

## Caratteri morfo-sedimentologici dei fondali della baia di Torre Canne (Brindisi, Puglia)

Raffaele Annese<sup>1</sup>, Antonio De Marco<sup>2</sup>, Francesco Gianfreda<sup>3</sup>,  
Giuseppe Mastronuzzi<sup>1</sup> e Paolo Sansò<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Dipartimento di Geologia e Geofisica, Università degli Studi, Bari (Italy);

<sup>2</sup> Dipartimento Geomineralogico, Università degli Studi, Bari (Italy);

<sup>3</sup> Geo Data Service s.r.l., Via Schilardi, 16, Maglie (Lecce) (Italy);

<sup>4</sup> Dipartimento di Scienze dei Materiali, Università degli Studi, Lecce (Italy).

### Riassunto

Lo studio dei fondali della baia compresa fra Torre Canne e Torre San Leonardo, lungo la costa adriatica della Puglia, in provincia di Brindisi, ha permesso di riconoscerne le caratteristiche morfo-sedimentarie principali. Esso è stato condotto in tre fasi distinte: il rilevamento subacqueo indiretto mediante strumentazione a bordo di mezzo nautico leggero; rilevamento subacqueo diretto mediante immersioni A.R.A.; analisi dei sedimenti. I fondali mostrano caratteristiche omogenee evidenziate da un'estesa e continua superficie fra il livello del mare e l'isobata 35 m e da un'altra a profondità maggiori di 45 m. L'andamento delle isobate è subparallelo alla linea di riva attuale e la monotonia dei fondali è interrotta da canali orientati verso il largo, proseguimento subacqueo del sistema di *sapping valleys* - localmente dette lame - riconosciuto sulla terraferma.

Vi si riconoscono tre fasce subparallele: la prima, sino alla profondità di 8/12 m, segnata da sabbie medie grossolane e da estesi affioramenti di calcareniti con biocenosi delle alghe fotofile (AP); la seconda, fra gli 8/12 e i 15/17 m di profondità, caratterizzata da prateria di *Posidonia oceanica* (HP) in evidente stato di erosione; la terza, oltre i 16/18 m di profondità, caratterizzata da banchi coralligeni (C).

I sedimenti presenti sui fondali oltre i 5/6 m di profondità mostrano prevalenza delle frazioni di chiara origine biogenica. I sedimenti presenti a profondità minori mostrano il prevalere di materiale proveniente dalla demolizione delle calcareniti in affioramento lungo la costa e di minerali pesanti. La distribuzione dei sedimenti e di alcuni elementi traccianti, rappresentati da sabbie eoliche riconosciute lungo lo *shoreface*, messa in relazione con la diffusa erosione del corpo dunare nelle aree settentrionali della baia, indica una deriva generale diretta da NO verso SE.

Il porto di Torre Canne appare in evidente fase di interrimento ad opera di sedimenti fini lì intrapolati a seguito della rifrazione del moto ondoso proveniente dai quadranti settentrionali e della deriva secondaria da SE.

**Parole chiave:** rilevamento subacqueo, morfologia costiera, dinamica costiera, Puglia, Italia.

### Abstract

*This paper represents the results of a survey performed in the Torre Canne – Torre San Leonardo Bay (Brindisi) with the aim to reconstruct its present features and dynamics. Batimetric, morphological and sedimentological surveys have been performed by light motor boat, scuba divers and sedimentary analyses.*

The bottom of the bay is characterised by isobathes running about parallel to the shoreline. Two flat surfaces, between 0 and 35 meters depth and more 45 meters depth, are recognisable. Some channels cut the first one; they represent the submarine continuation of a continental network of "sapping valleys" which locally are named "lame".

The bottom is characterised by biocoenosis of the photophilic algae (AP) on calcarenitic substrata and by medium – coarse sands between 0 and 8/12 m depth; by biocoenosis of *Posidonia oceanica* (HP) between 8/12 and 15/17 meters depth; by rich coralligenous biocoenosis (C) over the 16/18 meters depth. At more than 5/6 meters depth sediments are represented by medium – coarse sands which show a biological source predominance; on the shoreface there are fine sands – rich in heavy mineral – coming from calcarenitic outcropping and dune belt erosion. The presence along the shoreface of aeolian sands coming from dune belt in strong erosion (in the NW area of the bay) suggests drifting from NW to SE. The Torre Canne harbour is filling with fine sands; the phenomena is due to the refraction and to the decreasing in energy of N/NW waves and to the local drifting from SE.

**Keywords:** submarine survey, coastal morphology, coastal dynamic, Apulia, Italy

## Introduzione

La baia fra Torre Canne e Torre San Leonardo, a cavallo dei territori di Ostuni e di Fasano, in provincia di Brindisi, conserva caratteristiche naturali anomale in un quadro regionale caratterizzato da aree costiere oggetto di pressione antropica articolata esercitata da centri urbani, industriali e turistici, spesso non controllati da strumenti pianificatori adeguati. Nonostante la S.S.379 la tagli in tutta la sua lunghezza, le aree non ancora urbanizzate in tutta la baia fra Torre Canne e Torre San Leonardo definiscono ambienti costieri di elevato interesse naturalistico e paesaggistico. Il valore che rappresenta è tale che essa è stata definita: "area avente preminente interesse naturalistico, nonché ambientale e paesaggistico" (Legge Regionale n.19 del 24/07/1997, Boll. Uff. della Regione Puglia del 30/07/1997).

Il complesso sistema rappresentato dalla spiaggia, dalle dune e dall'apparato retrodunare è, però, in evidente fase di stress. Buona parte del cordone dunare è in erosione, anche a causa della forte pressione antropica, diretta ed indiretta, esercitata nell'ultimo cinquantennio tanto nell'ambiente emerso che in quello sommerso (Simeoni 1992; Simeoni e Bondesan, 1997; Sansò et al., 2000; Mastronuzzi et al., 2002).

Scarse sono, in letteratura, le informazioni derivanti dallo studio relativo alla dinamica di questa spiaggia sommersa e all'azione marina lungo la costa (Dal Cin e Simeoni, 1995).

Questo lavoro si propone di: a) descrivere la morfologia dei fondali prospicienti l'ampia baia fra Torre San Leonardo e Torre Canne; b) caratterizzarne i sedimenti; c) definire la dinamica morfosedimentaria dei fondali e il trasporto litorale.

## Inquadramento geologico e morfologico

Il tratto di costa in esame è caratterizzato da un'ampia baia che ospita una spiaggia sabbiosa, limitata verso terra da cordoni dunari; essa si prolunga per circa 6 km a cavallo dei territori di Fasano e di Ostuni, lungo la fascia costiera modellata ai piedi dell'Altopiano delle Murge. La baia è compresa tra le punte rocciose su cui sorgono Torre San Leonardo, a SE, e l'abitato di Torre Canne, a NO, ed è caratterizzata da depositi marini del Pleistocene superiore e dell'Olocene, poggiati sulla calcarenite di Gravina, qui del Pleistocene inferiore (Fig.1).

Dal punto di vista morfologico la spiaggia presenta i caratteri di una *stationary barrier* (Mastronuzzi e Sansò, 2002a). Dal punto di vista morfodinamico essa è una *pocket beach*, priva di significativi apporti sedimentari diretti dall'entroterra (Di Muccio e Mastronuzzi, 2000). Essa deve la sua conformazione a più fasi morfogenetiche che hanno prodotto la sovrapposizione di più depositi eolici e marini nel corso dell'Olocene (Mastronuzzi et al., 2001; Mastronuzzi e Sansò, 2002a).

La sovrapposizione dei depositi eolici di differenti generazioni definisce un cordone allungato in direzione NO-SE, grossomodo parallelo alla linea di costa; esso raggiunge la massima quota di circa 10 metri nella parte centro-meridionale della baia. La fascia retrostante le dune è colmata da depositi sabbioso-limosi colluviali retrodunari di spessore massimo di una decina di metri. In essi è ospitata la falda superficiale di acqua dolce sospesa sull'acqua di intrusione marina, il cui affioramento definisce la presenza di stagni retrodunari. Questi fanno parte di tre importanti zone umide di alto valore ecologico. Il deposito della spiaggia attuale ha uno spessore che si assottiglia da Nord verso Sud da un massimo di 8 metri sino a permettere l'affioramento dei depositi olocenici e pleistocenici sulla battigia; sui fondali, verso il largo, esso diviene esiguo e consente alle calcareniti di affiorare in più punti (Schinaia, 2001).

