

ASPETTI GEOLOGICI DELLA CONSERVAZIONE DELLE SPIAGGE DEL SALENTO

Marco Delle Rose ⁽¹⁾, Tommaso Elia ⁽²⁾

⁽¹⁾ Iscritto n° 84/ES ORG Puglia - Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica, Bari

⁽²⁾ Iscritto n° 293 ORG Puglia - S.I.T. Sistema Informativo Territoriale Provinciale; Soc. S. Teresa SpA, Brindisi

INTRODUZIONE

I depositi di spiaggia sono sistemi molto sensibili alle variazioni del bilancio sedimentario, capaci di adattarsi rapidamente a cambiamenti geomorfologici, sedimentologici e mareografici (sistemi reattivi) e influenzati a diverse scale temporali dai processi eustatici, tettonici e climatici. Essi si formano per accumulo dei sedimenti (accrezione) in aree litorali, con bilancio sedimentario positivo, comprese tra i limiti superiore e inferiore di azione del moto ondoso.

I singoli granuli percorrono le traiettorie più varie e complesse, uscendo e (ri)entrando nel bilancio costiero da e verso l'entroterra e la piattaforma continentale (fig. 1). L'equilibrio tra sedimenti in entrata e in uscita comporta condizioni di stabilità, benché processi sedimentologici possono determinare modificazioni morfologiche parziali (arretramenti e avanzamenti) ma significativi alla scala temporale umana. Si tratta comunque di depositi *raramente* conservati nel *record* geologico (Ricci Lucchi, 1980), in ciò risiedendo la loro importanza di "giacimenti" per il ripascimento degli arenili costieri soggetti ad erosione.

Negli ultimi decenni è stato messo in evidenza come gran parte delle spiagge del pianeta, oltre il 70% secondo alcune stime (Bird, 1985), subisca processi di erosione più o meno intensi. Circa il 40% delle spiagge italiane è in erosione mentre solo il 5% mostra tendenze di avanzamento (Aminti e Pranzini, 1993). Non fanno ovviamente eccezione i litorali della Puglia che sono infatti interessati da processi erosivi più o meno intensi (ENEA 1986; Dal Cin e Simeoni, 1987; Caldara *et al.*, 1989; Elia, 1992; CNR, 1997).

L'attenzione su tale problematica è legata in primo luogo all'importanza socio-economica delle attività turistico-ricreative che, alla luce di una crescente domanda, ha indotto l'instaurarsi di una vera e propria industria delle spiagge con un fatturato di circa 13 miliardi di euro l'anno, pari a circa l'1% del Pil nazionale e con un valore medio di oltre 1000 euro per mq di arenile (Ortolani, 2007). Inoltre, anche questioni di tipo geo-ambientale, quali la perdita di biodiversità in aree costiere emerse e

sommese o l'incremento della salinizzazione di acquiferi costieri, hanno contribuito, sebbene subordinatamente, alla crescita della domanda di interventi per la stabilizzazione degli arenili mediante interventi di conservazione e, laddove necessario, di restauro.

In questa nota vengono delineate alcune strategie di studio e intervento alla luce delle dinamiche evolutive delle spiagge adriatiche e dell'assetto geologico e geomorfologico del Salento, ponendo l'accento sulla necessità di intraprendere nuove e specifiche ricerche, propedeutiche alla corretta progettazione degli interventi di difesa costiera anche al fine di contrastare le tendenze delle dinamiche evolutive in atto.

GENERALITÀ SULLA PROBLEMATICAZIONE

L'accennata tendenza globale all'arretramento delle spiagge degli ultimi decenni si può porre in relazione a variazioni climatiche plurisecolari. Infatti, generali condizioni freddo-umide protratte per secoli favoriscono a scala planetaria la progradazione di spiagge e delta fluviali, in erosione ed arretramento invece durante periodi caldo-secchi, benché apporti bio-detritici possono localmente bilanciarne i *trend* (cfr. Pagliuca e Ortolani, 2007). In quest'ottica, l'ultima fase globale di ripascimento naturale dei litorali si sarebbe verificata in coinci-

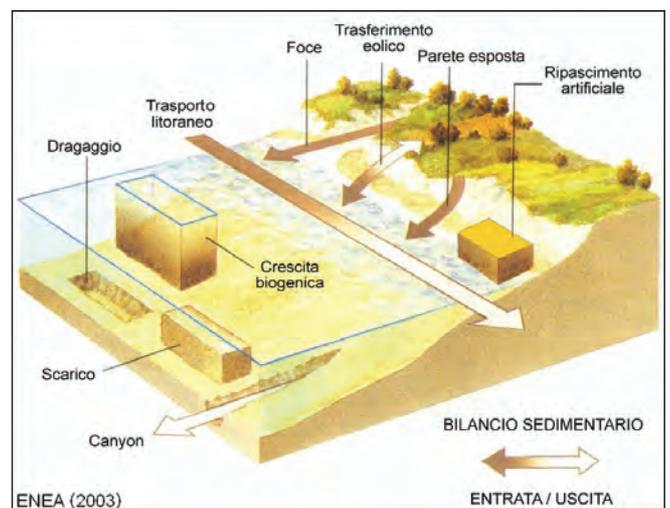


Figura 1 – Schema del bilancio sedimentario delle spiagge (da Ferretti *et al.* 2003, mod.)

denza della cosiddetta Piccola Età Glaciale (tra il 1500 e il 1800). Con il successivo miglioramento climatico avrebbe avuto inizio la fase di prevalente ritiro delle spiagge, attualmente ancora ben riconoscibile (fig. 2) e che potrebbe durare ancora per altri 100-150 anni (Ortolani, 2007).

Anche oscillazioni climatiche con durata di 30-35 anni (c.d. “cicli di Brückner”) possono determinare significative variazioni delle tendenze deposizionali dei litorali, benché a questa scala non sarebbe corretta la semplice correlazione tra clima freddo-umido e avanzamento della linea di riva, in quanto tali condizioni climatiche comportano anche una maggiore frequenza delle mareggiate (Marabini, 2000). Occorre anche considerare che nell'immediato futuro, il previsto incremento dei fenomeni estremi di tipo meteorico (IPCC, 2007) potrebbe intensificare i processi erosivi costieri (Delle Rose, 2007a).

Non di meno l'erosione degli arenili costieri, unitamente all'innalzamento del livello medio marino, aumenta la vulnerabilità all'allagamento delle aree costiere. Valutazioni riguardanti l'intero territorio nazionale, basate su stime dei tassi di eustatismo, isostasia e movimenti tettonici, non includono la Puglia nelle regioni a rischio di allagamento da parte del mare (ENEA, 2007). D'altra parte la letteratura scientifica sui processi geodina-

mici crostali quaternari che interessano questa regione risulta incompleta e con aspetti contrastanti. Gli Autori infatti considerano il sollevamento tettonico regionale medio-supra pleistocenico: costante, variabile o polifasato; intervallato o meno da subsidenze; unitario o a blocchi con differenti rigetti, oppure con dislocazioni recenti rispetto a blocchi più stabili; e ancora uniforme oppure con basculamenti; con valori del tasso di sollevamento, per il solo Pleistocene Superiore, stimati in un intervallo che varia da 0 a 0,5 mm/a; inoltre anche in merito all'incidenza isostatica vi sono incertezze e pareri differenti (Delle Rose in preparazione, *cum biblio*). Manca quindi per la Puglia una adeguata sintesi neotettonica, necessaria per la valutazione degli effetti delle variazioni climatiche sulla dinamica costiera.

Le attività dell'uomo hanno da tempo raggiunto livelli tali da costituire nel complesso un vero e proprio “fattore geologico”. L'erosione delle spiagge può essere così indotta anche da cause antropiche, riconducibili essenzialmente a due categorie (Caputo *et al.*, 1993): a) l'impoverimento degli apporti solidi a mare (causato da coltivazioni in alvei fluviali di inerti, sistemazioni di versanti, costruzioni di invasi idrici); b) il c.d. “irrigidimento” delle coste causato da insediamenti e urbanizzazione (costruzioni di vie di comunicazione, estrazioni di fluidi dal sottosuolo, realizzazione di opere marittime, ecc.).

Nel nostro Paese si è cercato di porre rimedio all'erosione costiera già dagli inizi del '900, attraverso diverse strategie (Fierro, 2002). La crescente importanza economica delle attività umane che gravitano sulle coste, non ultima la loro fruizione ricreativa, ha determinato a partire dagli anni '70, la costruzione di opere di difesa rigide aderenti o distaccate, parallele o ortogonali alle linee di costa, che hanno però frequentemente indotto squilibri dinamici e modificazioni negative dei bilanci sedimentari delle spiagge (Aminti e Pranzini, 1993; Ferretti *et al.*, 2003). In questa fase, in sostanza, è stato ignorato il principio del trasporto lungo-costa dei sedimenti (deriva longitudinale) che avviene con varie modalità nelle parti emerse, intertidali e sommerse delle spiagge e secondo una risultante vettoriale la cui direzione è determinata dalle condizioni fisiografiche, idrodinamiche e anemometriche dominanti. Per il Salento, arretramenti della linea di costa causati da processi erosivi accelerati dalla costruzione di massicciate a difesa di abitazioni e



Figura 2 – Tendenze evolutive dei litorali italiani (da CNR, 1997, mod.)

approdi sono stati segnalati in vari tratti di costa (Caldara *et al.*, 1998; Delle Rose e Fiorito, 2000). Non a caso, la Regione Puglia, nel Piano Operativo Regionale 2000-2006, prevedendo interventi immediati per i tratti definiti “in condizioni critiche” (quali interventi di ripascimento, di barriere a mare, di rinforzo delle rocce e di muri di contenimento), intende attivare “un approfondito monitoraggio sull’esito degli interventi stessi, pur in assenza del necessario bagaglio di conoscenze utili a prevedere gli impatti e gli andamenti dei sistemi di difesa e di consolidamento via via utilizzati [anche] per l’individuazione delle eventuali azioni correttive nella progettazione dei nuovi interventi” (POR PUGLIA 2000-2006; Misura 1.3 – azione 2a Difesa delle coste regionali colpite da subsidenza ed erosione).

