

## **CARATTERI ED EVOLUZIONE DEI LITORALI PUGLIESI IN RELAZIONE AL CLIMA DEL PASSATO**

**Luigi Pennetta**

*Dipartimento di Geologia e Geofisica - Università degli Studi di Bari*

### **RIASSUNTO**

*Nell'Italia peninsulare la Puglia rappresenta la regione a maggior sviluppo costiero: circa 940 km di coste (secondo dati aggiornati di recente con sistemi satellitari) differentemente colonizzati dall'uomo vuoi per le tormentate vicende storiche della regione vuoi localmente per una difficile accessibilità alla costa stessa.*

*Procedendo da Nord si possono distinguere più distretti morfologici costieri caratterizzati dall'alternanza di coste rocciose alte e frastagliate, come quelle della testa del Gargano ornata da piccoli promontori, cui si intercalano immacolate calette sovente praticabili solo via mare, e coste basse sabbiose, come le abbaglianti spiagge dell'arco jonico.*

*Ciascun paraggio deve la propria origine ad una molteplicità di fattori, variabili nel tempo e nello spazio, che lo hanno progressivamente modellato portandolo all'attuale configurazione. Alcuni di tali fattori (tettonica, movimenti glacioeustatici, variazioni climatiche) sono ritenuti primari, altri secondari (moto ondoso, tipo di vegetazione, azione antropica, etc.). Le relazioni tra loro intercorrenti non sono quasi mai del tutto chiarite sia per la difficoltà intrinseca che l'operazione comporta sia per l'impossibilità di approfondire o (in molti casi) finanche condurre ricerche perché ritenute di secondario interesse.*

*In ogni caso, il fattore clima sembra essere quanto meno il motore principale dei fenomeni di avanzamento ed arretramento della linea di costa.*

*Muovendo dall'acme würmiano ed ipotizzando, in relazione agli studi condotti nel Basso Adriatico durante più campagne oceanografiche negli anni passati dal Dipartimento di Geologia Marina di Bologna, un livello del mare di circa 130 m più basso dell'attuale, s'è tracciata una presumibile linea di costa, in molti casi lontana dalla costa attuale (fino a 75 km al largo di Manfredonia), immaginando anche le conseguenze di tale allontanamento, quali ad esempio il percorso dei fiumi del Tavoliere o delle lame baresi, la posizione della loro foce, la possibile confluenza verso un'unica asta principale.*

*Un aiuto concreto lo offrono le stratigrafie di sondaggi effettuati in aree prossime alla costa; i cicli deposizionali testimoniano dell'avanzata e del ritiro del mare; quando possibile si eseguono datazioni assolute; più spesso ci si deve accontentare di semplici correlazioni e datazioni relative.*

*Nella relazione si analizza sommariamente l'evoluzione di alcuni tratti particolarmente eloquenti della costa pugliese: la zona del Lago Battaglia (Testa del Gargano), la fascia del Golfo di Manfredonia (con particolare riferimento al paraggio delle Saline), una parte del tratto murgiano, la zona di Torre Guaceto ed il litorale jonico leccese.*

*Per ultimo si esamina la carta dell'evoluzione attuale della costa pugliese di recente prodotta da ricercatori della Sezione di Geomorfologia e Dinamica Ambientale del Dipartimento di Geologia e Geofisica dell'Università di Bari.*

### **1. PREMESSA**

Prove attendibili di mutamenti climatici furono presentate già in occasione del Primo Congresso Internazionale di Meteorologia tenutosi a Vienna nel 1873. Misure affidabili degli elementi del clima erano state iniziate da circa 2 secoli; le invenzioni del termometro e del barometro da parte rispettivamente di Galileo Galilei (1564-1642) e di Evangelista Torricelli (1608-1647) avevano spianato la strada alla moderna scienza del clima. Misure sistematiche e continue iniziarono un poco dappertutto in Europa, soprattutto a cura di accademici e membri di società scientifiche, molto spesso rappresentati da studiosi in abito talare.

Ancora oggi sono disponibili lunghe serie di dati che, tuttavia, a causa della varietà di strumenti e di unità di misura impiegati, vanno considerati con estrema cautela. Tali dati, nondimeno, non perdono in alcun modo di significatività. Come trascurare, ad esempio, quanto scrive il reverendo Giuseppe Maria Giovane da Molfetta (1753-1837), naturalista, storico e uomo politico, illustre membro della Società Italiana delle Scienze di Modena e di altre Accademie Il Nostro racconta nei suoi *Discorsi meteorologici campestri* che, per l'ultima volta (!) a memoria d'uomo, nell'inverno del 1788 gli armenti attraversarono l'Ofanto senza bagnarsi le zampe grazie alla presenza di una spessa e continua coper-



tura di ghiaccio e che nell'estate dell'anno successivo più di 40 mietitori morirono nel Tavoliere per l'eccessiva calura. Il tutto corredato da misure e dati propri e di altri studiosi abitanti in città diverse e lontane con i quali Giovene manteneva costante e fitta corrispondenza.

Molte osservazioni e misure di questo tipo, peraltro, giacciono dimenticate nelle biblioteche mentre andrebbero studiate e vagliate criticamente. Va aggiunto soltanto che la paleoclimatologia nasce con la scoperta, intorno alla metà del XIX secolo, delle espansioni glaciali quaternarie, ultime rappresentanti di periodi freddi che da sempre hanno interessato, a causa della loro dipendenza da fatti astronomici, il nostro Pianeta.

Oggi lo studio dei climi del passato e delle tendenze evolutive del clima attuale assumono giorno per giorno un'importanza crescente non fosse altro che per le profonde implicazioni socio-economiche riguardanti l'intera popolazione mondiale.

Le ricerche che si conducono sono di tipo multidisciplinare; esse coinvolgono storici, botanici, geologi, fisici e quanti altri sono interessati alla comprensione di fenomeni naturali. Sono nate la *geostoria* e la *fenologia*, ossia lo studio dei rapporti tra clima e manifestazioni stagionali naturali, quali la fruttificazione delle piante o la migrazione degli uccelli. Esempio, al riguardo, la ricostruzione dettagliata del clima dell'Alta Savoia negli ultimi 10 secoli condotta da E. Le Roy Ladurie (1967) con l'ausilio di dati fenologici contenuti nei libri mastri dei frati dell'Abbazia di Chamonix.

Anche per la Puglia non mancano serie e dati ultracentenari. È sufficiente ricordare l'attività della stazione termopluviometrica di Locorotondo che funziona ininterrottamente dal 1820, ma anche le 19 stazioni meteo impiantate, molto spesso di tasca propria, da Cosimo De Giorgi (1842-1922) nella seconda metà dell'800 nel Salento leccese ed ancora i libri dei mezzadri di Torre Guaceto che, se non sono andati "smarriti" con la creazione del Parco Regionale omonimo, dovrebbero poterci informare sulla fenologia dell'area brindisina degli ultimi 250 anni.

Il consolidarsi di originarie intuizioni o di semplici ipotesi di lavoro ha portato, come in tutti i Saperi, alla nascita di veri e propri *paradigmi*, ovvero di concetti ormai entrati nel credo scientifico comune che, alla luce delle attuali conoscenze, possono talvolta apparire scontati, ma che tali non sono stati per lunghi anni.

Nel caso del tema trattato in questo articolo si

possono citare, tra altri, i seguenti esempi:

- i cambiamenti climatici a lungo termine su scala globale comportano sempre variazioni nei volumi d'acqua disponibili e di conseguenza variazioni del livello del mare e variazioni della linea di riva;
- le variazioni del livello del mare per fatti climatici possono interessare il breve, il medio ed il lungo termine;
- ad ogni variazione positiva del livello del mare corrisponde uno spostamento verso l'entroterra della linea di riva e, di conseguenza (anche se non necessariamente) della linea di costa;
- negli ultimi 3000 anni sembra che il livello eustatico del mare sia variato su scala planetaria in maniera difforme da luogo a luogo;
- lungo le coste dei continenti sono registrate variazioni eustatiche del livello del mare fino a circa 150 m per fatti climatici dall'ultimo glaciale ad oggi e, di conseguenza, dell'andamento della linea di costa;
- più o meno importanti variazioni del livello del mare e quindi della linea di riva sono legate a fatti locali: tettonica (*uplift o downlift*), isostasia, impatto antropico;
- temporanee variazioni del livello del mare (breve e medio termine) possono dipendere da fatti parossistici meteorologici (*storm surge*, effetto *el niño*) o geodinamici (*tsunami*).

