo strumento.

Nel caso invece si voglia seguire la dinamica superficiale del mare (si pensi allo sversamento accidentale di inquinanti e/o di petrolio in mare, o alla ricerca di persone o cose cadute in mare) si possono usare le boe flottanti che vengono rilasciate in prossimità di dove è avvenuto l'evento (cosa che all'estero le Guardie Costiere fanno correntemente) e che nel tempo danno un'indicazione in tempo reale della evoluzione della loro posizione. E' quindi possibile

progettare un intervento in maniera più efficace ed economica. Per avere un monitoraggio più ampio invece si può ricorrere alla rete di radar costieri ad alta frequenza che, sfruttando le distorsioni della riflessione dovuta al moto ondoso, ricostruiscono il moto delle correnti superficiali su aree ampie (svariate decina di

chilometri dalla costa). Una rete del genere è attiva in modalità sperimentale anche nel Nord Adriatico. Per concludere si può dire che la consapevolezza che l'ambiente marino è un bene comune che va preservato passa sempre più attraverso gli strumenti e la conoscenza che la scienza e tecnologia ci mettono a disposizione.



Foto OGS

Fig. 2: Glider in missione di prova nei pressi del Castello di Miramare

## SALINITÀ E TEMPERATURA DELLE ACQUE MARINE COSTIERE DELLA REGIONE FVG PER IL PERIODO 1995 – 2007

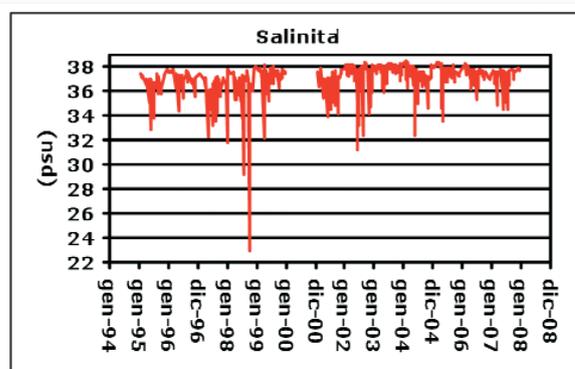
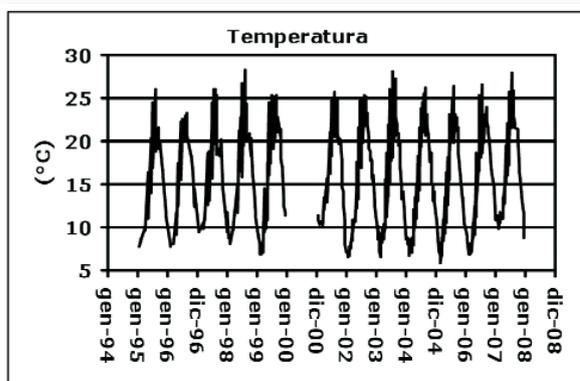
### Abstract

*The Gulf of Trieste is a semi-enclosed basin situated in the northern part of the Adriatic Sea. It has a surface of about 400 km<sup>2</sup> and has an average depth of 17 m. The thermohaline features of the basin are influenced by several environmental factors like: strong thermal fluctuations between winter and summer, high variable fresh water inputs due to the Isonzo river discharges, the influence of the stream which flows along the istro-dalmatian coast, tidal currents and, occasionally, extremely intense winds. In order to highlight the thermohaline features of the coastal waters the hydrological data of two stations were analyzed from 1995 to 2007. Temperature and salinity time series data, collected monthly and biweekly, were analyzed by means of trigonometric best-fit analysis in three different periods: 1995-1999, 2001-2004 and 2004-2007. The interannual variations of seasonal temperature and salinity were also examined. The study shows an increase in the variability of*

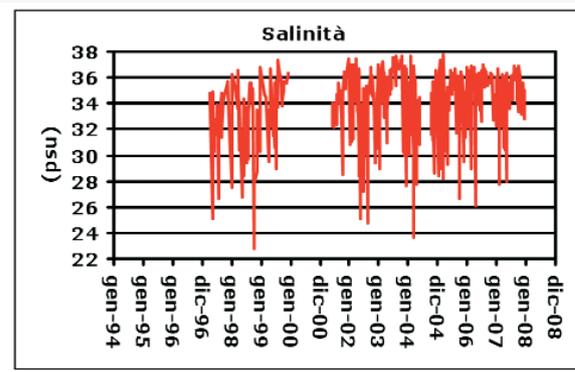
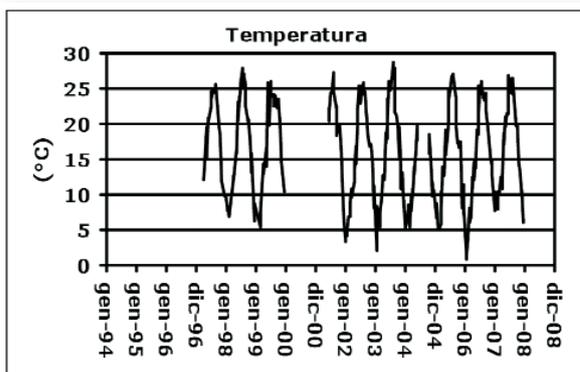
*the thermohaline features of the gulf in the last 4-5 years.*