E’ stato d’altra parte rilevato, anche a scala nazionale, come “la difesa dei litorali ha inseguito l’emergenza, con scogliere costruite senza un piano organico o andate a sovrapporsi ad opere precedenti che non avevano avuto l’effetto sperato [... come ad esempio per] il sistema difensivo realizzato negli ultimi 70 anni a sud del porto di Marina di Carrara” (Pranzini, 2004). Nella località toscana si è giunti alla situazione paradossale per cui ogni chilometro di litorale risulta oggi difeso da 1,4 km di strutture rigide. Occorre comunque rammentare che gli studi su granulometrie, tessiture e strutture delle spiagge non-fossili sono condotti quasi esclusivamente sulle parti emerse e solo durante la stagione estiva (Ricci Lucchi, 1980) e offrono così descrizioni parziali di tali corpi sedimentari.

Dagli anni ’90 è subentrata la tendenza a rifornire artificialmente gli arenili erosi con inerti (ripascimenti), allo scopo di “ricostruirne” temporaneamente le condizioni morfologiche e ambientali. Sembra essere così mutato l’approccio alla problematica, limitando gli interventi sulla fonte di energia e di “disturbo” (moto ondoso) e rendendo artificialmente positivo (momentaneamente e dall’esterno) il bilancio sedimentario del sistema.

I ripascimenti realizzati nel corso degli ultimi decenni presentano varie modalità d’impatto ambientale. Nelle spiagge di limitato paragio inserite in contesti di coste alte rocciose (le cosiddette *pocket beach*) sono stati attuati in genere interventi di semplice ripascimento, mentre per tratti di litorali aperti ed esposti all’erosione, i versamenti artificiali sono stati preceduti dalla realizzazione di strutture rigide di sostegno (scogliere, pennelli). Tali opere hanno spesso causato dispersione dei

sedimenti verso la piattaforma continentale (su fondali non pertinenti alle spiagge) e conseguenti perdite nei relativi bilanci sedimentari e disturbi agli equilibri ecologici dei vari habitat. Per gli interventi che contemplano l’uso dei pennelli, si passa da “ripascimenti protetti” (in cui si tende a restaurare pregressi assetti morfologici con strutture comunque impattanti) a cambiamenti così radicali da costituire delle vere e proprie “spiagge ingegnerizzate” (le cui geometrie prescindono dai profili litoranei naturali). Interventi più equilibrati, definibili “restauri geoambientali” o di “difesa intergrata”, sono stati ottenuti integrando strutture soffolte o semi-sommerse con interventi di ripascimento (Caputo *et al.*, 1993; Ortolani, 2007).

Le sabbie utilizzate negli ultimi decenni per i ripascimenti eseguiti in Italia comprendono una vasta gamma di materiali estratti sia da cave di terraferma (specie in alvei fluviali) che da cave in mare, oppure dragati da fondali di porti, foci e moli (Ferretti *et al.*, 2003; Pranzini, 2004). Tuttavia la definizione della tipologia compositiva e granulometrica di tali materiali, nonché il relativo reperimento, costituiscono ancora argomenti particolarmente dibattuti sul piano teorico. Nell’ottica del “restauro geoambientale”, si dovrebbero usare sabbie con le stesse caratteristiche sedimentologiche di quelle degli arenili che si intendono salvaguardare o ricostruire (Dal Cin e Simeoni, 1987; Ferretti *et al.*, 2003). Tali materiali, peraltro difficilmente reperibili, saranno però soggetti agli stessi processi erosivi dei sedimenti originari, a meno di modifiche del regime idrodinamico. Nemmeno l’uso di materiali più grossolani di quelli originari può essere ritenuto un sistema valido in quanto, al di là della negatività dell’impatto paesaggistico e ambientale, tale sistema innesca gravi effetti negativi dovuti alla diversa mobilità dei sedimenti, come l’erosione delle spiagge sottoflutto (Ferretti *et al.*, 2003), al pari della posa in opera di pennelli.

Occorre inoltre considerare, a completamento di questo breve *excursus*, che gli inerti utilizzati in alcuni degli interventi meglio riusciti, sono stati ottenuti integrando materiali di differenti origine e provenienza. Ad esempio, per i ripascimenti artificiali protetti dei litorali sud-marchigiani realizzati nel biennio 1983-84, tre quarti del materiale è stato prelevato da cave a terra mentre la restante parte da dragaggi in porto (Lorenzoni *et al.*, 1987).

Per l’individuazione di giacimenti naturali di sabbie per il ripascimento delle spiagge particolare

rilevanza hanno i depositi terrazzati (Dmt), che rappresentano l'espressione sedimentaria negli ambienti di piattaforma continentale delle variazioni glacio-eustatiche quaternarie e dei processi neotettonici (Carobene, 2003) e, quindi, costituiscono potenziali contenitori di depositi di spiagge e di barre fossili (giacimenti) con caratteristiche composizionali e granulometriche analoghe a quelle degli arenili da conservare o ricostruire. Negli ultimi anni la ricerca dei giacimenti sabbiosi è stata focalizzata soprattutto sulle attuali piattaforme continentali (ICRAM, 2002). La loro individuazione ha richiesto l'esecuzione di apposite campagne di ricerca pluriennali tramite rilievi geofisici e carotaggi (nei mari italiani soprattutto al largo delle coste alto e medio tirreniche e alto adriatiche), mentre le attività di estrazione hanno implicato sistematiche operazioni di monitoraggio ambientale (BEACHMED, 2007).

La coltivazione di depositi marini, laddove favorita dalla presenza di cospicui depositi, deve essere comunque eseguita oltre la fascia di transizione tra spiaggia sommersa e piattaforma continentale, preferibilmente captando sabbie in transito verso i fondali più bassi a profondità non interessate dal trasporto ad opera del moto ondoso (Ferretti *et al.*, 2003). "Naturalmente, le attività connesse allo sfruttamento di questi depositi deve fondarsi non solo su criteri tecnico-economici [...] ma devono considerare anche le istanze ambientali con una adeguata valutazione dell'impatto" (ICRAM, 2002). Infatti le attività estrattive turbano le condizioni naturali sia del sito interessato (modificazioni morfologiche dei fondali, variazioni delle caratteristiche granulometriche dei sedimenti e distruzione degli habitat che possono creare problemi anche alle attività di pesca) che di zone contigue per effetto della dispersione dei materiali dragati. Questi ultimi si possono infatti ridepositare, alterando le caratteristiche granulometriche dei sedimenti originali, anche in zone distanti da quelle direttamente interessate dai dragaggi, compromettendo così le comunità sensibili che non tollerano apporti fini o intorbidimenti della colonna d'acqua (ICRAM, 2001, 2002). Si può segnalare che studi specifici recentemente condotti sui popolamenti coralligeni del Mediterraneo hanno evidenziato che "in risposta ad un aumento della sedimentazione il feltro algale diviene la componente dominante del popolamento, mentre le alghe erette tendono a scomparire. Ne risulta un popolamento con minore diversità e con

minore complessità strutturale" (Balata *et al.*, 2004). Di conseguenza, il progetto europeo BEACHMED (2007), che si propone di definire comuni metodologie di ricerca dei depositi sabbiosi sulle piattaforme continentali del Mediterraneo, ha stabilito l'opportunità di effettuare operazioni estrattive almeno sino a profondità di 40 m al di sotto del livello del mare.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO - AMBIENTALE

Il Salento coincide con la parte emersa del blocco tettonico sud-orientale della Piattaforma Carbonatica Apula (Ciaranfi *et al.*, 1988; Ricchetti *et al.*, 1988) e si estende dai versanti meridionali dell'altopiano carsico delle Murge, comprendendo l'intera provincia di Lecce nonché parte delle province di Brindisi e Taranto (fig. 3). Esso è costituito da un tavolato blandamente elevato (dai circa 50 m s.l.m. della parte settentrionale, il Tavoliere del Salento, alla quota media di 150 m di quella meridionale,