Le metodiche più comuni che hanno portato alla codifica di questi paradigmi comprendono, come è noto, l'analisi di elementi storici (antichi incunaboli, iscrizioni su lapidi, cronache, resoconti ed archivi religiosi, migrazioni di popoli, perfino miti e leggende), comparazione di dati fenologici (date delle mietiture e delle vendemmie, quantità e bontà dei raccolti stessi, etc.), indagini geologiche e paleogeografiche (esame di depositi morenici, le tilliti, di sedimenti lacustri, le varve, e quaternari in genere, analisi delle oscillazioni del livello medio marino, osservazioni radiometriche, etc.) studi di carattere botanico e paleobotanico (ricerche palinologiche e fitogeografiche, antracologiche, etc.

In definitiva è stato possibile tracciare un quadro articolato delle principali variazioni del clima quaternario luogo per luogo (fig. 1). Tale quadro è, naturalmente, in aggiornamento continuo alla luce di nuove scoperte e dell'applicazione di nuovi e più sofisticati metodi d'analisi.

Molti passi avanti sono stati compiuti grazie agli studi condotti in Antartide dove il ghiaccio ha intrappolato gelosamente molti dei segreti del clima



1950	clima attuale	Età moderna
1850	piccola era glaciale	
1550	temperato	Medioevo
1350	avanzata dei ghiacciai	
1150	piccolo optimum climatico	
800	avanzata dei ghiacciai	
400	temperato caldo	Età romana
Nascita di Cristo		
300 a.C.	due avanzate glaciali	Età del ferro
800 a.C.		

Figura 1 - Schema cronologico-climatico del sub-atlantico (da Panizza, 1985 con modifiche)

recente, segreti che le moderne tecniche consentono lentamente di svelare.

Da uno schema come quello precedente si passa ad altri quadri di maggiore dettaglio come quello relativo alle notizie sui cambiamenti climatici nelle aree mediterranee (fig. 2) con l'indicazione dei settori temporali d'utilità delle diverse discipline utilizzate dai ricercatori.

## 2. LO STATO ATTUALE DELLE COSTE PUGLIESI

Procedendo in senso orario da nord è possibile suddividere il litorale pugliese in cinque distretti geomorfologici: la costa garganica; il litorale del Golfo di Manfredonia, la costa bassa (prevalentemente calcarenitica) barese, la costa alta salentina del Basso Adriatico, l'arco jonico.

Tali zone naturali, con il nome di *ambiti* sono oggetto da circa 4 anni di intenso monitoraggio per l'attuazione di un Piano Operativo Regionale (Misura 1. 3, Aree di Azione 2 ed Area di Azione 4 – sul tema “Monitoraggio degli interventi di difesa costiera e dell'evoluzione dei litorali”).

Le azioni di monitoraggio sono state affidate ad un'ATI costituita dal Dipartimento d'Ingegneria delle Acque e di Chimica del Politecnico di Bari (capofila), dal Dipartimento di Geologia e Geofisica dell'Università di Bari e dall'IRSA-CNR di Bari.

Per maggiori dettagli si può consultare il sito internet [www.puglia-coste.it](http://www.puglia-coste.it) di cui si riporta una delle pagine introduttive con l'indicazione, tramite apposite icone, del tipo di intervento programmato. La prima fase del monitoraggio sarà completata entro l'anno 2008 e costituirà la base indispensabile

di conoscenza da cui partire per qualsiasi altro tipo di intervento o per la prosecuzione del monitoraggio stesso.

Le azioni di monitoraggio previste nel POR si dividono in *azioni interne*, affidate agli Enti di ricerca costituenti l'ATI ed *esterne*, appaltate a ditte specializzate tramite gara.

Fra le prime si sono i rilievi geostrutturali e morfostrutturali sui tratti di costa rocciosi, l'analisi delle caratteristiche geologico-tecniche dei corpi rocciosi, la classificazione geomeccanica degli ammassi rocciosi lungo la costa, il rilievo delle strutture con laser scan, il monitoraggio dei fenomeni di subsidenza.

Fra le attività affidate all'esterno vi sono i rilievi aerofotogrammetrici della linea di riva, il censimento delle opere di difesa esistenti, il rilievo topografico, quello batimetrico, la raccolta dei dati morfologici e stratigrafici, il prelievo di campioni di sedimenti con relative analisi mineralogiche, la registrazione dei parametri meteo – oceanografici. Tutti i dati raccolti o misurati sono immessi nel SIMOC il Sistema Informatico per il MONitoraggio delle Coste appositamente realizzato per l'attuazione di questo POR.

Essendo molto difficile, se non impossibile, estendere il monitoraggio all'intero litorale pugliese, sono state scelti 28 paraggi, ritenuti *aree critiche*, sui quali sono stati definiti specifici programmi di indagine in funzione delle problematiche riscontrate.

La scelta delle aree da monitorare è difforme ambito per ambito. Essa è stata effettuata sulla base delle dinamiche in atto, individuando i tratti di spiaggia in più rapido arretramento, ovvero i litorali rocciosi con problemi di instabilità. Inoltre, sono



## CAMBIAMENTI CLIMATICI E RISCHI GEOLOGICI IN PUGLIA

CASTELLO DI SANNICANDRO DI BARI - 30 Novembre 2007

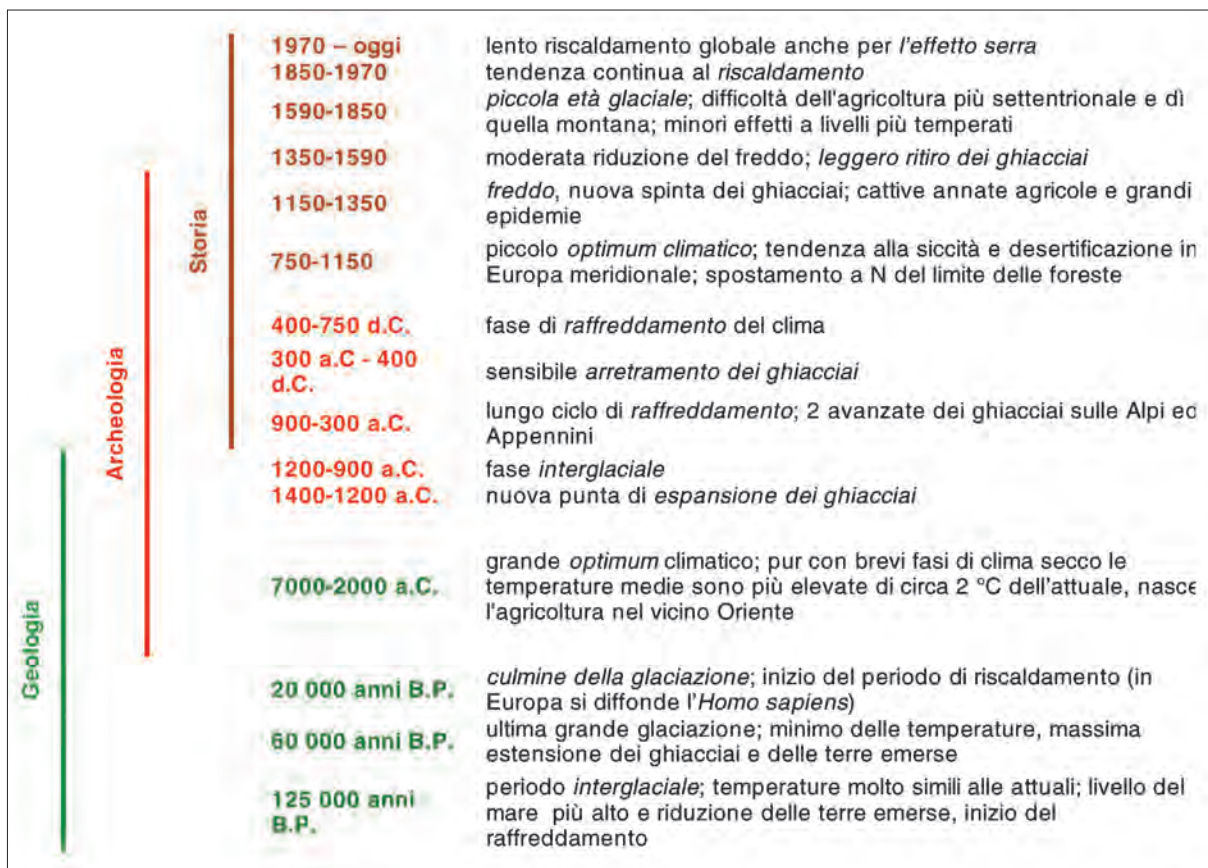


Figura 2 - Principali cambiamenti climatici nelle aree temperate mediterranee (da Panizza, 1992 con modifiche)

state indagate situazioni caratterizzate da ecosistemi particolarmente delicati. L'esclusione di alcuni tratti di costa non indica, ovviamente, che essi godano di buona salute, bensì un'evoluzione più lenta e pertanto meno preoccupante.