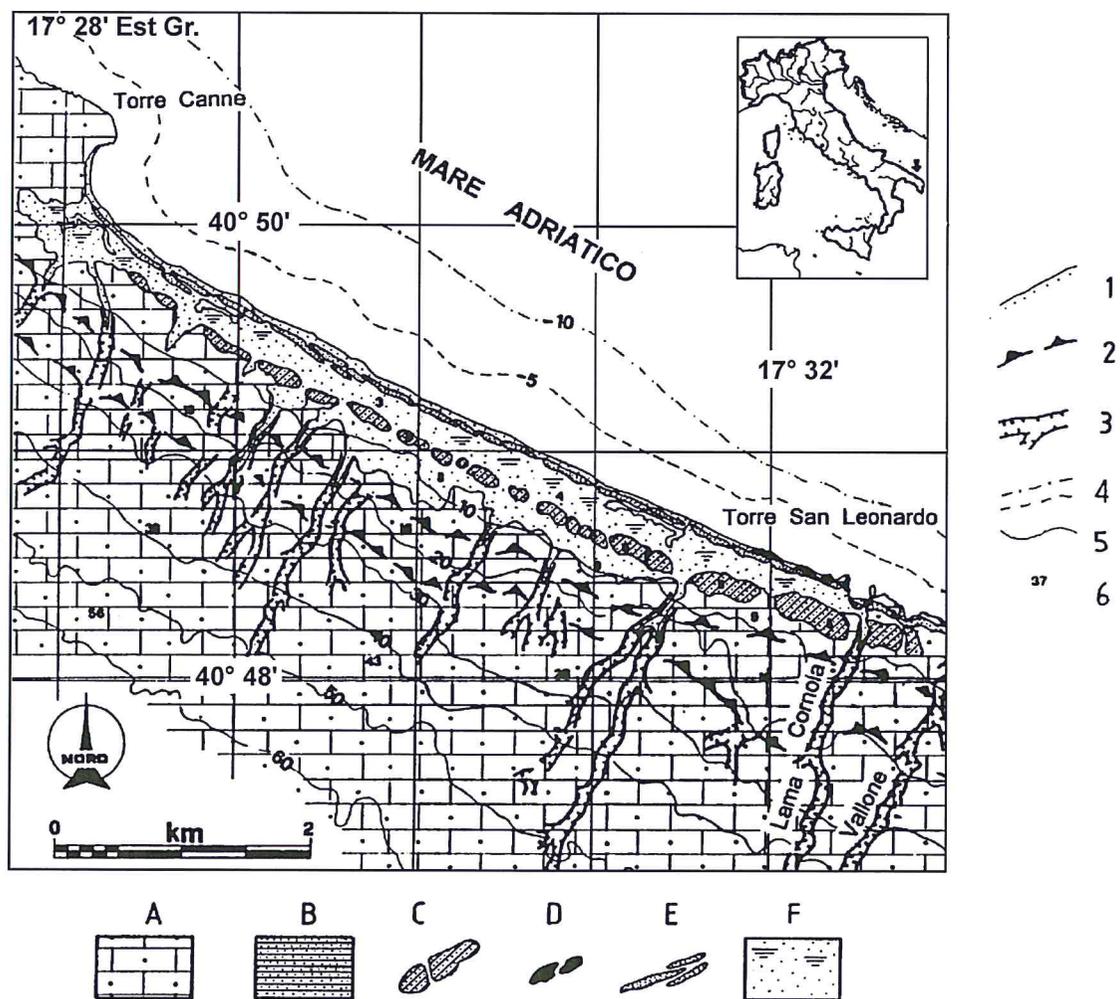


Figura 1 - Schizzo geomorfologico della baia di Torre Canne e dell'immediato entroterra. A) *Calcareniti di Gravina*; B) *panchina Tirreniana*; C) cordone dunare Tirreniano; D) cordone dunare medio olocenico; E) cordone dunare greco-romano; F) depositi di retrospiaggia e di laguna; 1) spiaggia sabbiosa; 2) falesia abbandonata; 3) *sapping valleys (lame)*; 4) isobate; 5) isopse; 6) quote (da Mastronuzzi et al., 2001; mod.).

## Materiali e metodi

Il rilevamento indiretto dei fondali è stato effettuato utilizzando un gommone NOVAMARINE HD ONE allestito con sistema di navigazione/GPS SIMRAD CE 32, integrato con computer Panasonic CF27, ecoscandaglio tridimensionale Humminbird, sistema VHF in collegamento con stazione GPS fissa a terra. Il rilevamento GPS è stato condotto in modalità cinematica “continua” (Ciavola et al., 2000); con questa tecnica sono stati tracciati a mare dei transetti secondo rotte perpendicolari e parallele alla linea di riva. In tal modo si è assicurata la copertura e il rilevamento in dettaglio dell'intera area in esame, dalla linea di riva fino all'isobata 20 m. Con la stessa apparecchiatura sono stati eseguiti tre profili batimetrici, lunghi circa 7 km, fino all'isobata 70 m. I dati numerici rilevati con apposito software Nmea Logger e sono stati gestiti mediante un progetto sviluppato in ambiente GIS; al fine di elaborare una carta delle isobate è stato necessario utilizzare un appropriato software della ESRI (ArcViewGIS ®). La caratterizzazione morfologica dei fondali è stata completata per mezzo di un rilevamento subacqueo diretto condotto durante campagne di immersioni puntuali e per transetti. La squadra, composta da tre operatori subacquei, ha effettuato una serie di 23 immersioni con A.R.A. (19 punti e 4 transetti). Il rilevamento è stato svolto modificando la tecnica a “schema circolare” utilizzata dal reparto O.S.S.A.L.C. - Operatori del Servizio di Sicurezza Abilitati al Lavoro in Carena - delle unità navali della Marina Militare Italiana per la ricerca e il recupero (Abbo, 1997) (Fig. 2).

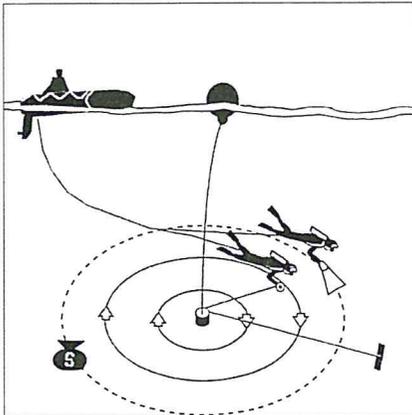


Figura 2 - Tecnica di rilevamento subacqueo adottata sul modello O.S.S.A.L.C. (da Abbo, 1997; modif.).

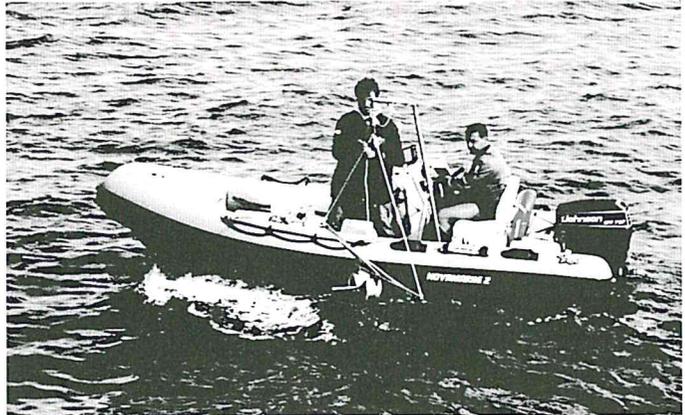


Figura 3 - Il gommone allestito per il campionamento dei sedimenti.

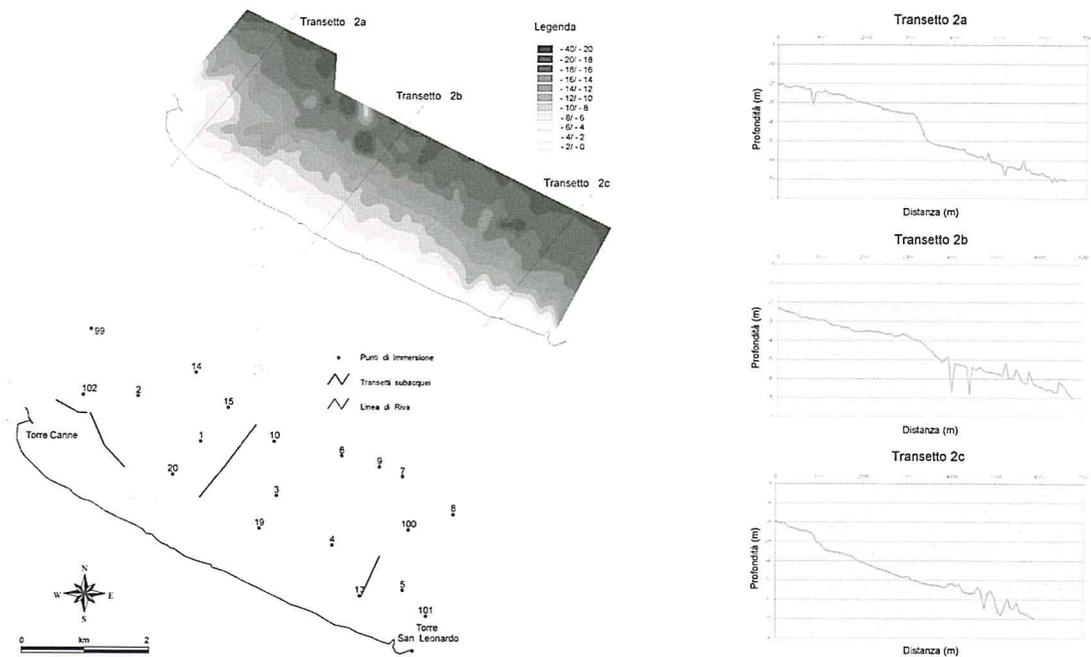
I quattro transetti, invece, sono stati rilevati secondo rotte lineari utilizzando un sistema di navigazione subacquea asservibile a computer subacqueo secondo il metodo dell' I.S.S.D. – International School for Scientific Diving (Abbiati, 1991). La campagna di campionamento dei sedimenti dei fondali prospicienti la baia tra Torre San Leonardo e Torre Canne è stata effettuata utilizzando il gommone allestito con il sistema di navigazione/GPS, sistema VHF, bigo di carico, benna Van Wen, box corer, carotiere a gravità, carotiere a mano, contimetri digitale (Fig. 3). I campionamenti sono stati effettuati secondo rotte perpendicolari alla linea di riva e in siti equidistanti preventivamente identificati ed impostati sul sistema di navigazione. Sono stati raccolti complessivamente 110 campioni di sedimento, dalla linea di riva fino all'isobata 20 m: fra la linea di riva e l'isobata 2 m è stato utilizzato un box corer, mentre fra -2 e -20 metri è stata utilizzata la benna tipo Van Wen.