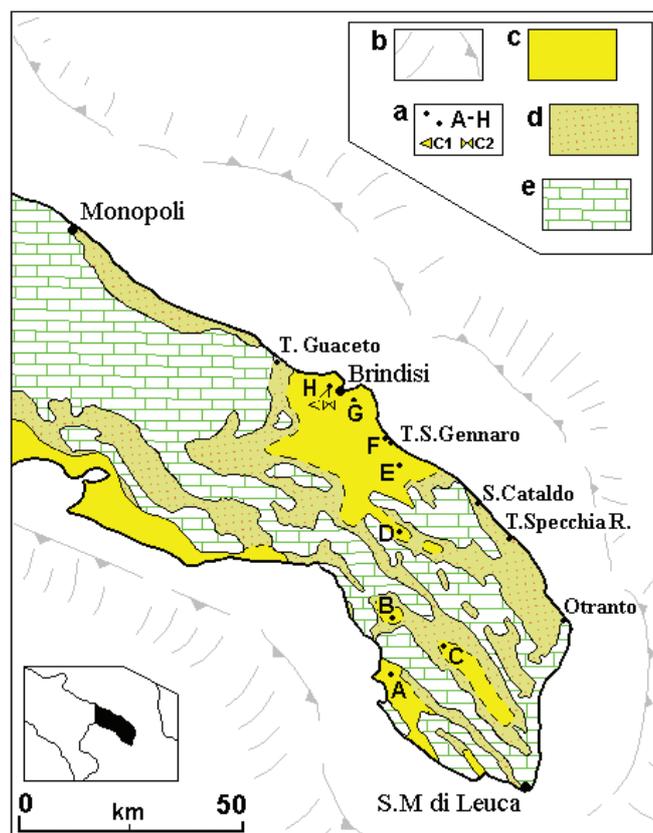


Figura 3 – Schema geologico del Salento: a) ubicazione delle colonne stratigrafiche - campioni C1 e C2 prelevati da H (v. fig. 4); b) margine e scarpata della piattaforma continentale (v. fig. 7); c) depositi della sequenza Pleistocene Inferiore-Medio, dei Dmt e delle spiagge tirreniane; d) depositi della sequenza Pliocene Inferiore – Pleistocene Inferiore; 5) substrato pre pliocenico

l'area delle Serre salentine) e caratterizzato da uno stile tettonico ad horst e graben, risultato di più fasi deformative che hanno disarticolato la successione carbonatica di base a partire Cretaceo superiore, condizionando così l'assetto stratigrafico-sedimentologico delle unità terziarie e quaternarie. Come recentemente proposto, i depositi di età compresa tra il Cattiano e il Messiniano formano una supersequenza (di II° ordine) omologa a quella affiorante sulla Maiella, ossia all'estremità opposta della Piattaforma Carbonatica Apula (Delle Rose, 2008a) mentre i depositi successivi ma precedenti ai Depositi marini terrazzati, formano due sequenze di età rispettivamente Pliocene Inferiore – Pleistocene Inferiore (Santerniano) e Pleistocene Inferiore (Emiliano) – Pleistocene Medio (Delle Rose, 2008b).

I Dmt affioranti nelle aree murgiana e salentina (foto 1), sono descritti come “unità formazionali, di esiguo spessore (da qualche metro sino ad una quindicina di metri) in giacitura suborizzontale, che poggiano in trasgressione su distinte superfici di abrasione poste a quote diverse [...] A ciascuno dei Dmt corrisponde un terrazzo definito da una superficie strutturale pianeggiante (di accumulo o di abrasione) delimitato da un gradino; a seconda dei luoghi tale gradino è inciso, parzialmente o totalmente, negli stessi depositi che formano il terrazzo fino ad intaccare le sottostanti formazioni più antiche. I gradini che individuano i singoli terrazzi si riconoscono su estesi tratti e risultano corrispondere ad antiche linee di costa sollevate, spesso con-

trassegnate da antichi cordoni di dune costiere consolidate” (Ciaranfi *et al.*, 1988).

Al fine di delineare uno schema stratigrafico attendibile del Quaternario del Salento (fig. 4) occorre partire da un esame critico dei rapporti stratigrafici delle unità sabbiose informalmente definite in letteratura, quali: le sabbie a brachiopodi (D'Alessandro e Palmentola, 1978); le sabbie di Alezio (Martinis, 1967) e le sabbie più meno argillose della zona di Brindisi attribuite da Cherubini *et al.* (1987) ai Dmt. Le sabbie a brachiopodi sono state definite nella parte nord – occidentale della provincia di Lecce e indicate come un probabile deposito marino terrazzato postcalabrianico (D'Alessandro e Palmentola, 1978). La presenza di *Terebratula scillae* impone tuttavia un'età non posteriore al Siciliano e quindi un inquadramento nel Pleistocene inferiore (Ruggieri e Sprovieri, 1975; Taddei Ruggiero, 1994; Delle Rose e Medagli, 2007). In ogni caso l'individuazione in località Signorella in agro di Cutrofiano del livello sabbioso a brachiopodi tra calcareniti (tufi) ad *Arctica islandica* e marne infra-pleistoceniche (colonna C di fig. 4) permette una più precisa collocazione litostratigrafica (Delle Rose, 2008b).

A Signorella, le marne (unità stratigrafica da considerare di pertinenza delle Argille azzurre Auct.) progressivamente più sabbiose verso l'alto, sono delimitate al tetto da una superficie erosiva e sormontate da depositi continentali, mentre nel territorio compreso tra Gallipoli, Tuglie ed Alezio, esse sono coperte dall'unità definita “sabbie di Alezio”



Foto 1 – Litorale di Apani. Affioramento in falesia di sabbie siltose con (freccia) lamine di minerali scuri

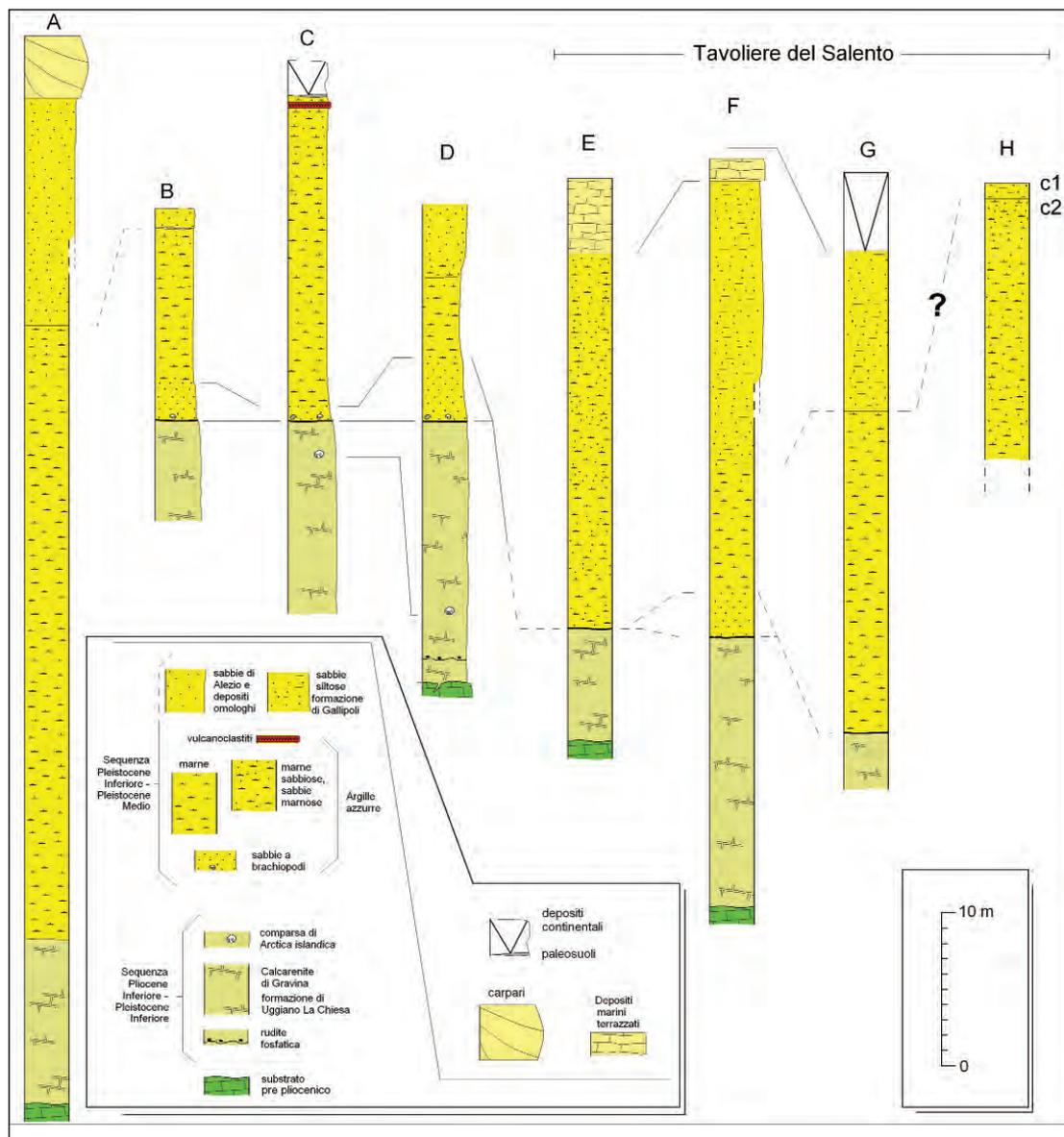


Figura 4 – Colonne stratigrafiche. A) zona di Gallipoli-Alezio (da Calò et al., 1985, mod.); B) Nardò (da Cherubini e Margiotta, 1984, mod.) C) contrada Signorella, Cutrofiano (questo lavoro e Delle Rose, 2008b); D) Novoli (da D’Alessandro et al., 2004, mod.); E) pozzo Ente Irrigazione EI 59; F) Torre San Gennaro - Cerano (da Gentile et al., 1996, mod.) G) stratigrafia tratta da Ricchetti e Polemio (1996); H) Centro commerciale di Brindisi (questo lavoro)

(Martinis, 1967; Calò *et al.*, 1985). Queste ultime corrisponderebbero, in senso stratigrafico-sequenziale, ai termini di chiusura del ciclo della Fossa Bradanica, ed in particolare alle sabbie di Monte Marano (cfr. Ciaranfi *et al.*, 1988), al pari peraltro dell’unità di Casa Papaleo definita da D’Alessandro *et al.* (2004) a sud – ovest di Lecce nella depressione tettonica detta “Valle della Cupa” (Graben di Novoli), propaggine sud orientale del Tavoliere del Salento. La medesima correlazione appare estensibile anche alla “yellowish muddy sand” di Coppa *et al.* (2001) affioranti a Campo di Mare (tra Cerano e Torre San Gennaro), da questi Autori attribuita al Pleistocene Inferiore-Medio.