In definitiva l'ambito garganico comprende 9 paraggi, quello del Golfo di Manfredonia soltanto 1 ma molto lungo, praticamente l'intero litorale, la costa murgiana fino a Brindisi ne ha 9, la costa salentina del Basso Adriatico è rappresentata da 5 paraggi ed infine l'arco jonico è monitorato in 3 lunghi dintorni.

Gli scenari elaborati con gli elementi che man mano si stanno collezionando sono ancora necessariamente incompleti. Bisognerà attendere la conclusione delle ricerche perchè ci si possa pronunciare in modo attendibile. D'altra parte, per definizione, un monitoraggio deve durare un certo numero di anni per offrire elementi obiettivi.

Nondimeno, sulla scorta delle ricerche condotte negli anni passati da ricercatori del Dipartimento di Geologia e Geofisica dell'Università di Bari, si possono illustrare alcuni esempi di variazioni di tratti della costa pugliese riconducibili ad importanti

metamorfosi climatiche. Poiché si tratta, nella totalità di casi, di dati editi, si rimanda alle pubblicazioni originali per tutti quei dettagli che per brevità non è possibile fornire in questa rapida rassegna.

Cominciando da nord si riporta un esempio relativo all'evoluzione della foce del Fortore (da

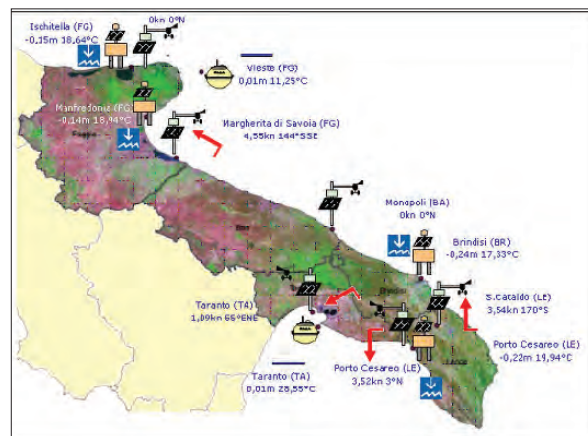


Figura 3 - Le azioni di monitoraggio in corso lungo la costa pugliese nell'ambito del POR 2000-2006 Misura 1.3 – Sotto-azione 2b dell'Area di Azione 2 e Sotto-azione 4c dell'Area di Azione 4. Per decifrare l'iconografia si rimanda al sito web ed alle figure seguenti

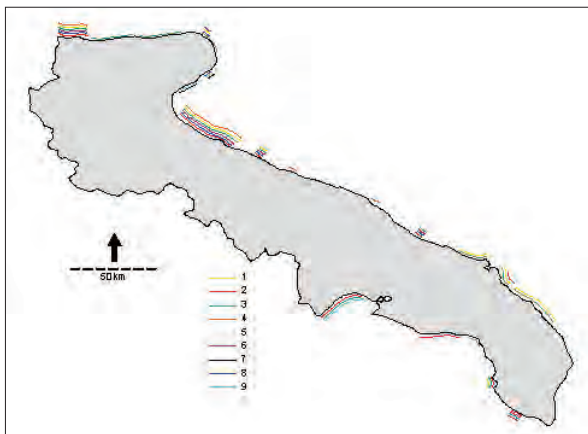


Figura 4 - Indicazione del tipo di monitoraggio effettuato nei differenti 28 paraggi, che in figura sono stati in parte accorpati.

Legenda: 1 – rilievo con laser scanner delle opere di protezione; 2 – prelievo ed analisi dei sedimenti; 3 – rilievo dei fondali con side scan sonar e sub-botton profiler; 4 – rilievo della subsidenza; 5 – rilievo fotografico e sopralluoghi; 6 – rilievo topografico della spiaggia emersa e dei primi fondali; 7 – rilievo geostrutturale; 8 – rilievo batimetrico dei fondali; 9 – rilievo batimetrico dei fondali

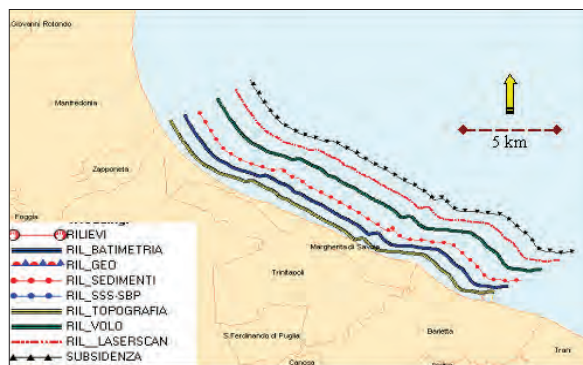


Figura 5 - Rilievi effettuati nell'Ambito 2 (Golfo di Manfredonia) in un particolare di fig. 4

Mastronuzzi, Palmentola & Ricchetti, 1989). Vero è che in questo caso l'arretramento della linea di costa è imputabile maggiormente alla realizzazione dell'invaso di Occhito che non a fatti climatici. Tuttavia non si può escludere che il clima, via via più secco a partire dagli anni '60, rappresenti una concausa del fenomeno osservato.

Uno degli aspetti più evidenti lungo la costa nordgarganica è dato dall'appropinquarsi al mare

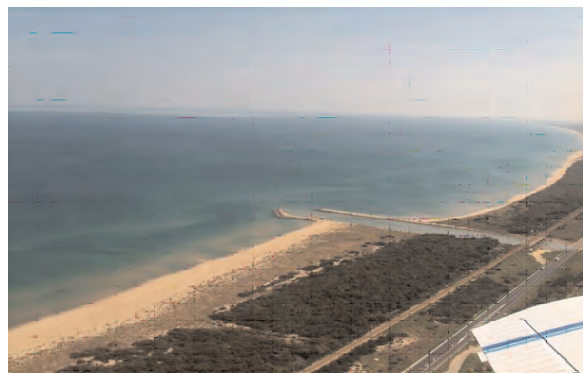


Figure 6, 7 - La foce del Torrente Saccione ripresa dall'aereo nei mesi di marzo (sinistra) ed aprile (destra) del 2004. Le riprese hanno avuto una cadenza mensile nel primo anno (2006). Successivamente sono state diradate e riservate ai giorni successivi ad ogni burrasca



Figura 8 - Una delle pagine riservate alle web-cam impiegate per il monitoraggio diretto della linea di riva

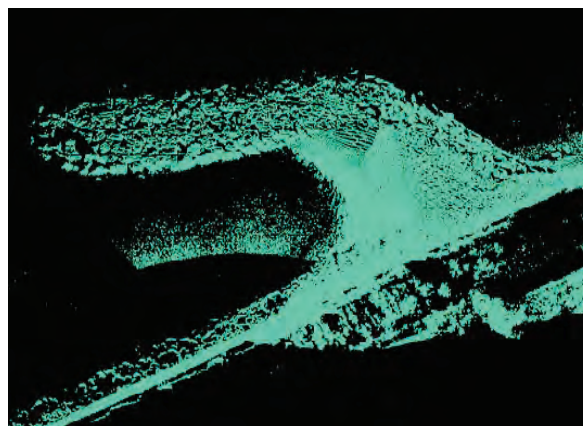


Figura 9 - La nuvola di punti, registrata dal laser scanner, di un pennello ad L situato a sud del villaggio turistico Ippocampo presso Zapponeta (FG)

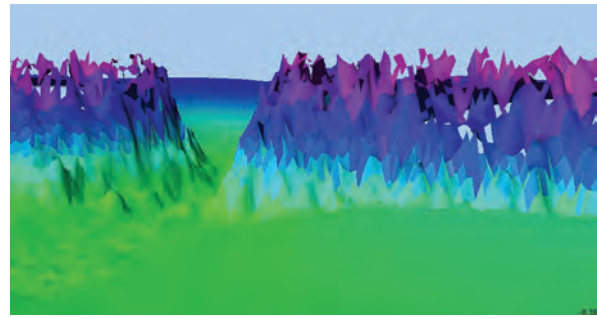
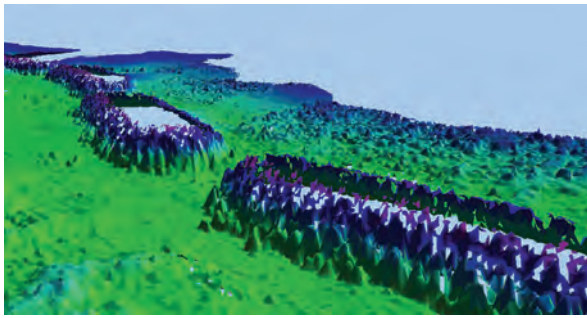


Figure 10-11 - Immagini di difese costiere parallele ricavate dai rilievi con il multibeam in paraggi dell'Ambito 3 (Golfo di Manfredonia). La seconda figura riporta il particolare della fossa di erosione in corrispondenza di un varco

della pineta secolare estesa da Foce Fortore fino al lago di Lesina ed oltre. La fig. 13 mostra come ormai il mare lambisca gli alberi dopo aver asportato più ordini di dune.

