

## GEOMORFOLOGIA SUBACQUEA E COSTIERA DEL LITORALE COMPRESO TRA PUNTA STENDARDO E TORRE S. AGOSTINO (GAETA)

F. Antonioli

ENEA AMB MON EVEN, C.R.E Casaccia, Roma

**RIASSUNTO** - *Geomorfologia subacquea e costiera del litorale compreso tra Punta Stendardo e Torre S. Agostino (Gaeta)* - Il Quaternario, 4(2), 1991, p. 257-274 - Le ricerche subaeree e subacquee effettuate lungo la costa tra Gaeta e Sperlonga, hanno permesso il riconoscimento di alcune evidenze morfologiche (solchi, terrazzi e cavità sommerse) riferibili sia a livelli del mare più bassi di quello attuale, ubicate a quote diverse, comprese tra -1,5 m e -47 m, che a livelli del mare più alti di quello attuale, comprese tra +1,3 e +230 m sul l.m. Per lo studio delle superfici di erosione e dei solchi subacquei è stata condotta una accurata campagna batimetrica, i dati raccolti sono stati elaborati e digitalizzati dal sistema E.D.I. (ENEA Digital Imagery). Sono state quindi compilate delle carte di dettaglio sull'andamento dei fondali in base alle quali sono state programmate le indagini subacquee dirette. Lo studio delle superfici di erosione che incidono i rilievi calcarei costieri, è stato eseguito utilizzando foto aeree del 1953 e del 1979, riportando i dati su una carta in scala 1/10000. Nel tentativo di inquadrare cronologicamente le varie evidenze, viene presa in considerazione una spiaggia fossilifera rinvenuta qualche metro sopra il livello del mare presso Gaeta e datata con il metodo della epimerizzazione degli aminoacidi. Tale informazione, usata come *marker*, viene integrata da numerosi dati bibliografici e da alcune considerazioni tettoniche e glacioeustatiche.

**ABSTRACT** - *Subaqueous and subaerial geomorphology of the coast between Punta Stendardo and Torre S. Agostino (Gaeta, Italy)* - Il Quaternario, 4(2), 1991, p. 257-274 - Subaerial and subwater researches along the coast between Gaeta and Sperlonga have allowed to recognize some morphological evidences (notches, terraces and submerged caves) relative to sea level lower than the present one, placed at different heights between -1.5 m and -47 m. Morphological evidences were also recognized referable to sea levels higher than the present one, between +1.3 and +230 m above the sea level. The study of the terraced morphologies and subwater notches has been performed by means of an accurate bathymetric campaign, whose data were aquired and processed with the E.D.I. (ENEA Digital Imagery) system. Detailed maps were produced showing the course of the depth contour at which the direct subwater inquiries were aimed. The study of the terraced morphologies which engrave the coast calcareous reliefs has been performed by means of aerial photos (years 1953 and 1979), by transferring the data on a aereophotogrammetric return in the scale 1/10000. In an attempt to obtain a chronological framework, a sandy sea shore bearing fossils was taken into consideration that was discovered some meters above the sea level near Gaeta, dated by means of the aminoacid epimerization. This information, utilized as a marker, is integrated by numerous bibliographic data and by some tectonic and glacioeustatic considerations.

Parole chiave: Geomorfologia subacquea e subaerea, livello del mare, neotettonica, Gaeta, Italia

Key-words: Subaerial and subwater geomorphology, sea level, neotectonic, Gaeta, Italy

### 1. INTRODUZIONE

L'area interessata dalle ricerche si trova nel Lazio meridionale, lungo la zona costiera compresa tra Sperlonga e Gaeta (Fig. 1). Obiettivo del lavoro è stato lo studio dell'evoluzione morfologica subita da questa porzione di costa in relazione alle variazioni eustatiche ed agli eventi tettonici quaternari; in particolare le ricerche sono state mirate al rinvenimento di evidenze morfologiche riferibili a stazionamenti del mare a livelli più bassi di quello attuale. Per tale scopo, oltre alla documentazione relativa ai precedenti studi, sono state usate le seguenti metodologie di indagine: analisi di foto aeree, esecuzione di una dettagliata carta batimetrica e digitalizzazione dei dati, indagini di campagna, indagini subacquee dirette. Le osservazioni subaeree, sono state necessarie per operare uno studio stratigrafico e tettonico tale da rendere attendibili le quote di rinvenimento delle evidenze morfologiche sommerse.

La costa è caratterizzata da falesie e promontori interrotti da ampie insenature sabbiose. I rilievi sono costituiti per lo più da dolomie e calcari Giurassici e Cretacei a

*Diceratidae e Radiolitidae*. Il tratto di costa compreso tra Punta Stendardo fino alla spiaggia di Serapo (promontorio della Montagna Spaccata) è caratterizzato sul versante meridionale da falesie verticali, a picco sul mare, la cui altezza varia tra 80 e 140 m sul l.m. Tali scogliere sono interrotte da marcate spaccature e fratture (spesso coincidenti con antiche faglie antiappenniniche) che formano aspre insenature. In tutta l'area si esplica una forte energia marina: il moto ondoso infatti procura una notevole erosione meccanica al piede delle falesie, facilitata dalla profondità dei fondali. Procedendo verso Ovest si incontrano l'ampia insenatura sabbiosa di Serapo, rilievi a morfologia poco acclive, seguiti da una serie di piccole cale con spiagge (Arianna, Arenauta, S. Agostino, Tiberio ed altre minori) fino al promontorio di Sperlonga.