L’intervallo stratigrafico costituito dalle anzidette unità sabbiose, dalla parte alta e relativamente più sabbiosa delle Argille azzurre e da quella bassa e

più fine dei medesimi depositi, è stato considerato nella II ed. della Carta Geologica d’Italia come un’unica unità denominata formazione di Gallipoli (Martinis, 1967) e come tale riportato nei fogli n° 203 – Brindisi, n° 204 – Lecce e n° 214 – Gallipoli). Dopo la pubblicazione dei suddetti fogli, grande influenza ha avuto nella schematizzazione litostratigrafica del Quaternario del Salento la concettualizzazione dei sei ordini di Dmt definiti nella zona di Montemesola e poi riconosciuti in un ampio territorio compreso tra Taranto e Brindisi (Ricchetti, 1972), a cui sono stati attribuiti nella Carta Geologica delle Murge e del Salento (Ciaranfi *et al.*, 1988) i termini sovrastanti le Calcarenite di Gravina e le Argille azzurre affioranti nel Tavoliere del Salento (foto 2). Per ciò che attiene “l’area tipo” dei depositi marini terrazzati, al fine di apportare costruttivi



Foto 2 – Affioramento di sabbie siltose (formazione di Gallipoli, *sensu* Martinis, 1967; depositi marini terrazzati, *sensu* Ciaranfi *et al.*, 1988) sormontato da calcareniti grossolane (Cerano)

contributi ad una più esaustiva definizione, occorre segnalare che lungo la Gravina del Triglio (com. di Statte) e alla base delle Calcareniti di Gravina è stata individuata e cartografata una unità marnoso-calcareo (Verri e De Angelis D'Ossat, 1899; Delle Rose, 2007b) non riportata nella cartografia geologica ufficiale (cfr. F. n° 202 – Taranto della CGI), mentre lungo le pendici di Montemesola tra 130 e 190 m s.l.m., sono stati evidenziati sistemi di faglie e dissesti gravitativi che hanno interessato le calcareniti al tetto delle Argille azzurre, forse inducendo una sovrastima, almeno locale, del numero di terrazzamenti deposizionali indicati in letteratura (Delle Rose e Internò, 2004).

LE SPIAGGE ADRIATICHE E LA PIATTAFORMA CONTINENTALE

La costa adriatica salentina tra Torre Guaceto e Otranto comprende due settori a differente assetto geologico (fig. 3), la cui delimitazione è posta all'incirca a Torre San Gennaro (Elia, 1992), ossia quasi in coincidenza con la delimitazione amministrativa tra le province di Brindisi e Lecce. A nord di Torre Guaceto, basse ripe frastagliate modellate in calca-

reniti plio-quadernarie (Calcareniti di Gravina) si succedono quasi senza soluzione di continuità sino a Monopoli, mentre a sud di Otranto e sino a Santa Maria di Leuca la costa è formata da falesie alte sino ad oltre cento metri.

La costa brindisina è costituita principalmente (60% di complessivi 30 km) da falesie alte sino a 12-13 m s.l.m. intagliate in sabbie-argillose semicoerenti attribuite alla formazione di Gallipoli e ai depositi marini terrazzati (Mastronuzzi *et al.*, 1989), con l'eccezione dei circa 9 km tra Punta Penne e Capo di Torre Cavallo, dove affiora un corpo calcarenitico fossile, interpretato come barra costiera del Pleistocene Inferiore o Medio (Loiacono, 1999; 2007). I fenomeni di erosione costiera di maggiore risalto in questo tratto (foto 3), sono collegati con frequenti franamenti delle falesie (in rapido arretramento) che alimentano, sia a nord che a sud di Brindisi, sottili e discontinue spiagge prospicienti, senza tuttavia determinarne l'aggradazione (Elia, 1992; Gentile *et al.*, 1996). Per contrastare tali dissesti ma soprattutto per realizzare opere necessarie al funzionamento della centrale termoelettrica Brindisi Sud, il tratto di costa prospiciente Cerano (circa 4 km a nord-ovest di Torre San Gennaro) è stato oggetto dalla fine degli anni '80 della messa in opera di una serie di pennelli e scogliere, oltre che di interventi di ripascimento artificiale. Da tale area e sino alla località di Campo di Mare, la spiaggia oggi si presenta intensamente "irrigidita" e "ingegnerizzata" da una serie di manufatti ortogonali e longitudinali (foto 4 e fig. 5).

Lungo il tratto Torre San Gennaro-Otranto affiorano calcareniti plio-quadernarie attribuite alle Cal-



Foto 3 – Fenomeni di distacco e crollo alla base della falesia nei pressi Torre San Gennaro che interessano sia le sabbie argillose che le coperture continentali (6 maggio 2008)



Figura 5 – Immagine prospettica del tratto Torre San Gennaro – Cerano (da Google Earth)

careni di Gravina (Auct.) e alla formazione di Uggiano La Chiesa (Auct.; fig. 3), a sud di Torre Specchia Ruggeri formando falesie alte 6-7 m inframmezzate da *pocket beach*. A nord della medesima località, il sottosuolo litoide è sormontato da “sottili” arenili (alcuni metri) e forma promontori rocciosi bassi e poco pronunciati che sottendono varie falcature sabbiose. In provincia di Lecce marcati arretramenti costieri (foto 5), oltre al degrado vegetazionale dei cordoni dunali, sono stati segnalati per oltre il 40% delle spiagge (Refolo *et al.*, 2007). Inoltre, da valutazioni ottenute per mezzo di immagini telerilevate, tra il 1998 e il 2001 su 13 km di litorale di pertinenza del territorio comunale di Lecce, il 50% è risultato in erosione con perdite complessive stimate di circa 20.000 mq di sabbie e un valore massimo localizzato di ben 29 metri di arretramento (Palazzo *et al.*, 2002). In ogni caso, anche coste rocciose del Salento leccese sono interessate da “rapidi” arretramenti, come quelle di Rocavecchia – Torre dell’Orso (Delle Rose e Parise, 2004).

Il tratto di costa leccese maggiormente interessato da opere costiere è quello di San Cataldo; qui la spiaggia è stata negli ultimi anni intensamente “ingegnerizzata” per la fruizione ludico-turistica, con la realizzazione di una serie di pennelli trasversali alla costa che preludono a cospicui interventi di ripascimento artificiale (foto 6 e fig. 6).

Con riferimento alla classificazione ENEA (Ferretti *et al.*, 2003), le coste del Salento rientrano, con poche e limitate eccezioni, in 3 differenti tipi



Foto 4 – Campo di Mare (Cerano). Il trasporto longitudinale costiero è condizionato dai pennelli trasversali realizzati in prossimità della centrale Brindisi Sud

morfo-sedimentologici. Quelle in provincia di Brindisi sono classificate per lo più come coste terrazzate, mentre sono coste definite “di litorale diritto” quelle adriatiche della provincia di Lecce, tra Torre San Gennaro e Torre Specchia Ruggeri. Da questa località, in direzione del Capo di Leuca, si snodano quasi senza soluzione di continuità coste rocciose alte dette “piattaformali”.

A differenza delle coste alto e medio adriatiche e di quelle foggiane e baresi (Tropeano e Spalluto, 2006; Cattaneo *et al.*, 2007) per il tratto di costa salentino considerato l’apporto terrigeno ai depositi di spiaggia (quarzo con percentuali variabili di minerali pesanti e feldspati) è subordinato a quello biotetico prodotto negli ambienti attuali e recenti della piattaforma continentale (Bedulli *et al.*, 1986;



Foto 5 – Marina di Frigole (24 febbraio 2008). L’erosione e lo stato di abbandono della spiaggia pongono in essere “singolari” condizioni morfologiche della costa



Figura 6 – Immagine prospettica di San Cataldo (da Google Earth). Il riquadro inserito è relativo alla foto 6

Aiello *et al.*, 1995) mentre il disfacimento delle falesie carbonatiche forma circoscritte spiagge ghiaiose e non contribuisce in maniera significativa alla formazione delle sabbie (Sgrauso, 1986; Elia, 1992; Tropeano e Spalluto, 2006). Le granulometrie degli arenili abbracciano l'intera gamma di variabilità delle sabbie e sconfinano anche negli intervalli di ghiaie e limi (De Giorgi, 1913; Zezza, 1969; Alvino, 1974; Margiotta *et al.*, 1983; Ambrosano *et al.*, 1986; Veil *et al.*, 1986) ma non consentono di definire adeguatamente i parametri rappresentativi delle parti emerse, tidali e sommerse delle spiagge, come richiede una schematizzazione sedimentologica funzionale agli interessi scientifici e applicativi.



Foto 6 – Darsena di San Cataldo (12 febbraio 2008). Estremità nord di un tratto di costa interessato da programmi di ripascimento artificiale. In varie falcature il substrato roccioso è affiorante (cfr. fig. 6)

Ancora più sporadiche sono le descrizioni di strutture sedimentarie (Zezza, 1969). Dal Cin e Simeoni (1987) hanno comunque evidenziato una interessante correlazione diretta tra granulometria e percentuale di clasti carbonatici degli arenili salentini del Golfo di Taranto, che trova riscontro sul lato adriatico con i dati di Alvino (1974) per il tratto immediatamente a nord di San Cataldo. Una maggiore percentuale di clasti silicatici e minerali pesanti è stata infatti riscontrata nei campioni di sabbie fini e molto fini (Zezza, 1969; Margiotta *et al.*, 1983). Le aree sorgenti dei clasti sono state così individuate: zone montuose e collinari dell'Avanfossa Bradanica e subordinatamente dell'Appennino, tra cui il bacino del Monte Vulture che apporta clasti vulcano-derivati immessi nell'Adriatico dal Fiume Ofanto; coste rocciose o intagliate in depositi semicoerenti in erosione; ambienti marini come la "*Poseidonia matte*" e il Coralligeno che producono bioclasti.