Variazioni della linea di costa sicuramente legate a mutazioni climatiche sono state dedotte studiando il litorale della Testa del Gargano in corrispondenza

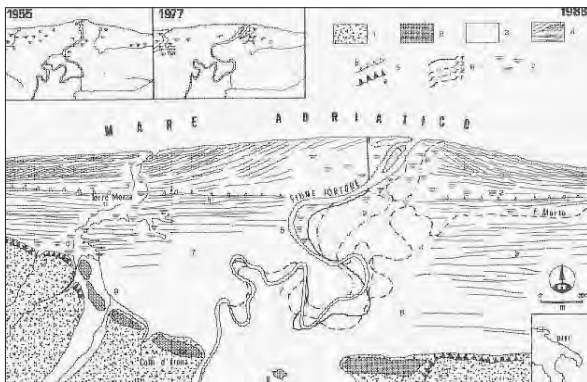


Figura 12 - Variazioni della foce del Fortore  
Legenda: 1 - depositi alluvionali preolocenici; 2 - lembi residui di un cordone dunare rimontante all'optimum climatico; 3 - depositi alluvionali olocenici; 4 - allineamento di creste di dune; 5 - ripe di abrasione marina: a) dell'Olocene medio e b) recenti; 6 - posizioni successive dell'alveo del Fortore; 7 - aree paludose in parte bonificate



Figura 13 - La pineta raggiunta dall'avanzata del mare tra Foce Fortore e Marina di Lesina

del vecchio ed estinto Lago Battaglia (fig. 14).

Caldara, Caroli e Simone (2007) avvalendosi di tecniche multidisciplinari (indagini di tipo geomorfologico unite ad osservazioni stratigrafico-paleontologiche, ad esami palinologici e ad osservazioni archeologiche) hanno potuto ricostruire la variazione della linea di costa a partire dal 7000 B.P. La figura riporta tre momenti dell'evoluzione dell'area. I punti colorati in rosso, verde e blu indicano l'ubicazione di carotaggi continui di diversa provenienza ma tutti fondamentali per la ricerca. Il periodo investigato è interamente compreso entro l'*optimum climatico*. Una modesta avanzata del mare iniziata nel settimo millennio da oggi e non riconducibile a fenomeni eustatici (fig. 14a), ha asportato l'apparato dunare costiero formando dapprima una profonda baia (b) e creando, infine, un lago costiero separato dal mare da robuste barre sabbiose (c). Va ricordato che il lago compare ancora nelle mappe del 1836 realizzate da Marzolla, mentre non compare più sulla prima carta postunitaria dell'IGM del 1869.

Altre importanti indicazioni sulla variazione dell'antica linea di riva sono riportate nei lavori di Caldara & Pennetta (2003), Caldara, Pennetta & Simone (2003), Boenzi, Caldara, Pennetta & Simone (2005), Caldara, Capolongo, Damato & Pennetta (2006) per citare i più recenti, che si sono occupati del Tavoliere di Puglia e, di conseguenza, del Golfo di Manfredonia. Nel corso del Wurm, con un livello del mare più basso di circa 120-130 m rispetto all'attuale, è verosimilmente ipotizzabile che la linea di costa fosse arretrata di circa 70-75 km con un andamento simile a quello di fig. 15. Si aggiunga che l'orientazione dei corsi d'acqua è tale che probabilmente questi confluivano tutti in un solo grande delta, di cui, peraltro, sembra di scorgere traccia al largo. Gli stessi fiumi, in considerazione della debolissima pendenza dei luoghi, avevano probabilmente un andamento a meandri.

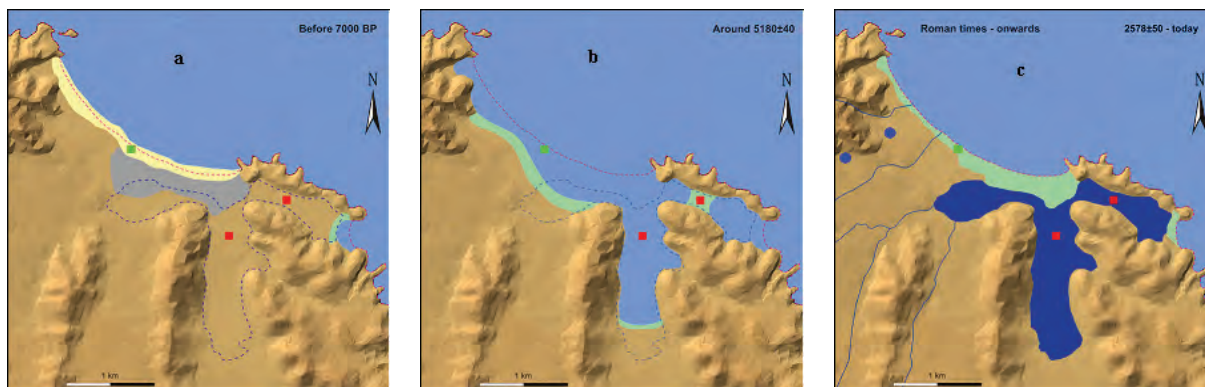


Figura 14 - L'antico Lago Battaglia, oggi estinto, presso Vieste. I puntini colorati indicano l'ubicazione dei sondaggi a carotaggio continuo che hanno consentito di effettuare le ricerche biostratigrafiche e palinologiche

Il mitigarsi del clima e lo scioglimento dei ghiacciai continentali ha visto un lento ma continuo avanzare del mare con la tipica formazione di lagune via via più interne (fig.16) parzialmente chiuse al largo da spessi cordoni litoranei, peraltro localmente ancora presenti sotto l'attuale livello marino (Schmiedt, 1973). Le rive della laguna erano tutte un pullulare di villaggi di pescatori-raccoglitori che commerciavano con i centri più interni barattando i prodotti della mare con quelli della terra.

Il Neolitico recente ha visto mutare lentamente le condizioni climatiche. Il ritrovamento per la prima volta in Europa di rose del deserto (Caldara & Pennetta, 1993) autorizza a pensare che il III millennio a.C. (periodo di formazione delle rose) sia stato caratterizzato da una gravissima crisi di aridità con abbandono del Tavoliere da parte delle popolazioni ed emigrazione verso le montagne, in primo luogo il Gargano, certamente più fresche e umide. In luogo della laguna si poteva osservare una grande sabhka (fig. 17) come quelle oggi presenti sulle coste algerine o tunisine. In questo tipo di ambiente gli scambi d'acqua con il mare sono fortemente condizionati dall'andamento stagionale delle piogge.

Altre situazioni interessanti, testimoniate lungo il litorale barese, si verificarono nei secoli successivi. Durante l'Età del Bronzo un nuovo seppur modesto arretramento della linea di costa creò una situazione come quella riportata in fig. 18. L'analisi delle curve batimetriche consente ancora oggi di "intravedere" i resti di lunghi cordoni dunari e la presenza di modeste depressioni corrispondenti a vecchie lagune costiere. L'avanzata successiva del mare ha obliterato questi paesaggi ma non è riuscita a cancellare del tutto le tracce della presenza dell'acqua (si veda ad esempio, la Palude Ariscianne tra Barletta e Trani).

Situazioni analoghe sono quelle osservabili in

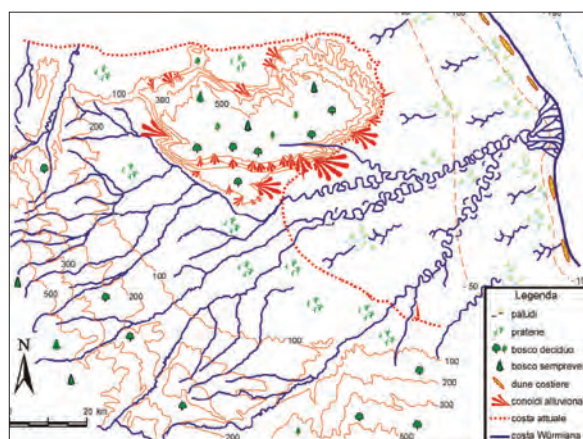


Figura 15 - La costa del Golfo di Manfredonia nel corso dell'acme wurmiana (da Caldara e Pennetta, 2003)