### 2. DEPOSITI E FORME QUATERNARIE

Sui calcari mesocenozoici poggiano sedimenti quaternari costituiti da sedimenti eolici, continentali (brecce



Fig. 1 - Immagine da satellite dell'area indagata.  
Satellite image of the investigated area.

e conoidi) e limitati depositi marini (sabbie fossilifere). Le forme sono costituite da solchi di battente e "lombi di terrazzi di erosione presumibilmente marina"<sup>(1)</sup> (Tav. 1).

## 2.1 Dati bibliografici

Nel Foglio 171 Gaeta della Carta Geologica d'Italia vengono descritti come "sabbie eoliche rossastre" ("duna rossa antica" *Auct.*) dei livelli di sabbie con orizzonti debolmente calcificati, prevalentemente quarzosi, a pigmento limonitico goethitico. Sevink *et al.* (1984) interpretano tali depositi sabbiosi come eolici ed indicano inoltre, un alto contenuto in minerali vulcanici (Augite), e presenza di paleosuoli generalmente molto sviluppati. Segre (1949) descrive, nella zona di Sperlonga, dei livelli di breccie come "lombi di breccia Würmiana sospesi sulla costa". Nella fascia compresa tra il livello del mare fino a 7,50 m circa, si rinvengono frequentemente fori di *Litofagi*, solchi di battente e sedimenti riferibili ad antichi livelli di stazionamento del mare. Blanc & Segre (1947) segnalano la presenza in una grotta presso Torre Capovento, di una spiaggia contenente elementi di fauna fossile tipica del Tirreniano a circa 4 m sul l. m.; depositi simili vengono descritti in altre grotte sempre nel tratto di costa compreso tra Sperlonga e Gaeta. Gli stessi au-

(1) Con questo termine sono state denominate delle superfici terrazzate rinvenute a quote diverse, tali superfici presentano una continuità laterale in tutta l'area indagata.

tori indicano che durante una regressione post-tirreniana le grotte sono state abitate da uomini del Paleolitico (Musteriano, Paleolitico sup. tracce di industrie e denti di Cervidi Bovidi ecc.) e successivamente riempite con elementi detritici di varia natura. Ozer *et al.* (1987) descrivono lungo lo stesso tratto di costa forme e depositi Quaternari: presso il promontorio di Sperlonga trovano un conglomerato marino fortemente cementato con fauna a *Glycimeris* (3.60 m sul l.m.) e fori di *Litofagi* fino a 7.13 m sul l.m. Presso il promontorio di Torre Capovento rinvengono un conglomerato fossilifero ricco in *Glycimeris* (4.77 m sul l.m.), con perforazione di *Litofagi* fino alla quota di 7.36 m sul l.m., e un solco di battigia alla quota di 2.46 m sul l.m. associato ad un deposito fossilifero ben cementato. Gli autori segnalano inoltre, presso la spiaggia di Arianna, conglomerati fossiliferi contenenti fauna Eutirreniana (2.70 e 4.50m sul l.m.). In corrispondenza della spiaggia dell'Arenauta vengono segnalati numerosi solchi di battente tra i quali alcuni sovrapposti, rispettivamente a circa 7.50 m e 5.80 m sul l.m.

## 2.2 Dati originali

Durante lo svolgimento della presente nota sono stati rinvenuti numerosi altri depositi e morfologie riferibili ad eventi quaternari. Sui rilievi costieri affiorano vari livelli di sabbie assai selezionate, a componente prevalentemente quarzosa, granulometria medio-fine, con nu-