Le parti sommerse delle spiagge adriatiche salentine si raccordano alla piattaforma continentale per mezzo di una più o meno ampia zona di transizione con profilo topografico a bassa pendenza (cfr. Ricci Lucchi, 1980), relativamente più estesa ed articolata a nord e a nord-est di Brindisi. La zona di transizione, dove i sedimenti sono trasportati dalle onde durante le tempeste, è batimetricamente determinabile per via teorica considerando come riferimento la profondità corrispondente alla metà della lunghezza d'onda media delle mareggiate, a cui si ritiene avere "inizio un sostanziale movimento del materiale" verso costa (Carobene e Brambati, 1975). Tale profondità (livello di base del moto ondoso) dovrebbe essere compresa tra 20 e 25 m (Tropeano e Spalluto, 2006) e, di conseguenza, il passaggio dalla zona di transizione alla piattaforma continentale si collocherebbe a 30 – 40 m al di sotto del livello del mare. Tuttavia spesso le spiagge sommerse del Salento confinano, già a pochi metri di profondità, con fondali rocciosi non coperti da depositi sciolti (Parenzan, 1983; Belmonte, 2000). Inoltre, i passaggi dai depositi di spiaggia sommersa a quelli di zona di transizione e da questi a quelli della piattaforma interna, laddove definibili, non presenterebbero relazioni evidenti con la batimetria (Veil *et al.*, 1986), mostrando modalità differenti rispetto a quelle "dei fondali riforniti da corsi d'acqua, ove il diametro medio diminuisce fortemente con la profondità" (Dal Cin e Simeoni, 1987). Tali singolarità possono essere

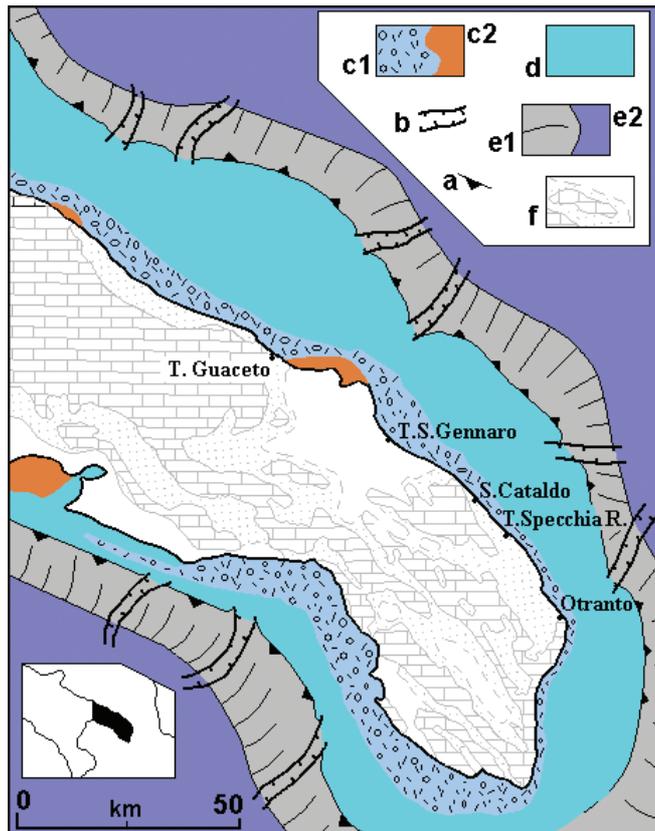


Figura 7 – Schema della piattaforma continentale: a) margine; b) canyon; c1) depositi biodetritici ospitanti biocenosi (Olocene), c2) depositi terrigeni ospitanti biocenosi (Olocene); d) piattaforma (Pleistocene Medio – Superiore); e1) scarpata; e2) piana; f) ossatura geologica della terraferma (v. fig. 3)

spiegate in base ai processi di produzione biocalstica e di intrappolamento dei detriti più fini da parte delle “strutture biologiche” (Bedulli *et al.*, 1986).

L’attuale piattaforma continentale (fig. 7) a nord del Canale di Otranto ha un’ampiezza di 20-25 km e profondità massime, in corrispondenza del raccordo con la scarpata continentale, di 150-200 m (Caldara *et al.*, 1998). In base a rilievi sismoacustici e ad una interpretazione multidisciplinare dei dati, il substrato pre-olocenico della piattaforma è costituito da due sequenze, separate da superfici di trasgressione, del Pleistocene superiore e del Pleistocene medio, quest’ultima poggiante su unità infra-pleistoceniche analoghe a quelle affioranti sulla terraferma (Aiello *et al.*, 1995). Tali sequenze possono essere considerate omologhe dei depositi marini terrazzati.

Le parti più superficiali della piattaforma sono caratterizzate da sottili “drappaggi” sedimentari post-wurmiani colonizzati da biocenosi coralligene e prateria di *Posidonia*, che costituiscono, come

accennato, le principali aree della produzione biocalstica attuale (Bedulli *et al.*, 1986; Tropeano e Spalluto, 2006). Caratteristiche ed ecologicamente importanti sono le distese di *maerl* su fondi sabbiosi grossolani, rare a scala dell’intero Mediterraneo, ritenute tappa seriale nell’evoluzione climacica del coralligeno e, pertanto, oggetto di particolare tutela (Belmonte, 2000). Non a caso l’intera piattaforma continentale del Salento è considerata un Ecotipo esclusivo (Damiani *et al.*, 1988).

Ampi settori dell’attuale piattaforma continentale, specie delle fasce batimetriche media ed esterna, risultano quasi del tutto privi di apporti detritici o caratterizzati dalla presenza di accumuli detritici di clasti relitti (facies rhodalgal) e di nuova formazione (facies bryomol), mentre una cintura relitta detritica con concrezioni biogeniche orlebbe la rottura di pendio di raccordo con la scarpata continentale (Tropeano e Spalluto, 2006). Occorre infine considerare che parte dei sedimenti sono dispersi verso i fondali adriatici lungo direttrici trasversali al ciglio della scarpata, specialmente attraverso “canyon” sottomarini (fig. 7) come quelli al largo di Brindisi e di Otranto (Caldara *et al.*, 1998).

APPROCCI METODOLOGICI

Per la conservazione delle spiagge salentine è assodato che “non potendo intervenire sulle cause naturali del degrado, bisogna studiare le strategie più opportune per contrastarne, attenuarne o eliminarne le conseguenze” (Dal Cin e Simeoni, 1987). Tuttavia lo stato delle conoscenze stratigrafico-sedimentologiche sugli arenili del Salento, così come sui depositi terrazzati pleistocenici affioranti (Dmt) o giacenti sull’attuale piattaforma continentale che potrebbero contenere giacimenti sabbiosi, non permette come già osservato di programmare interventi di conservazione con impatti ambientali adeguatamente valutati.

Al fine di delineare possibili strategie di intervento, si considera il tratto di costa compreso tra Torre San Gennaro e San Cataldo (fig. 8). A differenza dei tratti contigui, esso è già stato oggetto di alcuni studi (Alvino, 1974; Elia, 1992; Gentile *et al.*, 1996; Delle Rose, 2007a) che pur non permettendo di tracciare un esaustivo “identikit” sedimentologico dei depositi di spiaggia, forniscono nel complesso alcuni significativi indizi sulle caratteristiche tessiturali e composizionali.