Entrambi i sistemi di campionamento, pur comportando la perdita di una parte della componente più minuta del sedimento, mostrano il vantaggio di disporre di una quantità significativa e quindi più rappresentativa nella fase di quartatura.

## La carta morfobatimetrica

La carta morfobatimetrica dei fondali (Fig. 4) mostra che la conformazione della linea di costa attuale si riflette nella morfologia dei fondali, in quanto le isobate presentano nel complesso un andamento regolare, sub-parallelo all'attuale linea di riva. Nei fondali prospicienti Torre San Leonardo le isobate sono più ravvicinate e indicano una maggiore pendenza relativa del profilo di spiaggia sommersa, rispetto ai fondali antistanti l'abitato di Torre Canne. In alcuni tratti le isobate mostrano un andamento frastagliato che indica solchi, a fianchi poco acclivi, allungati verso il largo: il sistema più marcato è situato a SE del porto di Torre Canne, con asse principale diretto EO. Questi solchi, affogati dal sedimento, sono ciò che resta e la diretta prosecuzione delle *sapping valleys* - localmente dette lame - che scendono a mare dall'Altopiano delle Murge (Mastronuzzi e Sansò, 2002b).

I transetti batimetrici condotti sino all'isobata 70 m mostrano con chiarezza la presenza di un'ampia superficie fra il livello medio del mare e l'isobata 35 m. Ad una piccola scarpata segue quindi un'altra superficie che da circa 45 metri di profondità si spinge con pendenza circa costante sin'oltre il limite del rilievo (Fig. 4).



**Figura 4** – Carta morfobatimetrica e transetti dei fondali della baia di Torre Canne - Torre San Leonardo. In basso a sinistra sono riportati i punti di immersione e i transetti subacquei.

Il rilevamento diretto, in immersione, dei fondali prospicienti la baia di Torre San Leonardo - Torre Canne ha permesso di implementare il rilievo indiretto con il dettaglio dei caratteri morfologici dei fondali, la distribuzione dei sedimenti e degli affioramenti rocciosi, la mappatura di massima delle comunità bentoniche e delle strutture biogene che hanno colonizzato il fondale (come la *mattes* di *Posidonia* e il coralligeno), tutte possibili fonti di rifornimento di materiale bioclastico.

Dalla linea di riva fino alla massima profondità di 35 metri è possibile riconoscere tre zone, caratterizzate da differenti biocenosi (Pérès e Picard, 1964; Pérès, 1997), le quali seguono un andamento regolare, subparallelo alla linea di costa (Fig.5):

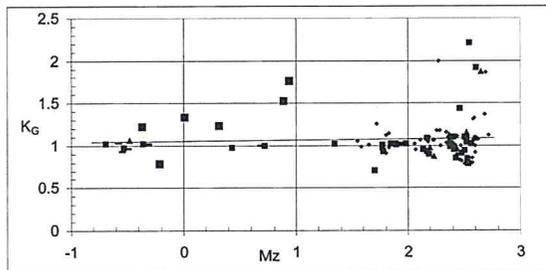
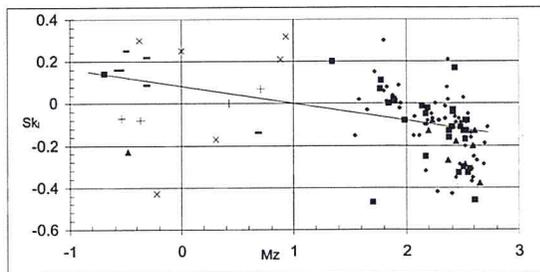
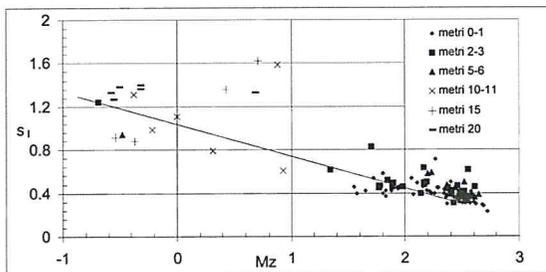
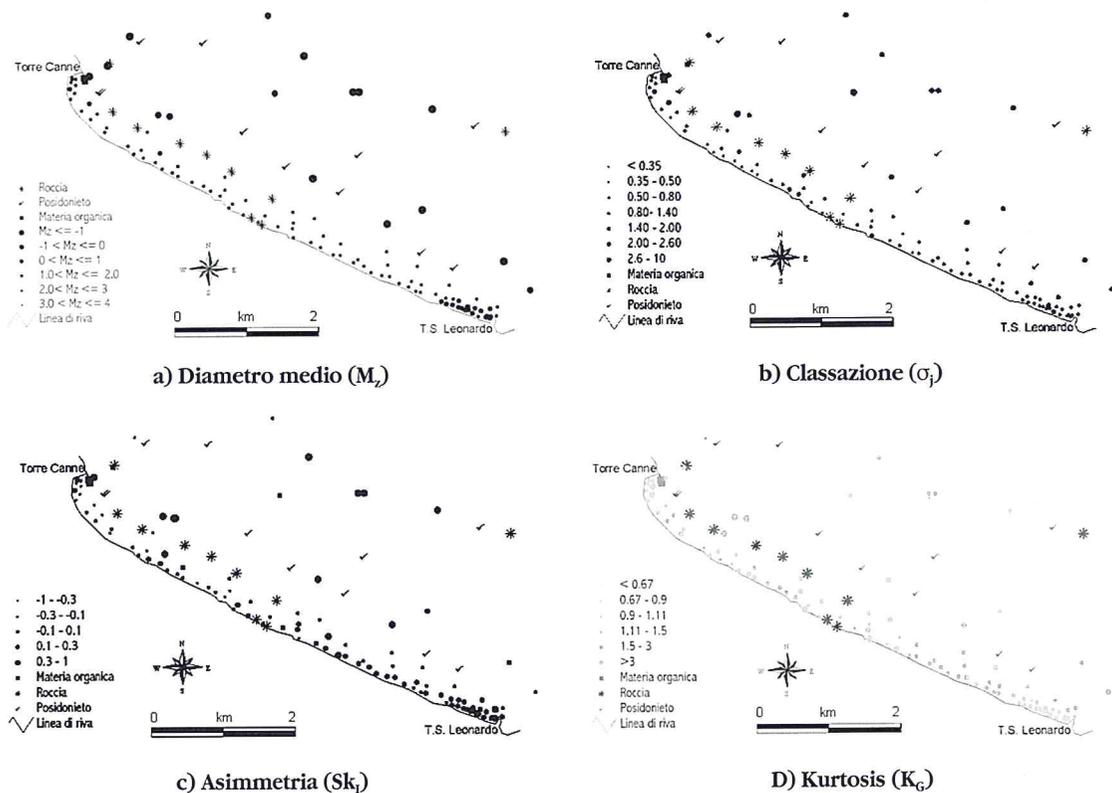


Figura 5 - Carte della distribuzione dei caratteri granulometrici dei sedimenti (a,b,c,d) e diagrammi di relazione tra diametro medio dei sedimenti e classazione, asimmetria e kurtosis con riferimento alle profondità dei campioni.

- fra il livello del mare e una fascia compresa fra -8 e -12 m, fondo a sabbia nuda medio-fine ben classata, direttamente esposta all'azione del moto ondoso, nel complesso priva di copertura algale (rade coperture a *Padina pavonica* (L.) THIVY, *Acetabularia acetabulum* (L.) SILVA e *Cymodocea nodosa* (UCARIA) ARESHOUG), con discontinui affioramenti calcarenitici estesi sino 500 m<sup>2</sup> coperti dalla comunità della biocenosi delle alghe fotofile (AP);
- fra gli 8 e i 12 m di profondità e il limite inferiore a circa -15/ -17 m, fondo con biocenosi della *Posidonia oceanica* (L.) DELILE - HP -, *mattes* morte e sabbia bioclastica medio-grossolana moderatamente classata concentrata nei canali intramattes e nelle radure del posidonieto. In alcuni siti di immersione si è proceduto ad un'analisi speditiva della densità fogliare: i dati ottenuti nei rilevamenti pongono la prateria studiata nello Stadio IV - prateria molto rada - della classificazione di Giraud (1977). Considerando che in più punti si riconoscono estese terrazzette di *mattes* morta spesse sino a 50/70 cm, canali intramattes e radure, si è potuto constatare che nel complesso il posidonieto si presenta in una fase di forte stress (Fig.6a);
- fra i -16 e -18 sino oltre -30 m<, formazioni della biocenosi del coralligeno (C) con fondo a sabbia bioclastica grossolana poco classata verso il largo arricchita di componente siltosa. Organizzati in formazioni tabulari, fortemente frastagliate ed irregolari, i banchi di coralligeno si innalzano per circa un metro dal fondale e sono caratterizzati dalla diffusa presenza di colonie globulari di *Cladocora coespitosa* (L.). Sul fondale si depositano detriti organogeni attuali e sub-fossili che derivano dal disfacimento dei banchi di coralligeno ad opera delle correnti di compensazione (Fig. 5b).