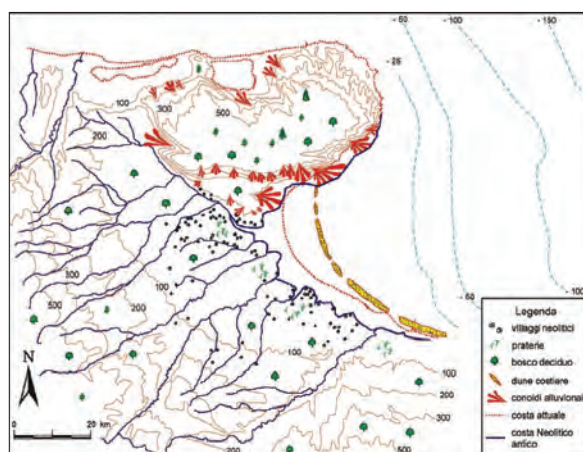


Figura 16 - La stessa costa come doveva apparire durante il Neolitico antico (ancora da Caldara e Pennetta, 2003)

corrispondenza di altre aree umide costiere (ad esempio Torre Guaceto, fig. 19) in lenta evoluzione per l'ingressione marina o in situazioni ormai quasi di "mare aperto" come quella di Porto Cesareo (Lecce) studiata qualche anno addietro da Mastroianni, Palmentola & Ricchetti, 1989 (fig. 20)

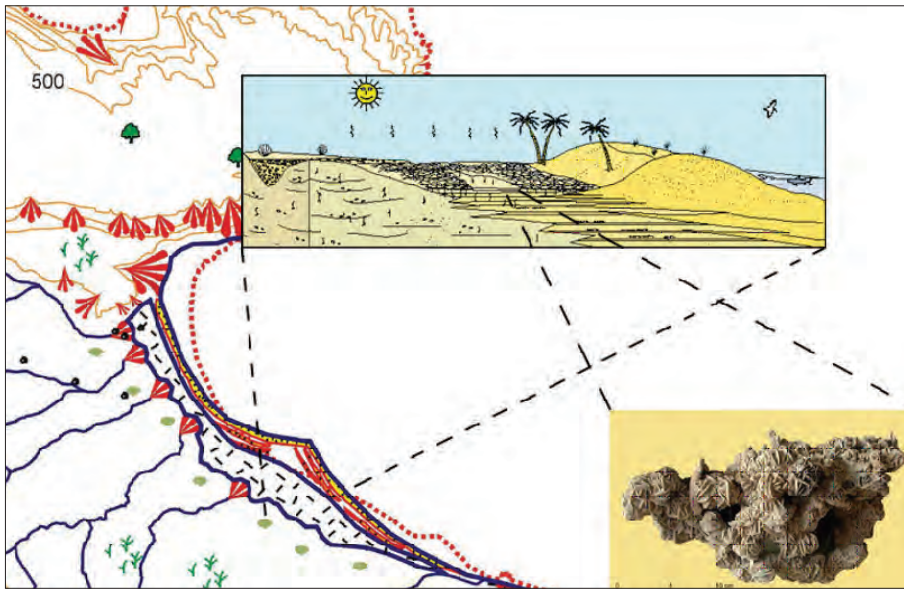


Figura 17 - La laguna costiera durante il Neolitico recente secondo una ipotetica ricostruzione paleo-ambientale. Al di là delle dune s'era creata una sabhka all'interno della quale sono fiorite le rose del deserto (da Caldara, Pennetta e Simone, 2003)

In questa breve rassegna si è trascurato di sottolineare, forse perché ritenuto scontato, il contributo offerto dai dati archeologici e da quelli storici. Si

possono citare le ville romane di Siponto ormai sommerse dal mare e le tombe dell'Età del Bronzo rinvenute a Trinitapoli al di sotto della falda idrica superficiale. Poiché è impensabile che i nostri progenitori seppellissero i defunti direttamente nell'acqua se ne deve dedurre che vi è stato negli ultimi millenni un progressivo ma deciso spostamento verso l'alto del tetto della falda a causa dell'innalzamento del livello del mare che sostiene la falda stessa. Si può ancora ricordare la necropoli di Egnazia, anch'essa in acqua, i numerosi resti di porti romani come quelli di San Cataldo di Lecce o di Torre San Giovanni sul versante jonico, oggi osser-

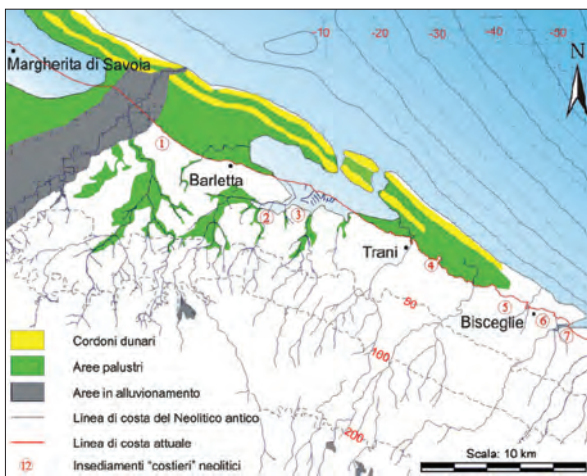


Figura 18 - La costa tra Barletta e Trani secondo Caldara e Pennetta (2002)

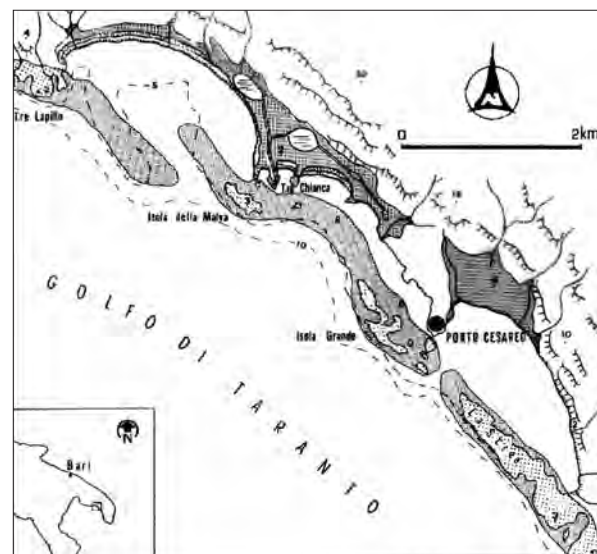


Figure 19, 20 - L'avanzata del mare crea vaste lagune retrodunali prima che il tratto di costa sia del tutto sommerso. La fig. 19 (foto di M. Caldara) mostra l'area costiera umida di Torre Guaceto, oggi parco regionale, mentre la fig. 20 riprende l'analoga situazione descritta da Mastronuzzi, Palmentola & Ricchetti (1989) per Porto Cesareo (Lecce)



vabili solo con maschera e pinne. Senza citare le numerose cave di pietra (Torre a Mare di Bari, Polignano, Egnazia, etc.) coperte dalle acque o le medioevali torri costiere di avvistamento (Torre Santa Sabina presso Brindisi, Torre Pali di Lecce in fig. 21) ormai completamente circondate dal mare.

Le ricognizioni aeree hanno peraltro messo in evidenza particolari geomorfologici di norma poco visibili. Si osservi, ad esempio, la fig. 22 con la frazione di San Vito (Polignano a Mare, Bari) costruita a fianco di un antico monastero a sua volta posizionato all'imboccatura di una lama. È sorprendente osservare come sia ancora chiaramente visibile in mare il vecchio talweg (in azzurro intenso) del tutto sommerso. La stessa cosa è stata osservata in molte delle lame del litorale barese nel corso dei rilievi aerofotografici realizzati per l'attuazione del pre-detto POR.

Le indicazioni sulla variazione della linea di costa si fanno, paradossalmente, meno certe man mano che ci si avvicina ai nostri giorni. Le oscillazioni del livello marino sembrano fortemente condizionate dall'effetto serra e dall'indiscutibile arretramento delle calotte polari. A questi fenomeni di tipo globale, sulla cui origine ancora si dibatte, si sommano localmente altri effetti legati quasi sempre all'attività antropica. Si prenda ad esempio il litorale corrispondente alla foce dell'Ofanto (fig. 23-24).

La realizzazione negli ultimi 30 anni di almeno 7 invasi ha fortemente ridotto gli apporti solidi del fiume, favorendo l'attacco del mare che in breve è riuscito a smantellare l'intero delta cuspidato che caratterizzava l'Ofanto. Tuttavia non è stata questa la sola causa dell'arretramento della costa. La tendenza ad un lenta ma costante riduzione delle piogge, manifestatasi soprattutto a partire dagli anni '50 ha avuto certamente il suo peso. Si desidera ricordare che il Tavoliere di Puglia ha detenuto il deprimente record di area più arida d'Italia. Nella stazione di Zapponeta, oggi non più attiva, sono state misurate per anni medie di pioggia intorno a 350 mm (Bisanti, 1966)

### 3. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Uno sguardo d'insieme delle coste pugliesi lo offre la carta di grande formato realizzata da Caldara *et al.*, (1998) riportata nella fig. 25. Si tratta di un documento abbastanza completo corredato da ben 5 legende riguardanti rispettivamente la Geologia, la Morfologia sottomarina, le Biocenosi bentoniche, la Dinamica evolutiva della costa, le Opere umane.