Si tratta di dati eterogenei in quanto a modalità

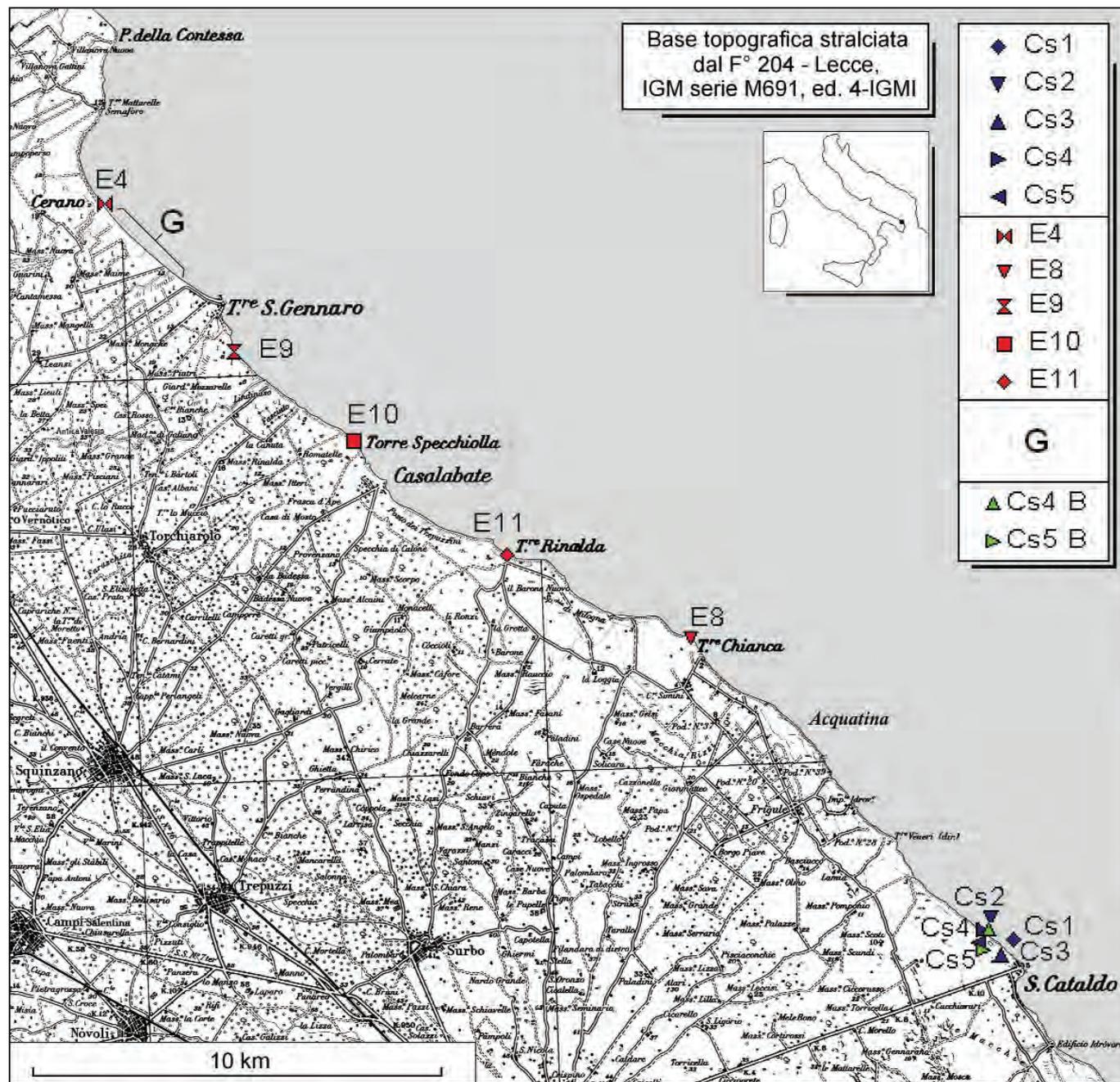


Figura 8 – Ubicazione dei campioni e indicazione dei dati di letteratura: Cs1-Cs5, Alvino (1974); E4-E11, Elia (1992); Gentile *et al.* (1996). Cs4B-Cs5B, questo lavoro

e periodi di campionamento (in relazione ai cicli meteomarin) oltre che relativi a campioni prelevati in un ampio lasso di tempo, ma comunque tutti provenienti dalla fascia di spiaggia compresa tra la base delle dune e la parte sommersa a profondità non superiore a 3-4 m (teoricamente coincidente con il piede della barra esterna), dove appare più attiva la deriva longitudinale dei sedimenti e limitate sembrano le perdite verso terra e le parti più profonde dei litorali.

Inoltre tale fascia, per il tratto considerato,

appare soggetta a condizioni mareografiche e idrodinamiche relativamente omogenee e presenta sedimenti sabbiosi a bassissima percentuale di frazioni limoso-argillose (Ambrosano *et al.*, 1986; Elia, 1992). Differenze sedimentologiche sono invece note a partire dalla batimetrica 3-4 m: mentre nella parte nord del tratto considerato (Torre San Gennaro) si osserva una graduale transizione a depositi sempre più fini e in prevalenza terrigeni (Veil *et al.*, 1986; Elia, 1992), al largo di San Cataldo (parte sud), sono stati evidenziati passaggi a sabbie gros-



Foto 7 – “Rapide” modificazioni locali del profilo di spiaggia dovute a cambiamenti di direzione del trasporto longitudinale (Argine a mare nord di Canale Giammatteo; Acquatina. Cfr. fig. 8). Dimensioni reali del segmento X circa 30 m

solane a prevalente componente bioclastica (Alvino, 1974; Parenzan, 1983).

Nel tratto di costa in questione, le spiagge emerse formano ampie falcature (3-5 km) delimitate da promontori altimetricamente e planimetricamente piuttosto modesti, e sono a loro volta suddivise in serie di falcature di dimensioni più conte-

nute da scogli e opere antropiche aggettanti quali argini di foce di canale e frangiflutti. Come dedotto da studi in corso in corrispondenza dell'Acquatina (com. di Lecce; Delle Rose, 2007a) il trasporto longitudinale lungo costa dei sedimenti appare caratterizzato da cicli annuali (o di maggiore durata) con fasi alterne di movimentazione delle sabbie in dire-

zione SE e NO a seconda delle prevalenti condizioni anemometriche di lungo periodo (foto 7). In condizioni meteomarine ordinarie (quindi non con mareggiate o burrasche), nelle more degli approfondimenti delle ricerche in corso, sembrano inoltre mancare significativi scambi di sedimenti tra le summenzionate falcature litoranee.

In merito alla omogeneità del tratto di costa Torre San Gennaro - San Cataldo, è opportuno sottolineare che il litorale di pertinenza delle spiagge a profondità maggiori di - 5 m è caratterizzato da frequenti affioramenti rocciosi diffusamente perforati da litodomi mentre i sedimenti occupano, con spessori variabili ma in genere esigui, sacche e depressioni del substrato (Alvino, 1974, Elia, 1992). Questo fondale presenta fasce sub-parallele di biocenosi caratteristiche (sino a 6 in corrispondenza di San Cataldo; Belmonte, 2000): fondi ad alghe fotofile; fondi a Zosteracee, fondi a Posidonia e Coralligeno a *Cladocora caespitosa*. Pochi chilometri a nord ovest di Punta della Contessa (com. di Brindisi, fig. 8) i fondi ad alghe fotofile e a Zosteracee si riducono progressivamente di ampiezza e le praterie di Posidonia vengono a trovarsi a ridosso dei detriti sabbiosi di spiaggia non colonizzati (Parenzan, 1983).

Oltre a campioni di letteratura (fig. 9), sono stati considerati altri quattro campioni, prelevati ed analizzati per le finalità di questo studio. Due di questi sono stati campionati il 12 febbraio 2008, asportando circa 0,5 kg dai 10 cm superficiali, negli stessi punti di campionamento Cs4 (battigia) e Cs5 (spiaggia emersa) di Alvino (1974), mentre i cam-

pioni C1 e C2 sono stati ottenuti da un sondaggio a carotaggio continuo eseguito alla periferia ovest di Brindisi (Centro commerciale). In particolare C1 è stato prelevato da un livello giallo-ocraceo con spessore di ordine metrico mentre C2 da sottostanti sabbie limoso-argillose grigie (colonna H di fig. 4).

Interpretando il diagramma di fig. 9, si possono individuare 3 fusi granulometrici: uno con prevalenti sabbie fini e molto fini relativo alla zona a nord di Torre San Gennaro (dati di Gentile *et al.*, 1996); un secondo fuso a cavallo tra le sabbie medie e quelle fini (dati Elia, 1992); il terzo fuso, più ampio e "disperso", è quello relativo ai campioni prelevati presso San Cataldo (Alvino, 1974 e campioni Cs4B e Cs5B), caratterizzato da alte percentuali di sabbie medie e significative componenti fini e grossolane. Il campione E4, prelevato a Cerano, a nord quindi di Torre San Gennaro è decisamente più grossolano di quelli prelevati tra Torre San Gennaro e Torre Chianca (fig. 8); d'altra parte E4 proviene da un tratto litorale differenziato da quello qui considerato e risente degli effetti degli interventi antropici eseguiti sulla costa prospiciente la centrale Brindisi Sud (v. paragrafo precedente). Un elemento che emerge dall'insieme delle curve granulometriche è la centralità delle sabbie medie, più rappresentate rispetto alle classi contigue, mentre decisamente meno frequenti risultano le componenti estreme molto grossolane e molto fini.

In merito ai punti prossimi a San Cataldo, ricampionati ed analizzati, si può rilevare che mentre il campione Cs4 di Alvino (1974) risulta poco classato con percentuali di sabbie grossolane, medie e fini

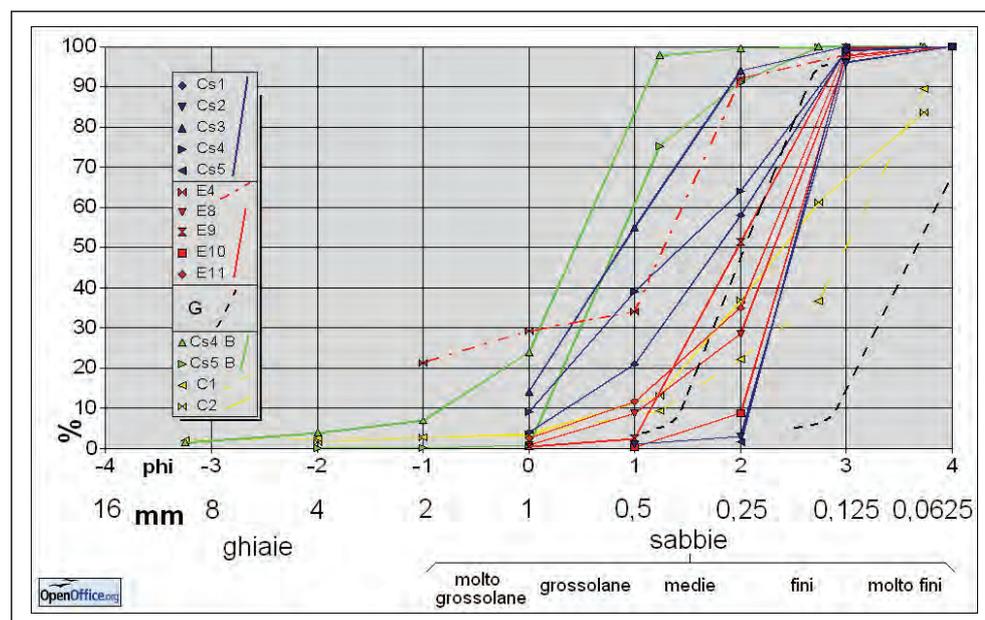


Figura 9 – Curve granulometriche cumulative. Cs1-Cs5, Alvino (1974); E4-E11, Elia (1992); Gentile *et al.* (1996); Cs4B-Cs5B e C1-C2, questo lavoro

rispettivamente di 31, 21 e 36%, Cs4B è risultato prevalentemente grossolano (fig. 9). Ancora più marcate sono le differenze granulometriche tra i campioni Cs5 e Cs5B, il primo quasi esclusivamente formato da grani di dimensioni tra 0,25 e 0,125 mm, il secondo con circa il 60 % di grani grossolani. Il contesto ovviamente non consente deduzioni speculative in merito a cambiamenti avvenuti nell'area durante il lasso di tempo intercorso tra i due campionamenti. Il campione Cs5 tra l'altro è costituito da sola "sabbia nera" (Alvino, 1974), rappresentando evidentemente una lamina di minerali scuri granulometricamente selezionati dai flussi energetici (acqua, aria) della spiaggia emersa (cfr. De Giorgi, 1913; Zezza, 1969). Non a caso, in merito ai rapporti tra granulometria e composizione, è già stata richiamata (v. paragrafo precedente) la correlazione diretta tra dimensioni dei clasti e percentuale di clasti carbonatici; pertanto nelle sabbie fini e molto fini, quarzo e minerali pesanti tendono ad essere prevalenti (Alvino, 1974; Ambrosano, 1986; Dal Cin e Simeoni, 1987). Le differenze tra Cs4 e Cs4B possono scaturire più dalle differenze dei metodi di campionamenti adottati, che da variazioni sedimentologiche del deposito. E' quindi opportuno sottolineare la necessità di uniformare le procedure di studio.