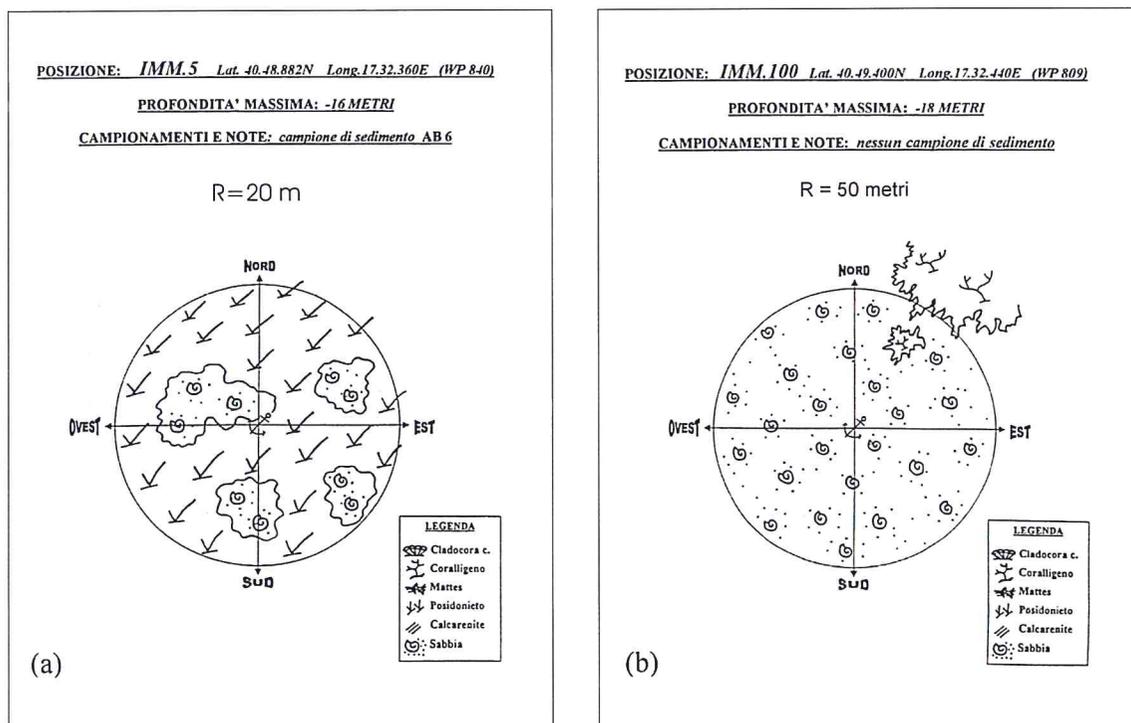


Figura 6 – Esempio di scheda di rilevamento diretto in immersione sul posidonieto (a: IMM.5: -16m) e sul coralligeno (b: IMM.6: -18m).

### I sedimenti dei fondali

I caratteri tessiturali del sedimento sono stati determinati attraverso analisi granulometrica per setacciamento in undici classi intervallate di 1/4 φ. I dati ottenuti sono stati poi sintetizzati con il calcolo di quattro parametri grafici,  $M_z$ ,  $\sigma_1$ ,  $Sk_1$  e  $K_G$ , utilizzando le formule di Folk e Ward (1957) (Tab.1). Le percentuali in peso delle otto classi dimensionali, insieme ai parametri grafici e al valore della pro-

fondità di prelievo, sono state poi sottoposte ad un trattamento statistico generale e settoriale calcolando i coefficienti di *correlazione lineare semplice*  $r$  di Pearson e Hartley (1969) riportati in matrici triangolari (Tab. 2). I campioni analizzati sono rappresentati da *sabbie da molto grossolane a fini*,

**Tabella 1 – Tabella complessiva dei campioni esaminati.**

Campio- ne	Prof. (m)	Mz	$\sigma_1$	$Sk_1$	$K_G$	Campio- ne	Prof. (m)	Mz	$\sigma_1$	$Sk_1$	$K_G$
<b>TK1</b>	2.4	2.14	0.40	-0.01	0.95	<b>TK55</b>	0.8	2.16	0.46	-0.10	1.08
<b>TK2</b>	2	1.90	0.49	0.01	1.01	<b>TK56</b>	0.9	2.18	0.47	-0.10	1.04
<b>TK3</b>	2	1.78	0.47	0.11	0.93	<b>TK57</b>	0.9	2.19	0.42	-0.08	1.10
<b>TK4</b>	2	1.77	0.47	0.07	1.01	<b>TK58</b>	0.9	2.28	0.45	-0.08	1.18
<b>TK5</b>	2.2	1.98	0.46	-0.08	1.02	<b>TK59</b>	0.9	2.37	0.38	0.02	1.07
<b>TK6</b>	2.2	1.89	0.46	0.02	1.02	<b>TK60</b>	0.7	2.23	0.40	-0.07	1.07
<b>TK7</b>	2.2	1.85	0.52	0.00	1.02	<b>TK61</b>	0.9	2.29	0.45	-0.08	1.00
<b>TK8</b>	2.2	1.77	0.45	0.07	0.98	<b>TK62</b>	0.6	2.34	0.40	-0.01	1.03
<b>TK9</b>	2.4	2.19	0.50	-0.02	0.90	<b>TK63</b>	0.8	2.36	0.36	0.08	1.10
<b>TK10</b>	2.4	2.17	0.49	-0.05	0.93	<b>TK64</b>	0.9	2.37	0.30	0.21	0.98
<b>TK11</b>	2.4	2.41	0.41	-0.04	0.99	<b>TK65</b>	0.9	2.26	0.40	0.00	1.18
<b>TK12</b>	2	2.38	0.45	-0.13	0.99	<b>TK66</b>	0.9	2.48	0.32	-0.09	0.82
<b>TK13</b>	1.8	2.41	0.39	-0.03	0.95	<b>TK67</b>	0.8	2.27	0.71	-0.42	1.99
<b>TK14</b>	2.2	2.48	0.37	-0.11	0.91	<b>TK68</b>	0.9	2.34	0.43	-0.07	1.15
<b>TK15</b>	2.1	2.50	0.36	-0.13	0.94	<b>TK69</b>	0.8	2.44	0.36	-0.09	0.90
<b>TK16</b>	2.1	2.38	0.44	-0.16	1.02	<b>TK70</b>	0.7	2.57	0.31	-0.14	0.85
<b>TK17</b>	2.2	2.43	0.31	0.17	0.85	<b>TK71</b>	0.9	2.50	0.31	0.03	0.79
<b>TK18</b>	2.1	2.54	0.33	-0.08	0.79	<b>TK72</b>	1.0	2.69	0.28	-0.19	1.86
<b>TK19</b>	1.8	2.53	0.35	-0.13	0.84	<b>TKN72</b>	0.4	2.51	0.35	-0.16	0.93
<b>TK20</b>	2.2	2.40	0.42	-0.11	1.10	<b>TK73</b>	0.8	2.46	0.34	-0.07	0.83
<b>TK21</b>	2.2	2.46	0.47	-0.33	1.43	<b>TK74</b>	0.9	2.17	0.63	-0.32	0.92
<b>TK22</b>	1.8	2.17	0.63	-0.25	1.09	<b>TK75</b>	1.1	2.06	0.54	-0.15	1.02
<b>TK23</b>	2	2.52	0.39	-0.08	1.04	<b>TK76</b>	0.9	2.11	0.49	-0.15	1.07
<b>TK24</b>	1.9	1.34	0.62	0.20	1.02	<b>TK77</b>	1.0	2.40	0.50	-0.43	1.03
<b>TK25</b>	2.1	2.56	0.37	-0.31	1.02	<b>TK78</b>	1.0	2.68	0.29	-0.29	1.37
<b>TK26</b>	2.3	2.52	0.41	-0.17	1.10	<b>TK79</b>	1.1	2.72	0.23	-0.11	1.12
<b>TK27</b>	2.1	2.50	0.41	-0.30	1.10	<b>TK80</b>	1.1	2.60	0.32	-0.25	1.00
<b>TK28</b>	2.2	1.70	0.83	-0.47	0.71	<b>RA1</b>	0.1	2.43	0.36	-0.06	0.87
<b>TK29</b>	2.1	2.55	0.62	-0.33	2.21	<b>RA2</b>	0.1	2.57	0.35	-0.16	0.80
<b>TK30</b>	2	2.61	0.46	-0.46	1.92	<b>TK81</b>	0.7	2.55	0.33	-0.05	0.81
<b>TK31</b>	3	-0.69	1.24	0.14	1.02	<b>TK82</b>	0.2	2.53	0.31	-0.09	0.86
<b>TK32</b>	5.5	-0.48	0.94	-0.23	1.06	<b>TK83</b>	1.0	2.62	0.30	-0.27	1.08