Le conclusioni sulla tendenza evolutiva della



Figura 21 - Torre Pali (foto di G. Mastronuzzi)



Figura 22 - Località San Vito, frazione del Comune di Polignano a Mare (Bari). Si osservino le tracce in mare del vecchio solco vallivo (in azzurro marcato) e di vecchie cave di pietra (foto M. Caldara).

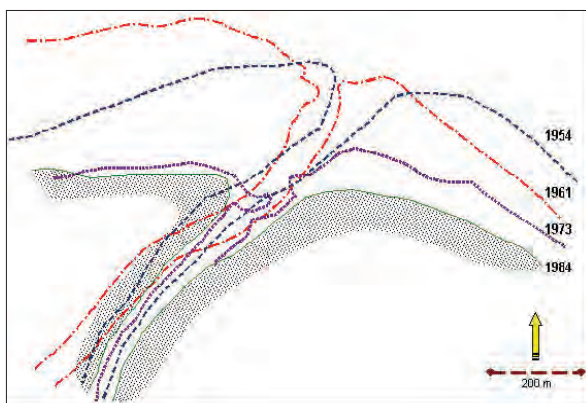


Figura 23 - Arretramento della foce dell'Ofanto sulla base dei rilievi IGM. L'originario delta è praticamente scomparso (da Pennetta, 1988, ridisegnata)

costa pugliese sono alquanto sconcertanti. Con l'eccezione di qualche brevissimo paraggio in avanzamento, la costa è ormai tutta in lenta sommersione. Le cause sono complesse, le variabili in gioco sono tante, le loro interazioni (quelle conosciute) hanno



## CAMBIAMENTI CLIMATICI E RISCHI GEOLOGICI IN PUGLIA

CASTELLO DI SANNICANDRO DI BARI - 30 Novembre 2007

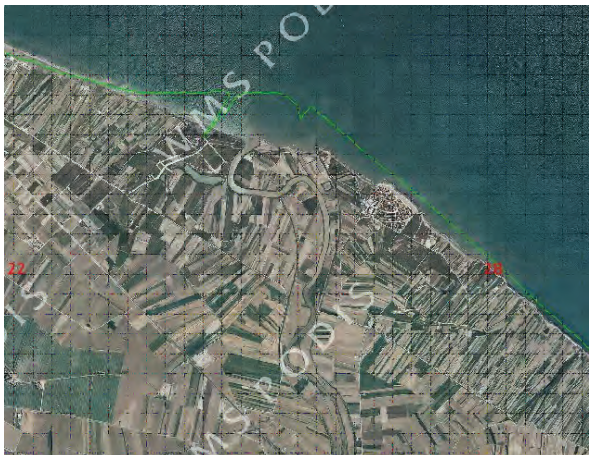


Figura 24 - La situazione attuale della foce dell'Ofanto come appare su un'ortofoto tratta dal sito dell'Autorità di Bacino della Puglia ([www.adb.puglia.it](http://www.adb.puglia.it))

sovente un esito non predeterminabile. Tuttavia man mano che le catastrofi legate al clima si susseguono, appare sempre più chiaro che al giorno d'oggi l'uomo è il primo fattore modificatore del clima stesso.

Lo denuncia una semplice analisi del suo comportamento. Un tempo l'umanità si limitava ad adattare il proprio comportamento al clima, avvalendosi di tecniche (talvolta appositamente messe a punto in momenti critici) idonee al superamento di situazioni e contingenze climatiche particolarmente difficili ovvero di tecniche esemplari per consentire l'adattamento ad ambienti apparentemente del tutto inospitali.

Oggi le azioni umane incidono direttamente sui caratteri climatici tendendo a trasformarli. Vi sono azioni che si potrebbero definire *volontarie* perché apertamente tese ad incidere su un aspetto del clima, come ad esempio l'atto di lanciare piccoli razzi per la dispersione della grandine o quello di proteggere con barriere verticali antibrezza i campi costieri o, ancora, l'uso di ventilatori giganti negli agrumeti californiani per combattere il gelo notturno e così via.

Altre azioni umane incidono sul clima in modo *involontario*: l'inquinamento atmosferico prodotto dall'attività industriale, il ricorso eccessivo all'automobile, gli scarichi domestici o, ancora, il riscalda-

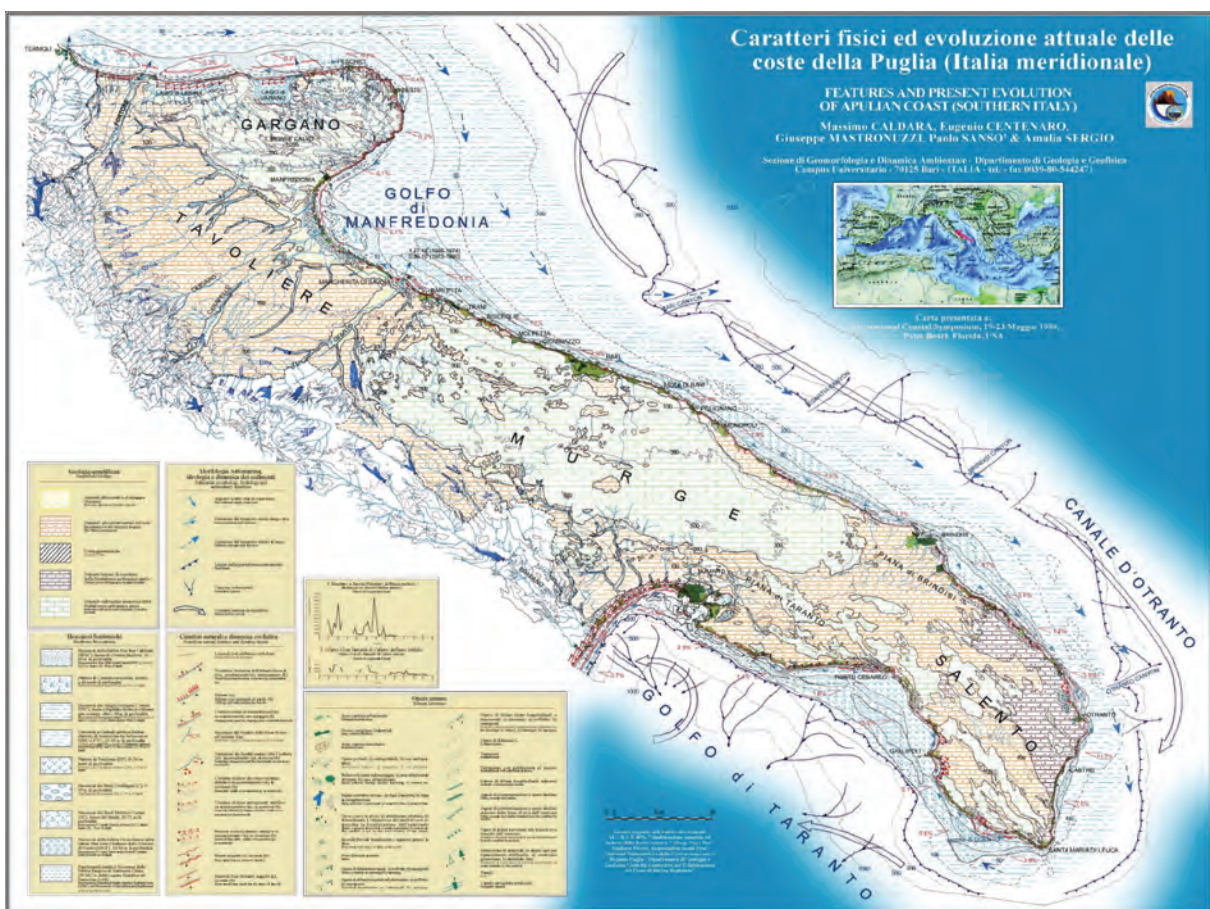


Figura 25 - Caratteri fisici ed evoluzione attuale delle coste della Puglia (da Caldara, et al., 1998)

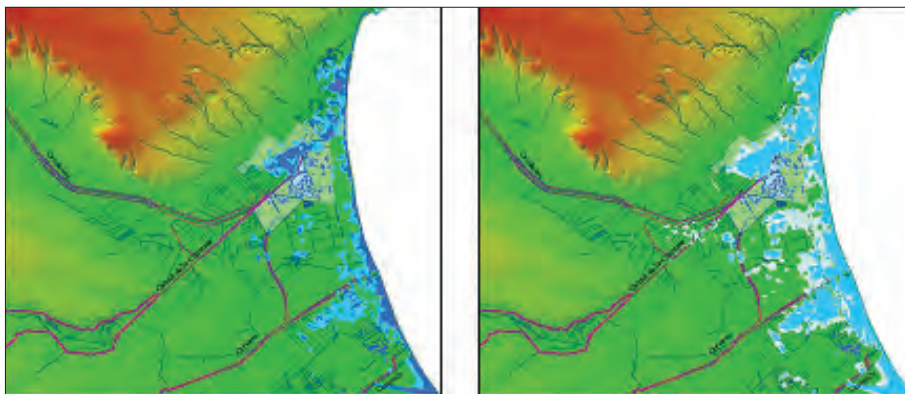


Figura 26 - Ecco l'aspetto della costa del Golfo di Manfredonia (Triggiani, 2007) per un sollevamento del livello medio marino pari a 50 cm (a sinistra) ed a 100 cm (a destra). È solo il risultato di una simulazione, forse un gioco, ma non per questo meno preoccupante



Figura 27 - La foce del Torrente Carapelle e dopo una burrasca (gennaio 2005, foto M. Caldara)

mento delle acque marine per gli scarichi delle acque bollenti di raffreddamento delle macchine industriali, ne sono l'esempio.