Il Golfo di Trieste costituisce la parte più settentrionale del mare Adriatico. E' caratterizzato da una superficie di circa 400 km<sup>2</sup> e da una profondità media di 17 m. Le caratteristiche termoaline e l'evoluzione delle masse d'acqua del golfo sono influenzate da diversi forzanti ambientali, quali i venti del I e II quadrante, l'elevata escursione termica tra il periodo invernale ed estivo, gli apporti di acque dolci del fiume Isonzo, l'influenza delle masse d'acqua che fluiscono lungo la costa istro-dalmata e le dinamiche mareali. In questo studio sono state analizzate le caratteristiche termoaline delle acque marine costiere in due stazioni per evidenziare le variazioni di temperatura e salinità dal 1995 al 2007. Le stazioni considerate rappresentano due diverse situazioni idrologiche del bacino: la stazione C1, posta al limite della Riserva Marina Naturale di Miramare con una batimetria di 17 m, identifica

l'area costiera orientale del golfo con caratteristiche marcatamente marine, la stazione G1 identifica l'area occidentale del bacino a minor batimetria e con influenze d'acqua a minor salinità provenienti dai retrostanti bacini lagunari. La serie storica dei dati di temperatura e salinità, acquisiti con frequenza quindicinale e mensile, è stata suddivisa nei periodi 1995-1999, 2001-2004 e 2004-2007 ed i dati sono stati interpolati mediante funzioni trigonometriche di periodo annuale e semiannuale, allo scopo di evidenziare la distribuzione dei parametri nei tre diversi periodi. Inoltre, sono state studiate le variazioni interannuali dei valori medi stagionali di temperatura e salinità per mettere in evidenza un'eventuale evoluzione temporale. Le analisi effettuate evidenziano un incremento della variabilità delle caratteristiche termoaline del bacino soprattutto negli ultimi 4-5 anni che potrebbe indicare un momento di criticità nell'ecosistema Alto Adriatico.



Distribuzione della temperatura e della salinità nella stazione C1 posta al limite della Riserva Naturale Marina di Miramare (Trieste)



Distribuzione della temperatura e della salinità nella stazione G1 posta in prossimità della bocca lagunare di Porto Buso (Grado)

# CALENDARIO

## METEOROLOGICO 2009



**Anche quest'anno, dopo la positiva esperienza del 2008  
l'UMFVG realizza il calendario meteorologico del Friuli Venezia Giulia**

La veste grafica, come le sue dimensioni, sono radicalmente cambiate, e sono state aggiunte le tabelle di previsione delle alte e basse maree per le coste del Friuli Venezia Giulia e zone contermini. Mese per mese si trovano anche le mappe sinottiche a commento delle 12 immagini prescelte, più quella di copertina, che costituiscono il calendario 2009.



**Per saper come poter avere il calendario meteorologico 2009 del Friuli Venezia Giulia, basta scrivere a [info@umfvg.org](mailto:info@umfvg.org) o partecipare alle attività promosse dall'Unione Meteorologica del Friuli Venezia Giulia**

## “VIII Convegno di meteorologia del Friuli Venezia Giulia”

# CLIMA CHE CAMBIA, MARE CHE CAMBIA

Trieste – 19 ottobre 2008, ore 10 - 17  
Sala conferenze Scuola Interpreti, via Filzi 14

### PROGRAMMA

#### MATTINA:

---

- 09:30 Iscrizioni (gratuite)
- 10:00 Saluto delle Autorità Convenute e presentazione degli “Atti dell’ VIII Convegno”  
Introduzione del Presidente dell’UMFVG  
(Renato R. COLUCCI – Consiglio Nazionale delle Ricerche – ISMAR TS)
- 10:30 Il livello marino locale e globale tra passato e futuro  
(Fabio RAICICH - Consiglio Nazionale delle Ricerche, ISMAR Trieste)
- 11:10 Come e perché studiare le acque costiere  
(Alessandro CRISE – Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica - OGS Trieste)
- 11:50 Il livello del mare nel Golfo di Trieste dall’epoca romana ad oggi  
(Fabrizio ANTONIOLI – ENEA)

#### POMERIGGIO:

---

- 14:30 “Da Okeanos a El Niño” - Il contributo dell’oceanografia agli studi sul clima  
(Renzo MOSETTI – Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica - OGS Trieste )
- 15:10 Impatti dei cambiamenti climatici negli ambienti marini costieri. Il caso della Laguna veneta  
(Gianpiero COSSARINI - Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica - OGS Trieste)
- 15:50 Le ricerche oceanografiche nel Golfo di Trieste grazie alla boa meteo marina di Pirano  
(Vlado MALACIC - National Institute of Biology – NIB Slovenia)
- 16.30 Salinità e temperatura delle acque marine costiere della regione Friuli Venezia Giulia per il periodo 1995 – 2007  
(Massimo CELIO – ARPA FVG)

Coordina i lavori del convegno Fabio Pagan  
Vice Direttore del Master in Comunicazione della Scienza presso la SISSA di Trieste