Campio- ne	Prof. (m)	Mz	$\sigma_1$	$Sk_1$	$K_G$	Campio- ne	Prof. (m)	Mz	$\sigma_1$	$Sk_1$	$K_G$
<b>TK33</b>	4.9	2.65	0.39	-0.38	1.87	<b>TK84</b>	1.0	2.52	0.33	-0.20	0.86
<b>TK34</b>	4.6	2.61	0.36	-0.13	1.09	<b>TK85</b>	1.0	2.58	0.41	-0.37	1.31
<b>TK35</b>	4.9	2.37	0.48	-0.27	1.12	<b>TK86</b>	1.0	2.60	0.32	-0.20	0.92
<b>TK36</b>	5.5	2.59	0.38	-0.20	1.09	<b>TK87</b>	1.0	2.47	0.41	-0.29	1.00
<b>TK37</b>	5.5	2.52	0.50	-0.29	1.15	<b>TK88</b>	1.0	2.59	0.39	-0.35	1.32
<b>TK38</b>	5.2	2.20	0.58	-0.13	0.97	<b>TK89</b>	1.0	1.65	0.42	-0.03	1.01
<b>TK39</b>	5.1	2.23	0.59	-0.08	0.88	<b>TK90</b>	1.0	2.58	0.36	-0.31	1.05
<b>TK40</b>	5.2	2.44	0.45	-0.18	0.96	<b>TK91</b>	11.0	0.31	0.79	-0.17	1.25
<b>TK41</b>	0.9	1.58	0.40	0.02	0.99	<b>TK93</b>	10.4	0.00	1.11	0.25	1.34
<b>TK42</b>	0.15	1.88	0.42	0.04	1.02	<b>TK96</b>	10.2	0.93	0.61	0.32	1.77
<b>TK43</b>	0.9	1.80	0.40	0.06	1.12	<b>TKN69</b>	10.0	-0.22	0.99	-0.43	0.80
<b>TK44</b>	1	2.07	0.39	-0.06	0.95	<b>TKN70</b>	10.0	-0.38	1.31	0.30	1.23
<b>TK45</b>	1	1.72	0.54	0.15	1.26	<b>TKN71</b>	10.0	0.88	1.59	0.21	1.54
<b>TK46</b>	1	1.94	0.44	-0.02	1.01	<b>AB 0</b>	20.0	-0.32	1.37	0.22	1.02
<b>TK47</b>	0.8	1.89	0.47	0.01	1.01	<b>AB1</b>	20.0	0.68	1.33	-0.14	1.00
<b>TK48</b>	0.8	1.83	0.42	0.01	0.98	<b>AB2</b>	20.0	-0.50	1.38	0.25	0.96
<b>TK49</b>	0.8	1.83	0.37	0.08	1.14	<b>AB3</b>	20.0	-0.55	1.27	0.16	0.93
<b>TK50</b>	0.8	1.95	0.46	0.00	1.02	<b>AB4</b>	20.0	-0.32	1.40	0.09	1.01
<b>TK51</b>	1.2	1.93	0.45	0.09	1.02	<b>AB5</b>	20.0	-0.58	1.33	0.16	1.03
<b>TK52</b>	0.15	1.55	0.46	-0.15	1.05	<b>AB6</b>	15.0	-0.37	0.88	-0.08	1.03
<b>TK53</b>	0.9	2.44	0.46	-0.35	1.11	<b>AB7</b>	15.0	-0.54	0.92	-0.07	0.99
<b>TK53B</b>	1.1	1.80	0.58	0.30	0.91	<b>AB9</b>	15.0	0.71	1.62	0.07	1.01
<b>TK54</b>	1	2.22	0.41	-0.05	1.07	<b>AB11</b>	15.0	0.43	1.36	0.00	0.99

eccezionalmente ben lavate, ovvero sostanzialmente prive nel complesso della componente siltos-argillosa, non solo in prossimità della linea di riva, ma anche alle batimetrie maggiori fino a 20 metri di profondità. Le sabbie presentano valori di classazione molto variabili, da molto *ben classate a poco classate*; le curve di frequenza sono essenzialmente unimodali, mostrano perfetta simmetria o asimmetria negativa, e kurtosis con valori *mesocurtici* o *platocurtici*.

La distribuzione del diametro medio (Mz) dei campioni (Fig.5a) mostra che l'aumento delle dimensioni medie dei granuli avviene in relazione alla profondità, ma anche lungo costa. E' possibile, infatti, notare nel complesso una concentrazione di valori mediamente alti nella zona sud, verso Torre San Leonardo, mentre i tratti di costa della zona centrale della baia e in prossimità di Torre Canne presentano valori medio-bassi. Le relazioni tra il diametro medio e gli altri parametri grafici, tenendo conto della batimetria, mostrano una tendenza delle sabbie a raggiungere un cattivo grado di classazione all'aumentare della granulometria e della profondità, evidenza testimoniata dalla pendenza negativa della retta di regressione.

Si è ottenuta quindi una matrice di correlazione complessiva che ha messo in evidenza l'esistenza di tre gruppi fortemente in antitesi tra loro:

- il primo gruppo comprende le frazioni  $-3 \div 1 \varphi$ ;
- il secondo gruppo è costituito dalla frazione  $1 \div 2 \varphi$ ;
- il terzo gruppo comprende le frazioni  $2 \div 4 \varphi$ .

**Tabella 2 - Matrici di correlazione calcolate nelle tre zone.**

		ZONA I (NORD-OVEST)												(a)
		N=36 campioni												
1	Mz	1.00												
2	1	<b>-0.86</b>	1.00											
3	SkI	<b>-0.47</b>	<b>0.42</b>	1.00										
4	Kg	<b>0.12</b>	<b>0.02</b>	<b>-0.06</b>	1.00									
5	Depth	<b>-0.72</b>	<b>0.82</b>	<b>0.39</b>	<b>0.09</b>	1.00								
6	%-3/-2	<b>-0.77</b>	<b>0.61</b>	<b>0.36</b>	<b>-0.11</b>	<b>0.41</b>	1.00							
7	%-2/-1	<b>-0.68</b>	<b>0.78</b>	<b>0.55</b>	<b>0.03</b>	<b>0.58</b>	<b>0.68</b>	1.00						
8	%-1/0	<b>-0.74</b>	<b>0.60</b>	<b>0.31</b>	<b>-0.12</b>	<b>0.51</b>	<b>0.87</b>	<b>0.61</b>	1.00					
9	%0/1	<b>-0.56</b>	<b>0.60</b>	<b>0.31</b>	<b>0.20</b>	<b>0.53</b>	<b>0.28</b>	<b>0.51</b>	<b>0.51</b>	1.00				
10	%1/2	<b>-0.17</b>	<b>0.60</b>	<b>0.60</b>	<b>-0.10</b>	<b>0.07</b>	<b>-0.12</b>	<b>-0.14</b>	<b>-0.09</b>	<b>0.21</b>	1.00			
11	%2/3	<b>0.78</b>	<b>0.10</b>	<b>-0.65</b>	<b>-0.03</b>	<b>-0.61</b>	<b>-0.60</b>	<b>-0.68</b>	<b>-0.72</b>	<b>-0.85</b>	<b>-0.43</b>	1.00		
12	%3/4	<b>0.61</b>	<b>-0.52</b>	<b>-0.69</b>	<b>0.30</b>	<b>-0.38</b>	<b>-0.41</b>	<b>-0.46</b>	<b>-0.45</b>	<b>-0.54</b>	<b>-0.53</b>	<b>0.72</b>	1.00	
13	%>4	<b>-0.21</b>	<b>0.13</b>	<b>0.10</b>	<b>-0.21</b>	<b>0.22</b>	<b>0.10</b>	<b>0.32</b>	<b>0.30</b>	<b>0.24</b>	<b>-0.16</b>	<b>-0.24</b>	<b>-0.02</b>	1.00
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

\* i valori in grassetto rappresentano un errore dell'1% (>0,52)