Gli intervalli granulometrici dei campioni C1 e C2 (fig. 4 e 7) rientrano in gran parte nel fuso definito da Gentile *et al.* (1996) per le sabbie del litorale compreso tra Cerano e Torre San Gennaro (v. fig. 8). Per essi non è possibile stabilire le unità stratigrafiche di appartenenza. E' opportuno ricordare

che nella parte orientale del Tavoliere salentino (ad est della congiungente Latiano-Mesagne) Ciaranfi *et al.* (1988) riportano 5 linee di costa, di cui non sono però differenziati gli aspetti sedimentologici e morfologici. C1 presenta analogie litologiche e granulometriche con le sabbie siltose affioranti a Torre San Gennaro (cfr. Coppa *et al.*, 2001), ma potrebbe essersi formato durante un ciclo sedimentario più recente (Dmt); C2 potrebbe essere invece riferito alle Argille azzurre (Auct.) oppure, anch'esso, a un Deposito marino terrazzato. Questo ultimo campione presenta il 30 % circa di sabbia fine, il 25 % di sabbia media e oltre il 10 % di grani di dimensioni maggiori. Occorre altresì considerare che nell'area urbana di Brindisi, Cherubini *et al.* (1987) riferiscono di "depositi di terrazzo" con contenuti di sabbie sino all'84 %, in un contesto stratigrafico caratterizzato da una particolare variabilità granulometrica dei depositi. Ancora nella zona di Torchiarolo, il pozzo dell'Ente Irrigazione n. 59 ha attraversato circa 20 metri di depositi argillosi con abbondante contenuto in sabbia (fig. 4). Il complesso di tali indicazioni suggerisce la necessità di intraprendere approfondite ricerche stratigrafiche e sedimentologiche nel Tavoliere del Salento (foto 8) al fine di delineare i reali rapporti stratigrafici tra le unità quaternarie, definire spessori, estensioni e variazioni laterali dei livelli sabbiosi e individuare eventuali giacimenti.

CONCLUSIONI

La protezione delle spiagge dall'erosione costiera è un problema di particolare rilevanza



Foto 8 – Una fase delle ricerche in corso. Analisi granulometriche di campioni di depositi sabbiosi affioranti nel Tavoliere del Salento



Foto 9 – Opere di difesa a scogliera, parallele alla linea di costa (near-shore); barriere emerse che attenuano l'energia del moto ondoso incidente e determinano la formazione di accumuli sabbiosi (tomboli "artificiali"); località Campo di Mare (San Pietro Vernotico - Br)

sociale, economica e politica (foto 9). Nel Salento la possibilità di intervenire efficacemente ed adeguatamente per la conservazione delle spiagge è inficiata da carenze nelle conoscenze sedimentologiche. Inoltre, manca un quadro stratigrafico per i depositi quaternari della attuale piattaforma continentale e di quelli affioranti sulla terraferma (in particolare nel Tavoliere del Salento) che consenta di individuare le facies presenti e quindi gli antichi depositi di spiaggia. In particolare, approfonditi studi andrebbero condotti sui Depositi marini terrazzati e sulla formazione di Gallipoli.

Qualora prevalga a livello amministrativo la scelta di procedere al ripascimento di spiagge soggette ad erosione, la caratterizzazione granulometrica delle sabbie da utilizzare dovrà essere adeguatamente definita anche al fine di scongiurare impatti ecologicamente non sostenibili. Per questo obiettivo appare opportuno sollecitare progetti di ricerca (studi di fattibilità) promossi e sostenuti dagli enti territoriali coinvolti anche con il concorso di partner imprenditoriali.

RINGRAZIAMENTI

Laboratorio di Geotecnica "G. Melidoro" della prima Facoltà di Ingegneria del Politecnico di Bari per le analisi granulometriche dei campioni. Idrogeo s.r.l. di Lecce per i campioni prelevati nell'area del Centro Commerciale di Brindisi. Studio Effemme srl di Squinzano (Le) per il trattamento fisico-chimico delle sabbie.

BIBLIOGRAFIA

AIELLO G., BRAVI S., BUDILLON F., CRISTOFALO G.C., D'ARGENIO B., DE LAURO M., FERRARO L., MARSELLA E., MOLISSO F., PELOSI N., SACCHI M., TRAMONTANO M.A. (1995) – *Marine Geology of the Salento shelf (Apulia, south Italy). Preliminary results of a multidisciplinary study*. Giornale di Geologia, 57, 17-40.

ALVINO L. (1974) – *Rilevamento costiero e interpretazione idrodinamica dei sedimenti recenti lungo un tratto del litorale di S. Cataldo di Lecce*. Terra d'Otranto, 18, 1-44.

AMBROSANO E., FERRETTI O., FALCINELLI F. (1986) – *Tipologia geomorfologica costiera e caratterizzazione mineralogica dei sedimenti di spiaggia del litorale pugliese*. Indagine Ambientale del Sistema Marino Costiero della Regione Puglia, ENEA, 55-67.

AMINTI P., PRANZINI E. (1993) – *L'erosione e la difesa dei litorali*. In AA. VV., *La difesa dei litorali*, Edizioni delle Autonomie, Roma, 9-24.

BALATA D., PIAZZI L., PICA D., CINELLI F. (2004) – *Influenza della sedimentazione su un popolamento coralligeno Mediterraneo*. XIV Congresso Società Italiana di Ecologia, Siena 4-6 ott., 1-3.

BEACHMED (2007) – *La gestione strategica della difesa dei litorali per uno sviluppo sostenibile delle zone costiere del Mediterraneo*. Interreg IIC.

BEDULLI D., BIANCHI C.N., ZURLINI G., MORRI C. (2006) – *Caratterizzazione biocenotica e strutturale del macrobenthos delle coste pugliesi*. Indagine Ambientale del Sistema Marino Costiero della Regione Puglia, ENEA, 227-255.

BELMONTE G. (2000) – *Blu di Puglia. Ambienti e itinerari sommersi intorno al Salento*. Conte Ed., Lecce, 198 pp.

BIRD E.C.F. (1985) – *Coastlines Changes: a global review*. Wiley, Chichester, 219 pp.

CALDARA M., CENTENARO E., MASTRONUZZI G., SANSÒ P., SERGIO A. (1998) – *Features and present evolution of Apulian Coast (Southern Italy)*. Journal of Coastal Research, 26, 55-64.

CALÒ G., DI PIERRO M., FEDERICO A., MONGELLI G. (1985) – *Caratteri geologici petrografici mineralogici e meccanici dei "Carpari" della provincia di Lecce*. Quarry and Construction, 7 pp.

CAPUTO C., LATINO CHIOCCI F., FERRANTE A., LA MONICA G. B., LANDINI B., PUGLIESE F. (1993) – *La ricostruzione dei litorali in erosione mediante ripascimento artificiale e il problema del reperimento degli inerti*. In AA. VV., *La difesa dei litorali*, Edizioni delle Autonomie, Roma, 122-151.

CAROBENE L. (2003) – *Genesi, età, sollevamento ed erosione dei terrazzi marini di Crosia-Calopezzati (costa ionica della Calabria-Italia)*. Il Quaternario, 16, 43-90.

CAROBENE L., BRAMBATI A. (1975) – *Metodo per l'analisi morfologica quantitativa delle spiagge*. Boll. Soc. Geol. It., 94, 479-493.

CATTANEO A., TRINCARDI F., ASIOLI A., CORREGGIARI A. (2007) – *The Western Adriatic shelf clinoform: energy-limited bottomset*. Continental Shelf Research, 27, 506-525.

CHERUBINI C., MARGIOTTA B., SGURA A., WALSH N. (1987) – *Caratteri geologico-tecnici dei terreni della città di Brindisi*. Mem. Soc. Geol. It., 37, 689-700.

CHERUBINI C., MARGIOTTA B. (1984) – *Caratteristiche geolitologiche e geotecniche dei depositi quaternari di Nardò (Lecce)*. Quad. Centro Studi Geotec. Ingegn., 9, 3-19.

CIARANFI N., PIERI P., RICCHETTI G. (1988) – *Note illustrative alla carta geologica delle Murge e del*

Salento (Puglia centromeridionale). Mem. Soc. Geol. It., 41, 449-460.

CNR (1997) – Atlante delle Spiagge Italiane, Selca Ed.108 tavv.

COPPA M.G., DE CASTRO P., MARINO M., ROSSO A., SANFILIPPO R. (2001) – *The Pleistocene with *Aequipecten opercularis* (Linneo) of “Campo di Mare” (Brindisi, Italy)*. Boll. Soc. Paleont. It., 40, 405-429.