Dei danni che ne derivano si sta prendendo coscienza, sia pure lentamente, anche se i ciclopici interessi delle grandi multinazionali spingono queste ultime a minimizzare le preoccupazioni dell'uomo della strada formulando scenari alternativi e carichi di dubbi rispetto a quelli sovente catastrofici formulati da ambientalisti e futurologi.

Il futuro è sondato attraverso l'adozione di modelli fisico-matematici talvolta molto sofisticati, comunque mai ritenuti definitivi, sempre costantemente aggiornati tramite i monitoraggi puntuali in atto. L'atteggiamento verso tali modelli non appare sempre ponderato: sono bollati come "sciocchezze" da chi non li ritiene o non vuole ritenerli attendibili;

sono, viceversa, considerati come il verbo dell'antico oracolo dai cosiddetti catastrofisti.

In realtà si tratta di scenari "possibili" realizzati sulla scorta dei dati disponibili e sulla base di determinate ipotesi di partenza. Questi scenari, in definitiva, sono attendibili allo stato delle conoscenze attuali ma vanno considerati sempre con estrema prudenza.

Assunto, quindi, uno stato d'animo sereno ci si può chiedere cosa ci porterà il lento aumento della temperatura legato all'effetto serra. Le proiezioni prevedono un sensibile incremento delle piogge alle basse latitudini (ne beneficerebbero il Sahel, l'Etiopia e gli altri paesi di quella fascia) ed alle alte latitudini, mentre alle medie latitudini (purtroppo proprio da noi) si dovrebbe registrare un progressivo estendersi delle aree soggette a desertificazione ed



aridità. Questo almeno nell'emisfero nord; nell'emisfero meridionale i cambiamenti dovrebbero essere meno accentuati per l'azione mitigatrice degli oceani.

In parallelo è stato possibile elaborare modelli in grado di prevedere l'innalzamento del livello medio dei mari. I motori climatici di tale fenomeno sono essenzialmente due: lo scioglimento delle calotte polari per l'aumento della temperatura ma anche per il famigerato "buco nell'ozono" e l'espansione termica delle acque marine superficiali, le cui implicazioni, quali le modifiche dei percorsi delle correnti oceaniche, la maggiore evaporazione, ecc., non sono ancora del tutto note.

Cosa si prevede? Un sollevamento di 1-2 metri per la fine del XXI secolo. Cosa possiamo fare? Semplicemente seguire le regole di un *adattamento attivo all'ambiente*. Ciò potrà avvenire anche contrastando con attenzione le azioni che involontariamente portano alle mutazioni climatiche, come l'immissione crescente di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera e simili. Si dovrà, altresì, pensare non solo alla salvaguardia dell'ambiente ma, addirittura, alla sua *ricostruzione*.

Resta, comunque, un'incognita sul futuro delle nostre coste. Troppe variabili interagiscono tra loro impedendo una previsione scientificamente attendibile. Non resta che "giocare" attraverso simulazioni più o meno degne di fede. Triggiani (2007) ha cercato di ricavare l'andamento della costa lungo un tratto del Golfo di Manfredonia di fronte ad una forte avanzata del mare.

Le risposte sono nella fig. 26; il riquadro a sinistra corrisponde ad un sollevamento di 50 cm del livello medio marino, quello di destra ad un innalzamento di 100 cm. Nel primo caso si avrebbe un'ingressione media del mare di circa 3 km con punte fino a 4 km; verrebbero inondate 650 ha di terre con la creazione di 1095 ha di aree salse e palustri. Nel secondo l'ingressione media sarebbe di 5 km con punte di 6 km con 1700 ha di terreni sott'acqua ed altri 800 ha di aree palustri. Il quadro è estremamente semplificato non tenendo conto di molti altri aspetti quali la variazione del livello di base nei fiumi, il sollevamento della falda freatica, etc.

D'altra parte il futuro, che per alcuni ottimisti è molto remoto, forse è già cominciato.

Basta osservare attentamente come si presentava la foce del Torrente Carapelle ed il suo entroterra alcuni giorni dopo una tempesta nel mese di gennaio del 2005. Qual è la differenza con le immagini di fig. 26?

## BIBLIOGRAFIA

AA.VV. (1986) - *Indagine ambientale del sistema marino costiero della Regione Puglia*. - E.N.E.A.

AA.VV. (2000) - *Studio preliminare per la redazione dei piani di bacino. Geofisica relativamente allo studio della dinamica costiera per le aree critiche. Final Report*. Regione Puglia, 373 pp.

AMBROSANO E., BALLARIN G., BASILE A., CIAVOLELLA P., DAMIANI V., DEROSA S., DE SIMONE R., IZZO G., MASSIMINO U. & MODA S. (1984) - *Indagini svolte lungo le coste pugliesi nell'ambito del contratto ENEA del 22-11-1983. Rapporto finale*.

ANTONIOLI F. (2001) - *Le fluttuazioni del clima nel corso dell'Olocene: stato dell'arte. La risalita del livello del mare nel corso dell'Olocene*. - It. Journ. Quater. Sc., 13, 1, 95-100

AURIEMMA R., MASTRONUZZI G. & SANSÒ P. (2004) - *Relative sea-level changes during the Holocene along the Coast of Southern Apulia (Italia)*. Géomorphologie, 1, 19-34.

BALDASSARRE G., RADINA B. & RADINA F. (1988) - *Pre-historic settlement in central abulia (Italy) in relation to geological and geomorphological setting*. In *Engineering Geology of Ancient Works, Monuments and Historical Sites* a cura di Marinou P.G. e Koukis G.C., Atene-Rotterdam, pp.1623-1631.

BATTISTA C., CALDARA M., PENNETTA L. & ZITO G. (1994) - *Evoluzione del Lago di Salpi fra clima ed interventi antropici*. Atti III Workshop Prog. Strat. CNR "Clima, ambiente e territorio", 1, 155-178, Catania

BATTISTA C., PENNETTA L., SPECCHIO V. & ZITO G. (1989) - *L'aridità del suolo nella Penisola Salentina*. - Quad. Ric., Centro Studi Geot. Ing., Lecce, 259-270, figg. 8.

BELLUOMINI G., CALDARA M., CASINI C., CERASOLI M., MANFRA L., MASTRONUZZI G., PALMENTOLA G., SANSÒ P., TUCCIMEI P. & VESICA P.L. (2002) - *Age of Late Pleistocene shorelines, morphological evolution and tectonic history of Taranto area, Southern Italy*. Quaternary Science Reviews, 21, 4-6, 427-454.

BIANCOFIORE F. & COPPOLA D. (1976) - *Torre a Mare (Bari). Scavo nell'abitato antico di Punta della Penna (1974)*. - Notizie Scavi Antichità, 30, 525-530.