		ZONA II (CENTRO)												(b)
		N=36 campioni												
1	Mz	1.00												
2	1	<b>-0.86</b>	1.00											
3	SK1	<b>-0.53</b>	<b>0.55</b>	1.00										
4	Kg	<b>-0.06</b>	<b>0.16</b>	<b>0.19</b>	1.00									
5	Prof.	<b>-0.96</b>	<b>0.90</b>	<b>0.63</b>	<b>0.09</b>	1.00								
6	%-3/-2	<b>-0.82</b>	<b>0.74</b>	<b>0.53</b>	<b>-0.10</b>	<b>0.90</b>	1.00							
7	%-2/-1	<b>-0.75</b>	<b>0.83</b>	<b>0.60</b>	<b>0.17</b>	<b>0.79</b>	<b>0.95</b>	1.00						
8	%-1/0	<b>-0.78</b>	<b>0.64</b>	<b>0.46</b>	<b>-0.09</b>	<b>0.81</b>	<b>0.98</b>	<b>0.96</b>	1.00					
9	%0/1	<b>-0.52</b>	<b>0.60</b>	<b>0.63</b>	<b>0.55</b>	<b>0.54</b>	<b>0.89</b>	<b>0.95</b>	<b>0.94</b>	1.00				
10	%1/2	<b>-0.10</b>	<b>0.03</b>	<b>0.16</b>	<b>0.17</b>	<b>-0.02</b>	<b>0.87</b>	<b>0.91</b>	<b>0.91</b>	<b>0.96</b>	1.00			
11	%2/3	<b>0.79</b>	<b>-0.77</b>	<b>-0.68</b>	<b>-0.32</b>	<b>-0.78</b>	<b>0.85</b>	<b>0.89</b>	<b>0.89</b>	<b>0.94</b>	<b>1.00</b>	1.00		
12	%3/4	<b>0.64</b>	<b>-0.53</b>	<b>-0.68</b>	<b>-0.04</b>	<b>-0.59</b>	<b>0.85</b>	<b>0.90</b>	<b>0.90</b>	<b>0.95</b>	<b>0.89</b>	<b>1.00</b>	1.00	
13	%>4	<b>-0.06</b>	<b>0.09</b>	<b>-0.11</b>	<b>-0.21</b>	<b>-0.01</b>	<b>0.78</b>	<b>0.83</b>	<b>0.86</b>	<b>0.90</b>	<b>0.88</b>	<b>0.89</b>	<b>0.90</b>	1.00
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

\* i valori in grassetto rappresentano un errore dell'1% (>0,52)

		ZONA III (SUD-EST)												(c)
		N=38 campioni												
1	Mz	1.00												
2	1	<b>-0.89</b>	1.00											
3	SK1	<b>-0.50</b>	<b>0.37</b>	1.00										
4	Kg	<b>0.07</b>	<b>0.09</b>	<b>-0.53</b>	1.00									
5	Prof.	<b>-0.95</b>	<b>0.91</b>	<b>0.46</b>	<b>-0.12</b>	1.00								
6	%-3/-2	<b>-0.98</b>	<b>0.90</b>	<b>0.54</b>	<b>-0.11</b>	<b>0.97</b>	1.00							
7	%-2/-1	<b>-0.95</b>	<b>0.84</b>	<b>0.40</b>	<b>0.09</b>	<b>0.90</b>	<b>0.98</b>	1.00						
8	%-1/0	<b>-0.98</b>	<b>0.84</b>	<b>0.45</b>	<b>-0.11</b>	<b>0.93</b>	<b>0.98</b>	<b>0.99</b>	1.00					
9	%0/1	<b>-0.89</b>	<b>0.92</b>	<b>0.37</b>	<b>-0.07</b>	<b>0.89</b>	<b>0.93</b>	<b>0.97</b>	<b>0.96</b>	1.00				
10	%1/2	<b>0.12</b>	<b>0.03</b>	<b>-0.14</b>	<b>0.26</b>	<b>-0.21</b>	<b>0.87</b>	<b>0.94</b>	<b>0.92</b>	<b>0.99</b>	1.00			
11	%2/3	<b>0.98</b>	<b>-0.94</b>	<b>-0.41</b>	<b>0.00</b>	<b>-0.95</b>	<b>0.85</b>	<b>0.92</b>	<b>0.90</b>	<b>0.98</b>	<b>0.99</b>	1.00		
12	%3/4	<b>0.38</b>	<b>-0.23</b>	<b>-0.29</b>	<b>-0.06</b>	<b>-0.12</b>	<b>0.86</b>	<b>0.93</b>	<b>0.91</b>	<b>0.98</b>	<b>0.99</b>	<b>0.99</b>	1.00	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	



Questi tre gruppi possono costituire tre popolazioni elementari distinte e indicare i differenti tipi di sabbie di cui è costituita oggi la spiaggia sommersa di Torre Canne - Torre San Leonardo: le singole popolazioni sono state indicate nel grafico delle percentuali complessive (Fig.7).

La distribuzione areale e batimetrica dei caratteri granulometrici ha altresì permesso di individuare tre zone, ognuna delle quali è stata oggetto di studio statistico settoriale: zona I (NO) compresa fra il porto di Torre Canne e Lido Bizzarro, zona II (Centro) compresa fra Lido Bizzarro e Lido Morelli, e zona III (SE) compresa fra Lido Morelli e Torre San Leonardo.

Nelle zone NO e SE si possono riconoscere tre popolazioni di sabbie distinte tra loro, le stesse desunte dalla matrice complessiva. Il diametro medio delle sabbie campionate aumenta nel complesso verso Torre San Leonardo, perché in questo settore la percentuale in peso della frazione  $1\div 2 \phi$  aumenta notevolmente a scapito della frazione  $2\div 4 \phi$ . I sedimenti raccolti nella zona più settentrionale della baia, nel porto di Torre Canne, sono quelli che mostrano diametro medio minore.

L'analisi composizionale dei sedimenti è stata eseguita su 20 campioni (Fig.8) rappresentativi di tutti i tipi di sabbie analizzati dal punto di vista granulometrico, mediante stereomicroscopio e attacchi mirati con una soluzione di HCl 5%. Le sabbie studiate sono essenzialmente carbonatiche; in tutti gli intervalli, dal più grossolano al più fine, è presente un'alta percentuale di bioclasti e litoclasti calcarei e calcarenitici. Le frazioni di maggiori dimensioni sono costituite totalmente da bioclasti interi o frammentati, rappresentati da gusci di molluschi, brachiopodi, briozoi, radioli di echinidi, alghe calcaree, spugne e tritume organico di difficile riconoscimento. Nelle frazioni fini prevalgono, date le dimensioni ridotte, foraminiferi, spicole e bioclasti frammentati non ben identificabili. La frazione silicoclastica compare prevalentemente nelle frazioni fini e finissime, ed è costituita in prevalenza da quarzo e feldspati, e in misura ridotta da minerali femici; fra questi, nelle sabbie raccolte nella parte più alta della shoreface, sono abbondanti minerali come il pirosseno e il granato (melanitico e pirlaspitico). Sono presenti inoltre tracce di altri minerali, quali lamelle e pacchetti di biotite, nelle frazioni medio-fini, e magnetite, anfiboli e ilmenite, nelle frazioni fini e finissime.

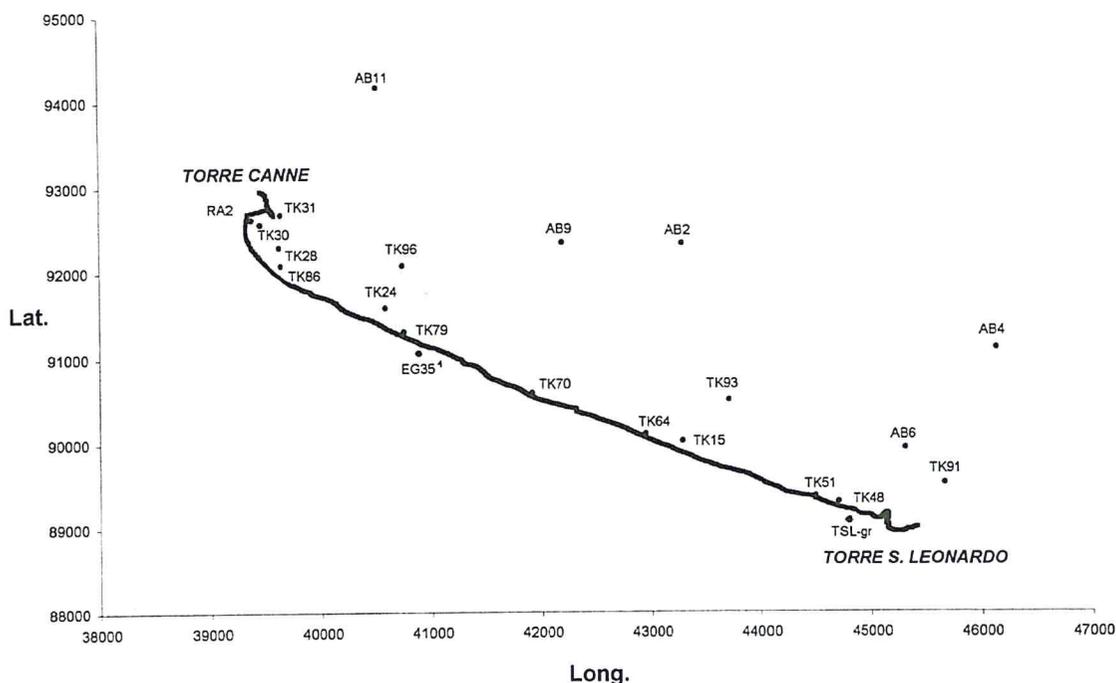


Figura 8 – Ubicazione dei campioni della spiaggia sommersa e delle dune su cui è stata effettuata l'analisi mineralogica e composizionale.