DAL CIN R., SIMEONI U. (1987) – *Processi erosivi e trasporto dei sedimenti nelle spiagge pugliesi fra S. Maria di Leuca e Taranto (Mare Ionio)*. Possibili strategie d'intervento. Boll. Soc. Geol. It., 106, 767-783.

D'ALESSANDRO T., MASSARI F., DAVAUD E., GHIBAUDO G. (2004) – *Pliocene-Pleistocene sequences bounded by subaerial unconformities within foramol ramp calcarenites and mixed deposits (Salento, SE Italy)*. Sedimentary Geology, 166, 89-144.

DAMIANI V., BIANCHI C.N., FERRETTI O., BEDULLI D., MORRI C., VIEL M., ZURLINI G. (1988) – *Risultati di una ricerca ecologica sul sistema marino costiero pugliese*. Thalassia Salentina, 18, 153-169.

DE GIORGI C. (1913) – *La Voce del mare (Sabbie pirosseniche nella rada di San Cataldo ad est di Lecce)*. Lecce, 32 pp.

DELLE ROSE M. (2007a) - *Studi per la previsione delle dinamiche evolutive della costa adriatica ad est di Lecce*. Atti del Convegno “Cambiamenti climatici e rischi geologici in Puglia”, Ordine dei Geologi della Puglia e SIGEA Sezione Puglia, Sannicandro di Bari, 30 novembre 2007. In: Geologi e Territorio, periodico Ordine dei Geologi della Puglia, anno IV, n 3/4-2007, 181-192.

DELLE ROSE M. (2007b) - *Sedimentological features of the Plio-Quaternary Aquifers of Salento (Puglia)*. Memorie descrittive della Carta Geologica d'Italia, vol. 76, Workshop “Development in aquifer sedimentology and groundwater flow studies in Italy”, Parma 2004, 137-145.

DELLE ROSE M. (2008a) - *The Chattian-Messinian Salento super-sequence and its relation with tectonic and paleoclimate*. Riassunti GEOSSED 2008, Bari 23-27 settembre, 44-46.

DELLE ROSE M. (2008b) - *Eustatic-climate versus tectonic control of Pliocene-lower Pleistocene sequence stratigraphic surfaces (Salento, south Italy)*. Riassunti GEOSSED 2008, Bari 23-27 settembre, 47-49.

DELLE ROSE M., FIORITO F. (2000) – *Ipotesi di recupero del territorio di Casalabate (Lecce)*. Economia e Società, 2, 71-81.

DELLE ROSE M., INTERNÒ G. (2004) - *Recognition of landslides and their influence on the human settlement at Montemesola, southern Italy*. Proceedings IX International Symposium on Landslides, Rio de Janeiro (Br), giugno 2004, 399-404.

DELLE ROSE M., MEDAGLI P. (2007) - *The Lower Pleistocene succession of Contrada Torsano (Nardò, Lecce province)*. Thalassia Salentina, 30, 57-79.

DELLE ROSE M., PARISE M. (2004) - *Recognition of landslides and their influence on the human settlement at Montemesola, southern Italy*. Proceedings IX International Symposium on Landslides, Rio de Janeiro (Br), giugno 2004, 399-404.

DE GROOT T.A.M. (1999) – *Climate shifts and coastal changes in a geological perspective. A contribution to integrated coastal management*. Geol. Mijnbouw, 77, 351-361.

ELIA T. (1992) – *Sedimentologia e petrografia dei depositi costieri compresi nel tratto tra Torre Mattarelle (Br) e Torre Chianca (Le)*. Università degli Studi di Parma, tesi di laurea inedita, 126 pp.

ENEA (2007) – *Le piane costiere italiane a rischio allagamento*. Workshop – ENEA per lo studio dei cambiamenti climatici e dei loro effetti, Roma 20 marzo 2007.

FERRETTI O., DELBONO I., FURIA S., BARSANTI M. (2003) – *Elementi di gestione costiera – parte prima*. Tipi morfo-sedimentologici dei litorali italiani, ENEA, 43 pp.

FIERRO G. (2002) – *The scenario of the italian coastal area in the context of the surrounding countries*. In Sian B.C., Sustainable coastal management: a Transatlantic and Euro-Mediterranean Perspective, Kluwer Acc. Publ., 137-140.

GENTILE G.M., MONTERISI L., VENTRELLA N.A. (1996) – *Erosione del litorale adriatico ed arretramento della falesia a sud di Brindisi (Puglia)*. Mem. Soc. Geol. It., 51, 781-791.

ICRAM (2001) – *Studio pilota per l'impatto ambientale connesso allo sfruttamento di depositi sabbiosi sommersi ai fini di ripascimento: il caso Anzio (Roma)*. Fase III/t. Terza campagna monitoraggio.

ICRAM (2002) – *Studio per l'impatto ambientale connesso allo sfruttamento di depositi sabbiosi sommersi ai fini di ripascimento lungo la piattaforma continentale laziale: Area Gaeta*.

IPCC (2007) – *Climate Change 2007: Gli Impatti dei Cambiamenti Climatici, l'Adattamento e la Vulnerabilità*. Sintesi per i decisori politici. Vers. It., 23 pp.

LOIACONO F. (1999) – *Le calcareniti di Punta Penne*. In: Puglia e Monte Vulture, Guide Geologiche Regionali, 9, 273-274.

LOIACONO F. (2007) – *Growth process of a long-lived Pleistocene spit along the Adriatic Coast (Brindisi, Southern Italy)*. Sesto Forum Italiano di Scienze della Terra, Epitome, 2, 401.

LORENZONI C., PERUCCI P., RICCIONI M. (1987) – *Ripascimento artificiale di alcuni litorali marchigiani: criteri di progetto, modalità di esecuzione e conseguente evoluzione delle spiagge*. IV° Colloquio Nazionale AIOM, Ancona, 24 pp.

MARABINI F. (2000) – *Effetti sull'erosione costiera dei fenomeni climatici recenti: l'esempio del litorale nord-adriatico*. Mare e cambiamenti globali, ICRAM, 119-134.

MARGIOTTA B., PALMENTOLA G., DRAGONE S.F. (1983) – *La dinamica del litorale dell'insenatura di Torre dell'Orso, in provincia di Lecce*. Centro Studi geotecnici e di Ingegneria, 8, 3-16.

MARTINIS B. (1967) – *Note geologiche sui dintorni di Casarano e Castro (Lecce)*. Riv. Ital. Paleont., 73, 1297-1380.

MASTRONUZZI G., PALMENTOLA G., RICCHETTI G. (1989) – *Aspetti della evoluzione olocenica della costa pugliese*. Mem. Soc. Geol. It., 42, 287-300.

ORTOLANI F. (2007) – *Cambiamento climatico ed erosione delle spiagge*. Riassunti, Positive Change – Climate European Conference, Positano, 26-28 ottobre 2007, 2 pp.

PAGLIUCA S., ORTOLANI F. (2007) – *Considerazioni sulle modificazioni climatiche e ambientali nel periodo storico e nel prossimo futuro*. In Clima e cambiamenti climatici: le attività di ricerca del CNR, 217-220.

PALAZZO M., RESTA F., CIURLIA S., ACCOGLI M.P., VASANELLI L. (2002) – *Valutazione della variazione della linea di costa mediante immagini telerilevate ad alta definizione. Litorale del comune di Lecce*. Interreg II Italia-Grecia, Università di Lecce.

PARENZAN P. (1983) – *Puglia Marittima*, Con-

gedo Ed., 2 Vol.

PRANZINI E. (2004) – *Difese costiere*. In Istituto Geografico Militare, Italia, Atlante dei Tipi Geografici, 210-212.

REFOLO G., STERPONI L., MOSCHETTINI F., URRUTIA C., CIURLIA S., PERRONE R. (2007) – *Sistema di monitoraggio satellitare delle aree costiere della Provincia di Lecce*. 10a conf. ESRI, Roma, 6 pp.

RICCHETTI G. (1972) – *Osservazioni geologiche e morfologiche preliminari sui depositi quaternari affioranti nel F° 203 Brindisi*. Boll. Soc. Nat. Napoli, 81, 543-566.

RICCHETTI E., POLEMIO M. (1996) – *L'acquifero superficiale del territorio di Brindisi: dati geoidrologici diretti e immagini radar da satellite*. Mem. Soc. Geol. It., 51, 1059-1074.

RICCI LUCCHI F. (1980) – *Sedimentologia*, 3 volumi, Clueb, Bologna.

RUGGIERI G., SPROVIERI R. (1975) – *La definizione dello stratotipo del Piano Siciliano e le sue conseguenze*. Riv. Miner. Sicil., 26, 151-153.

SGRAUSO S. (1986) – *Schema geo-litologico dell'area pugliese adriatico-jonica e contributo detritico dei corsi d'acqua*. Indagine Ambientale del Sistema Marino Costiero della Regione Puglia, ENEA, 27-39.

TADDEI RUGGERO E. (1994) – *Neogene Salento brachiopod palaeocommunities*. Boll. Soc. Paleont. It., 33, 197-213.

TROPEANO M., SPALLUTO L. (2006) – *Present-day temperate-type carbonate sedimentation on Apulia shelves (southern Italy)*. GeoActa, 5, 129-142.

VEIL M., DAMIANI V., SETTI M. (1986) – *Caratteristiche granulometriche e composizione mineralogica dei sedimenti della Piattaforma Pugliese*. Indagine Ambientale del Sistema Marino Costiero della Regione Puglia, ENEA, 127-147.

ZEZZA F. (1969) – *Interpretazione idrodinamica delle strutture sedimentarie nei depositi di spiaggia del litorale adriatico della Puglia*. Geol. Appl. e Idrogeol., 6, 46-62.