BISSANTI A.A. (1966) - *Sulle aree di minime precipitazioni nell'Italia peninsulare*. Ann. Fac. Econ. Comm. Univ. Bari 21, 1-9, Bari

BISSANTI A.A. (1968) - *Le piogge in Puglia*. Ann. Fac. Econ. Comm. Univ. Bari 23, 1-90, Bari



- BOENZI F., CALDARA M. & PENNETTA L. (1998) – *Influenza delle variazioni climatiche e dei processi storico-sociali sull'evoluzione delle forme del rilievo nel Mezzogiorno – Atti Conv. “Territorio e Società nelle Aree Meridionali”*, 1-30, Bari
- BOENZI F., CALDARA M., MORESI M. & PENNETTA L. (2001) – *History of the Salpi lagoon-sabkha (Manfredonia Gulf, Italy)* - It. Journ. Quater. Sc., 14, 2, 93-104
- BOENZI F., CALDARA M., PENNETTA L., SIMONE O. (2005). *Environmental aspects related to the physical evolution of some wetlands along the Adriatic coast of Apulia (Southern Italy): a review*. Journal of Coastal Research. ISSN: 0749-0208. press on line.
- CALDARA M., CAPOLONGO D., DAMATO B. & PENNETTA L. (2006) - *Can the ground laser scanning technology be useful for coastal defenses monitoring?* Italian Journal of Engineering Geology and Environment, vol. 1, pp. 35-49 ISSN: 1825-6635.
- CALDARA M., CAROLI & SIMONE O. (2007) - *Holocene evolution and sea-level changes in the Battaglia basin area (eastern Gargano coast, Apulia, Italy)*. Quaternary International, In stampa
- CALDARA M., CENTENARO E., MASTRONUZZI G., SANSO' P. & SERGIO A. (1998). *Features and present evolution of Apulian Coast (Southern Italy)*. Jour. of Coastal Research, SI (26), 55-64
- CALDARA M., LOPEZ Z. & PENNETTA L. (1997) - *L'entroterra di Barletta: considerazioni sui rapporti fra stratigrafia e morfologia*. It. Journ. Quater. Sc., 9, 1, 337-344
- CALDARA M. & PENNETTA L. (1991) - *The Pleistocene buried abrasion platforms of the southeastern Tavoliere (Apulia, south Italy)*. Il Quaternario, 4 (2), 303-313.
- CALDARA M. & PENNETTA L. (1992) - *Interpretazione paleoclimatica di dati preistorici e storici relative all'entroterra del Golfo di Manfredonia*. Mem. Soc. Geol. It. 42, (1989) 197-207, Roma
- CALDARA M. & PENNETTA L. (1993) - *Ambienti aridi del tipo “Sabkha” nei sedimenti olocenici della piana costiera fra Manfredonia e Zaponeta*. - Bonifica, a. 8(3), 73-82, 5 ff., Bastogi, Foggia.
- CALDARA M., PENNETTA L. & ZITO G. (1994) - *L'area umida alla foce del Candelaro: osservazioni paleoambientali e climatiche*. II Workshop su “Parchi naturali ed aree protette” del Prog. Strateg. “Clima, ambiente e Mezzogiorno” S. Maria di Salina (Isole Eolie) 28-31 Maggio 1990, 211-234
- CALDARA M. & PENNETTA L. (2002) – *Il paesaggio delle Murge nel Neolitico* in: *Paesaggi, uomini e tradizioni di 8.000 anni fa*, a cura di F. Radina Adda Ed. Bari, pp. 238
- CALDARA M. & PENNETTA L. (2003) - *L'ambiente fisico delle Murge durante il Neolitico*. In: “La preistoria della Puglia. Paesaggi, uomini e tradizioni di 8.000 anni fa” a cura di Radina F. , 21-26 Ed. Adda, Bari.
- CALDARA M.A., PENNETTA L., SIMONE O. (2003) - *Holocene Evolution of the Salpi Lagoon (Puglia, Italy)*. Journal Coastal Research, vol. SI36 (2002), pp. 124-133 Northern Ireland.
- CASSOLI P., SEGRE A.G. & SEGRE E. (1978) - *Evolution morphologique et écologique de la côte de Castro (Pouilles) dans le Pléistocène final* - Coll. Intern. C.N.R.S., 325-332, Paris
- DE GIORGI C. (1960) - *Descrizione fisica, geologica ed idrografica della Provincia di Lecce*. A cura di Angelo Vignola, Centro Studi Salentina, 718 pp., Ed. Mariano, Galatina.
- DELANO SMITH C. (1978) - *Daunia Vetus. Terra, vita e mutamenti sulle coste del Tavoliere*. 249 pp. Foggia
- DINI M., MASTRONUZZI G. & SANSO P. (2000) - *The Effects of Relative Sea Level Changes on the Coastal Morphology of Southern Apulia (Italy) during the Holocene*. in: Slaymaker O. (Ed.) “Geomorphology, Human Activity and Global Environmental Change”. John Wiley & Sons, LTD, Chichester, U.K., 43-65
- FABBRI A. & GALLIGNANI P. (1972) - *Ricerche geomorfologiche e sedimentologiche nell'Adriatico meridionale*. Giorn. Di Geologia, 38, 2, 453-498
- GIANFREDA F., MASTRONUZZI G. & SANSO P. (2001) - *Impact of historical tsunamis on a sandy coastal barrier: an example from the northern Gargano coast, southern Italy*. Natural Hazard and Earth System Sciences, 1, 213-219
- GIOVENE G.M. (1839-1841) – *Raccolta di tutte le opere* – tomi 3, 984 pp. Cannone Ed. Bari.
- LE ROY LADURIE E. (1967) - *Tempo di festa, tempo di carestia. Histoire du climat depuis l'An Mil* - Ed. Einaudi, 376 pp. Torino
- MARSICO A., CALDARA M., CAPOLONGO D. & PENNETTA L. (2007) - *Climatic characteristics of middle-southern Apulia (southern Italy)*. Journal of Maps, 342-348, 1 carta, London
- MASTRONUZZI G., PALMENTOLA G. & RICCHETTI G. (1989) - *Aspetti dell'evoluzione olocenica della costa pugliese*. Mem. Soc. Geol. It., 42, 287-300
- MASTRONUZZI G., PALMENTOLA G. & SANSO' P. (1992) - *Some Theoretic aspects of rocky coast dynamics*. Boll. Ocean. Teor. Appl., 10 (2-3-4), 109-115
- MASTRONUZZI G. & SANSO' P. (1993) - *Caratteri*



*ed evoluzione attuale del litorale tra le foci del fiume Fortore e del fiume Ofanto.* Bonifica, 8(3), 83-90

MASTRONUZZI G., PALMENTOLA G. & SANSÒ P. (1994) - *Le tracce di alcune variazioni del livello del mare olocenico tra Torre dell'Orso e Otranto (Lecce).* Geogr. Fis. Din. Quat., 17, 55-60

MASTRONUZZI G. & SANSÒ P. (2002) - *Holocene coastal dune development and environmental changes in Apulia (southern Italy).* Sedimentary Geology, 150, 139-152.

MASTRONUZZI G. & SANSÒ P. (2002) - *Pleistocene sea level changes, sapping processes and development of valleys network in Apulia region (southern Italy).* Geomorphology, 46, 19-34.

MASTRONUZZI G., SANSÒ P., MURRAY-WALLACE C.V. & SHENNAN I. (2005) - *Quaternary coastal morphology and sea-level changes — an introduction.* Quaternary Science Review, 24, 18-19, 1963-1968.

MASTRONUZZI G. & SANSÒ P. (eds) (2003) - *Quaternary coastal morphology and sea level changes.* Puglia 2003, Final Conference – Project IGCP 437 UNESCO - IUGS, Otranto / Taranto - Puglia (Italy) 22-28 September 2003, GPS Coast Coast – Gruppo Informale di Studi Costieri, Research Publication, 5, 184 pp, Brizio srl - Taranto.

MASTRONUZZI G., SANSÒ P., MURRAY-WALLACE C.V. & SHENNAN I. (eds) (2005) - *Quaternary Coastal Morphology and sea-Level Changes.* Quaternary Science Reviews, 24, 18-19, 1963-2162.

NEBOIT R. (1975) - *Plateaux et collines de Lucanie orientale et des Pouilles. Etude morphologique.* LiBr. H. Champion, Paris, 701 pp.

PANIZZA M. (1985) – *Schemi cronologici del Quaternario.* Geogr. Fis. Dinam. Quatern. (1986) 8, 44-48, Pisa

PEIRANO A., MORRI C., BIANCHI C.N., AGUIRRE J., ANTONIOLI F., CALZETTA G., CAROBENE L., MASTRONUZZI G. & ORRÙ P. (2004) - *The Mediterranean coral Cladocora caespitosa; a proxy for past climate fluctuations?* Global and Planetary Changes, 40, 195-200.

PENNETTA L. (1988) – *Ricerche sull'evoluzione recente del delta dell'Ofanto.* Boll. Mus. Lunigiana, 6-7, (1986-1987) 8 pp., 7 ff., Aulla

SCHMIEDT G. (1973) – *Contributo della fotografia aerea alla ricostruzione dell'antica laguna compresa fra Siponto e Salapia.* Arch. St. Pugl. 26 (1-2), 159-172, figg. 4, Bari

SEGRE A.G. (1969) - *Linee di riva sommerse e morfologia continentale italiana relative alla trasgressione marina versiliana.* Quaternaria, 11, 141-154. Roma

TRIGGIANI M. (2007) – *Ricostruzione storico-ambientale dell'evoluzione della bassa valle del Candelabro mediante tecniche di analisi e comparazione GIS.* Tesi di Laurea Specialistica in Scienze della Natura, Dip. Di Geologia e Geofisica, Università di Bari, 78 pp.