Circa la natura delle tre popolazioni di sabbia individuate, si è accertato che la prima popolazione è costituita in gran parte da apporti recenti organogeni e calcarenitici: i bioclasti e i clasti carbonatici provengono dalle batimetrie maggiori e in particolare dalla biocenosi delle alghe fotofile e dal posidonieto; i clasti calcarenitici provengono invece dall'erosione delle rocce affioranti al largo e sulla battigia. La seconda popolazione ha una moda nell'intervallo  $1\div 2 \varphi$  ed è in parte costituita dal materiale proveniente dalla erosione delle dune, riconoscibile dal marcato arrotondamento dei granuli, e tra questi quelli di quarzo, i quali presentano una superficie "picchiettata", testimonianza inequivocabile di trasporto eolico; la terza popolazione è costituita da sedimento terrigeno, ereditato dal passato, rappresentato in prevalenza da quarzo, feldspati e minerali pesanti non arrotondati, trasportati dalla deriva litorale verso SE.

## Discussione

I rilievi morfobatimetrici e i campionamenti hanno rivelato che i fondali in esame sono costituiti da sabbie appartenenti a facies deposizionali distinte.

Le sabbie grossolane e molto grossolane, presenti oltre i 5-6 metri di profondità, sono costituite per oltre il 90% da bioclasti e questa grossolanità dipende dal basso grado di frammentazione delle spoglie organogene. Esse rivelano, quindi, un ambiente in cui l'energia e la stessa capacità di trasporto è scarsa. L'alto grado di frammentazione dei bioclasti nelle sabbie fini e medie è, invece, responsabile degli alti valori relativi di  $M_z$  (in  $\varphi$ ) e indica che sotto costa l'energia è molto elevata.

L'andamento del diametro medio con la profondità di campionamento è anomala. In genere la dimensione media dei sedimenti ( $M_z$ ) diminuisce progressivamente andando da terra verso il largo, da zone ad alta energia a zone a bassa energia (Dal Cin e Simeoni, 1987). Qui però l'incremento della taglia dei sedimenti, la cattiva classazione delle sabbie e le asimmetrie fortemente negative, riscontrate particolarmente in alcune zone, oltre la batimetrica 5, vanno imputate alla presenza di bioclasti, derivanti dalle biocenosi delle alghe fotofile e del posidonieto e alle profondità maggiori dal diretto disfacimento dei banchi coralligeni.

L'aumento delle dimensioni medie dei granuli verso Torre San Leonardo contrasterebbe con l'andamento generale della deriva da NO verso SE (Dal Cin e Simeoni, 1993; 1995; Mastronuzzi e Sansò, 1993). Le dimensioni dei clasti aumentano in relazione alla diminuzione della componente fine; contemporaneamente aumenta la percentuale di sabbia media. A questo proposito, le composizioni mineralogiche, la granulometria e la morfologia dei granuli di 3 campioni rappresentativi delle sabbie prelevate fino a 6 metri di profondità (TK86, zona NO; TK70, zona centro; TK51, zona SE) sono state confrontate con gli stessi parametri analizzati su campioni di duna, prelevati in due punti differenti della costa: il campione TSL-gr in prossimità di Torre San Leonardo e il campione EG35<sup>1</sup> dalla duna presso Lido Bizzarro, nella zona centrale (Fig. 8). Il confronto eseguito al microscopio tra il campione EG35<sup>1</sup> e il campione TK51 ha mostrato che le sabbie analizzate presentano un diametro medio e caratteri mineralogici e morfologici dei granuli molto simili: la forte erosione della duna nel tratto centrale e settentrionale della baia, trascurabile in quello meridionale, rifornisce i fondali di nuovo sedimento che viene poi allontanato dalla deriva verso SE.

Gli effetti della deriva litoranea si complicano a causa dalle possibili perdite di sedimento verso il largo, lungo i solchi riconosciuti sui fondali, trasversali alla linea di riva. In effetti, lungo il tratto di costa in esame, l'incisione esistente a ESE del porto di Torre Canne può favorire la dispersione delle sabbie verso il largo e, di conseguenza, essere una delle cause del diffuso fenomeno di arretramento della spiaggia.

Il rilevamento morfologico diretto dei fondali ha consentito di constatare lo stato della prateria di *P. oceanica*; essa gioca un ruolo chiave nel ripascimento naturale delle spiagge grazie al detrito bioclastico lì prodotto e attenuando il moto ondoso. Tale ruolo è ancora più importante oggi, dato il ridotto apporto di sedimenti ad opera dei principali fiumi (Caldara et al, 1998). La diffusione di *mattes* morta fa ipotizzare che nella baia di Torre Canne la prateria sia in fase di forte stress e regressione, che può essere messa in relazione con l'arretramento della spiaggia. Ricerche condotte

in questo senso, in aree assunte rappresentative per il bacino del Mediterraneo, hanno permesso di stimare l'arretramento di 15-18 m di spiaggia, conseguente alla regressione di 1 m di prateria (Mazzella et al., 1986). La *P. oceanica* regredisce per varie cause tra le quali un certo tipo di pesca, gli ancoraggi turistici e commerciali incontrollati, i supposti cambiamenti delle condizioni meteorologiche e l'inquinamento. Molte delle forme riconosciute nel posidonieto possono essere ricondotte all'attività antropica, espletata mediante natanti ad uso ricreativo o economico (sistemi di ancoraggio e tecniche di pesca fortemente impattanti, localmente diffusi, quali la pesca a strascico e l'uso di esplosivi). La presenza diffusa di canali di erosione, marmitte e radure nella prateria indicano quindi un significativo impatto antropico. In questo quadro di degrado della prateria si inserisce la colonizzazione di *Caulerpa racemosa* (FORSSKAL) AGARDH, che sta occupando velocemente gli spazi lasciati vuoti dalla *P. oceanica* senza però essere in grado di esercitarne la stessa funzione ecologica e morfodinamica (Fig. 9).

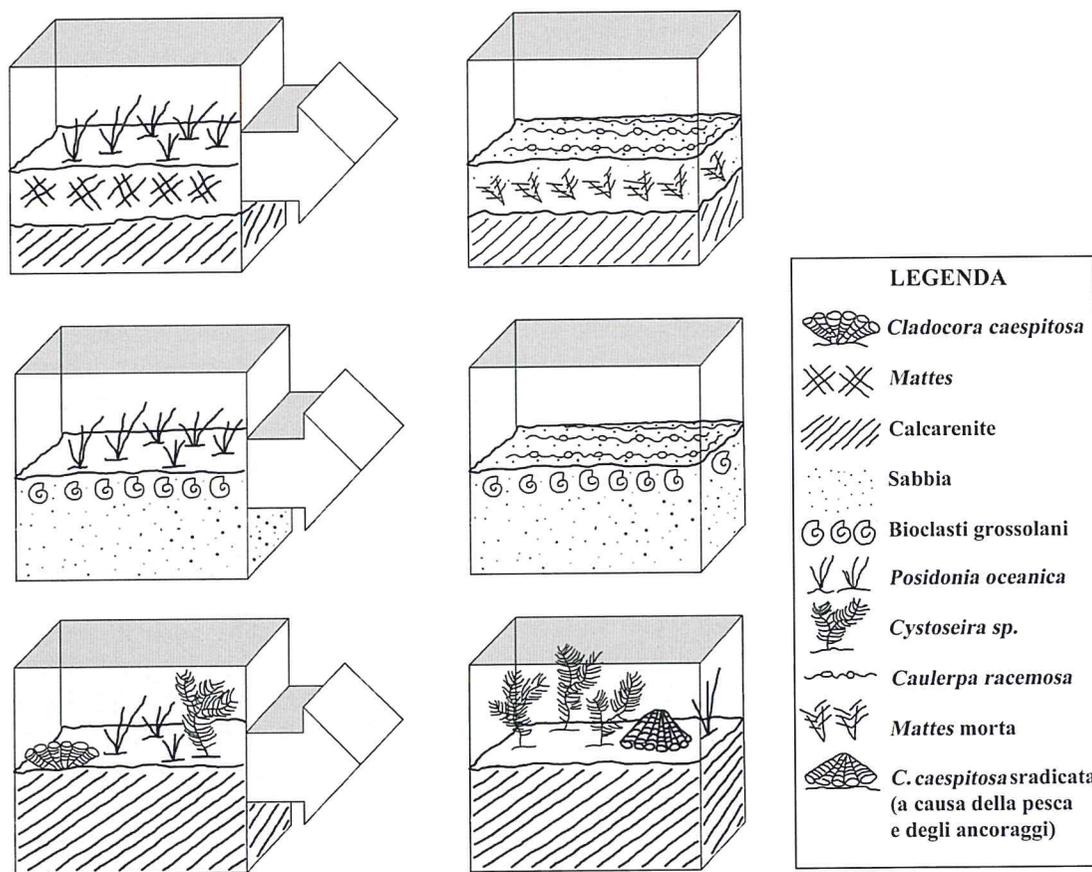


Figura 9 - Substrati su cui cresce la *P. oceanica* ed evoluzione delle biocenosi desunta nel rilevamento diretto in immersione.

## Conclusioni

L'esame integrato dei parametri morfosedimentologici e biocenotici ha permesso di ottenere informazioni sulla dinamica del sistema sommerso costiero della baia compresa tra Torre San Leonardo e Torre Canne. Il rilevamento batimetrico ha consentito di individuare, fra 0 e 35 e oltre 45 m di profondità, due superfici definite da pendenza costante verso il largo e separate da una piccola scarpata, corrispondenti a due terrazzi. Quello a minore batimetria è disseccato da incisioni fluviali relitte, dirette prosecuzioni a mare delle lame che discendono dall'Altopiano delle Murge.

Il rilevamento dei fondali prospicienti la baia entro i 20 metri ha permesso, quindi, di caratterizzare in dettaglio i fondali della spiaggia sommersa e di riconoscere le principali biocenosi bentoniche rappresentate dalle alghe fotofile (AP) fra 0 e 8/12 m di profondità; dalla prateria di *P. oceanica* (HP) fra 8/12 e 15/17 m di profondità; e dal coralligeno (C) fra i 16/18 sino oltre i 30 m di profondità.

L'analisi speditiva della *P. oceanica* in loco ha permesso di individuare le strutture di erosione e di desumere l'evoluzione delle biocenosi presenti sui fondali, con particolare riferimento alla presenza di terrazzi di *mattes* morta e alla colonizzazione di *C. racemosa*; nel complesso essa ha permesso di riconoscere la fase di marcata regressione che attualmente sta interessando il posidonieto.

Lo studio granulometrico dei campioni ha consentito di caratterizzare i sedimenti della spiaggia sommersa: le sabbie campionate sotto costa, dalla linea di riva fino ai 5-6 metri di profondità, sono medio-fini e ben selezionate; le sabbie prelevate fino ai -20 metri sono medio-grossolane e presentano un assortimento maggiore. I campioni sono complessivamente privi della frazione siltoso-argillosa, dispersa al largo per effetto della particolare conformazione batimetrica dei fondali che presentano canali e scarpate. L'analisi statistica dei dati granulometrici ha permesso di ricostruire l'andamento della deriva litorale verso SE. L'aumento percentuale della popolazione di sabbie avente la moda nell'intervallo  $1\div 2 \varphi$  pare suggerire il rifornimento dei fondali ad opera del sedimento proveniente dal cordone dunare; esso è attualmente in forte erosione proprio nella zona settentrionale della baia (Fig. 10a,b). Il trasporto di materiale proveniente dall'erosione dei cordoni dunari definisce la direzione generale del trasporto litorale prevalente da NO verso SE in accordo con le caratteristiche meteomarine del paraggio caratterizzato da venti regnanti e dominanti dai quadranti settentrionali (Schinaia, 2001). La rifrazione del moto ondoso dai quadranti settentrionali ad opera delle strutture del porto di Torre Canne e la deriva secondaria indotta dai venti provenienti da SE è invece la causa dell'accumulo di sedimento nel porto di Torre Canne, in lento e costante interrimento ad opera di sabbie fini.



**Figura 10 - Due aspetti dello stato attuale della duna costiera nella baia di Torre Canne: nella zona più nordoccidentale, presso i centri alberghieri e l'abitato di Torre Canne, essa è stata totalmente demolita e sostituita da un terrapieno artificiale (a sinistra); nella zona centrale presso Lido Morelli essa raggiunge ancora i circa 10 m di quota ma in più punti mostra evidenti segni di dissesti in atto (a destra).**

### Ringraziamenti

Gli Autori ringraziano in particolare il Professor Giovanni Palmentola, responsabile del progetto Cofin 1999-2000, per aver reso possibile i lavori qui sintetizzati. Sentiti ringraziamenti vanno al Prof. Nicola Walsh ed al Dott. Gianfranco Andriani del Laboratorio di Geotecnica del Dipartimento di Geologia e Geofisica dell'Università degli Studi di Bari, nonché al Prof. Piero Dellino e al Prof. Michele Di Piero del Dipartimento Geomineralogico per i suggerimenti e la disponibilità prestata durante la ricerca.

Un marinaresco ringraziamento al Signor Marco Carani e a tutto il personale dell'approdo di Dimensione Mare nel Porto di Villanova (Ostuni) per la continua e competente assistenza tecnica prestata in fase di messa a punto del sistema di rilevamento e durante le operazioni in mare.

Il presente lavoro è un contributo all'IGCP Project 437 UNESCO-IUGS (Resp. Prof. Colin Murray-Wallace)

Lavoro eseguito nell'ambito del progetto M.U.R.S.T., Cofin 1999-2000 (ex 40%), "Bilancio sedimentario dei sistemi costieri italiani. Processi naturali ed influenze antropiche" (Resp. Naz.: Prof. Giuliano Fierro; Resp. U.O.L.: Prof. Giovanni Palmentola) e pubblicato con Fondi di Ateneo (anno 2001) "Variazioni parossistiche del livello del mare e morfogenesi dunare: ciclicità storica della pericolosità lungo la fascia costiera" (Resp. Dott. Giuseppe Mastronuzzi).

## Bibliografia

- Abbiati M. (ed) (1991) - *Lezioni del Corso Formativo per Ricercatore Scientifico Subacqueo*. International School for Scientific Diving, Università degli Studi, Pisa, 240 pp.
- Abbo D. (1997) - *Il reparto OSSALC delle unità navali*. Rivista Marittima, CXXX, 3: 29-34.
- Caldara M., Centenaro E., Mastronuzzi G., Sansò P. e Sergio A. (1998) *Features and present evolution of Apulian coast (Southern Italy)*. Journal of Coastal Research, SI 26: 55-64.
- Ciavola P., Gatti M., Tessari U., Zamariolo A. e Del Grande C. (2000) - *Caratterizzazione della morfologia di spiaggia lungo lo Scanno di Goro tramite tecniche GPS e rilievi batimetrici*. Studi Costieri, 2: 175-188.
- Dal Cin R. e Simeoni U. (1987) - *L'analisi multivariata applicata alla caratterizzazione ambientale dei litorali nord-abruzzesi (medio Adriatico)*. Mem. Soc. Geol. It., 37: 379-389.
- Dal Cin R. e Simeoni U. (1993) - *The distribution of sediments and the identification of residual materials on the sea bottom of Southern Marches (Italy)*. Marine Geology, 113: 273-281.
- Dal Cin R. e Simeoni U. (1995) *Foglio 191, Ostuni*. Atlante delle spiagge italiane. CNR-MURST.
- Di Muccio L. A. e Mastronuzzi G. (2000) - *Le pocket beach di Vulcano (Isole Eolie, Sicilia): analisi morfo-sedimentologica*. Studi Costieri, 3: 41-55.
- Folk R.L. e Ward W.C. (1957) - *Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters*. Journ. Sed. Petrol., 27: 3-26.
- Giraud G. (1977) - *Essai de classement des herbiers de Posidonia oceanica (Linnè) Delile*, Botanica Marina, 20: 487-491.
- Mastronuzzi G. e Sansò P. (1993) - *Caratteri ed evoluzione attuale del litorale tra le foci del fiume Fortore e del fiume Ofanto*. Bonifica, 8: 83-90.
- Mastronuzzi G., Palmentola G. e Sansò P. (2001) - *Evoluzione morfologica della fascia costiera di Torre Canne (costa adriatica, Puglia)*. Studi Costieri, 4: 19-31.
- Mastronuzzi G., Palmentola G., Sansò P. (2002) - *Lineamenti e dinamica della costa pugliese*. Studi Costieri, 5: 9-22.
- Mastronuzzi G., Sansò P. (2002a) - *Holocene coastal dune development and environmental changes in apulia (southern italy)*. Sedimentary Geology, 150: 139-152.
- Mastronuzzi G., Sansò P. (2002b) - *Pleistocene sea level changes, sapping processes and development of valleys network in Apulia region (southern Italy)*. Geomorphology, 46: 19-34
- Mazzella L., Scipione M.B., Gambi C.M., Fresi E., Buia M.C., Russo F., De Maio R., Lorenti M. e Rando A. (1986) - *Le praterie sommerse del Mediterraneo*. Lab. Ecologia del Benthos, Ischia, pp.61.
- Pearson E.S. e Hartley H.O. (1969) - *Biometrika tables for statisticians*. Cambridge University Press, Cambridge, 202.
- Pérès J.M. (1967) - *The Mediterranean Benthos*. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev., 5: 449-553.
- Peres J.M. e Picard J. (1964) - *Nouveau manuel de bionomie benthique de la mer Méditerranée*, Rec. Trav. Stat. Mar. d'Endoume, 31: 449-533.
- Sansò P., Mastronuzzi G. e Gianfreda F. (2000) - *Torre Canne, spiaggia ad alto rischio ambientale*. L'Osservatorio, 12, 35-43.
- Schinaia S. A. (2001) - *Dinamica morfologica ed analisi dei sedimenti della spiaggia di Torre San*

*Leonardo – Torre Canne (Brindisi)*. Tesi di Laurea, Dip. Geol. e Geof., Università degli Studi, Bari, 124 pp, inedita.

Simeoni U. (1992) - *I litorali tra Manfredonia e Barletta (basso Adriatico): dissesti, sedimenti, problematiche ambientali*. Boll. Soc. Geol. It., 111, 367-398.

Simeoni U. e Bondesan M. (1997) - *The role and responsibility of man in the evolution of the Italian Adriatic coast*. Bull. Inst. Oceanogr. Monaco, 18: 11-132.

**Manoscritto ricevuto l'11/2/2002, accettato il 21/8/2002.**