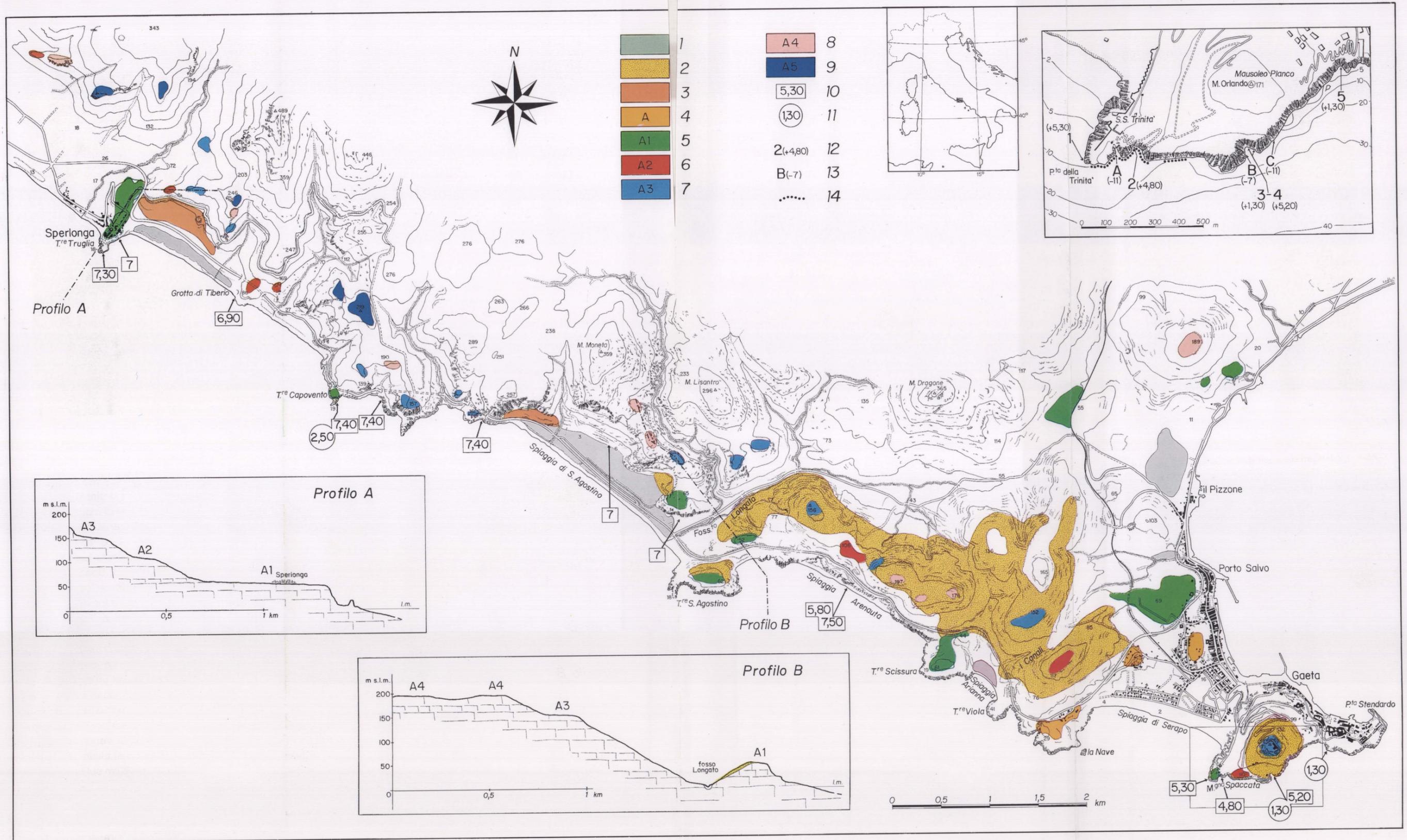


Tavola 1 - 1) Piane costiere - Olocene; 2) Sabbie eoliche pedogenizzate - Pleistocene Medio/Superiore; 3) Livelli di breccie - Würm; 4) A - Lembi di superficie di erosione marina (29+32 m, solo settore di Gaeta); 5) A1 - Lembi di superficie di erosione marina (50+60 m, settore di Sperlonga; 60+70 m, settore di Gaeta); 6) A2 - Lembi di superficie di erosione marina (95+117 m); 7) A3 - Lembi di superficie di erosione marina (150+160 m); 8) A4 - Lembi di superficie di erosione marina (178+198 m); 9) A5 - Lembi di superficie di erosione marina (205+230 m); 10) Solchi e/o fasce di fori di *Litodomi* riferibili al Tirreniano; 11) Solchi e/o fasce di fori di *Litodomi* riferibili al Neotirreniano; 12) Solchi subaerei; 13) Solchi subacquei; 14) Solco subacqueo a -1.5 m.

1) Coastal plane - Holocene; 2) Eolian pedogenized sands - Medium/Upper Pleistocene; 3) Breccias deposits - Würm; 4) A - Marine erosional surface border (29-32m, Gaeta area); 5) A1 - Marine erosional surface border (50+60 m, Sperlonga area; 60-70 m, Gaeta area); 6) A2 - Marine erosional surface border (95-117 m); 7) A3 - Marine erosional surface border (150-160 m); 8) A4 - Marine erosional surface border (178-198 m); 9) A5 - Marine erosional surface border (205-230 m); 10) Tyrrhenian notches and Lithodomus holes; 11) Neotyrrenian notches and/or Lithodomus holes; 12) Subaerial notches; 13) Underwater notches; 14) Underwater notches at -1.5 m.

merosi granuli picchettati, di colore giallo-ocra, presumibilmente di origine eolica. Nei depositi eolici si trovano zone cementate da concrezioni secondarie e rari livelli decimetrici di ghiaietto quarzoso arrotondato. La potenza di queste sabbie raggiunge in affioramento valori da qualche decina di metri a pochi centimetri, con spessore decrescente da Nord verso Sud. Sul bordo orientale della spiaggia di S. Agostino si trova un deposito costituito da queste sabbie, compreso tra 12 e 35 m sul l.m. Nella valle I Canali, sopra la spiaggia di Arianna, le stesse sabbie eoliche affiorano, incise dal fosso, con potenze che raggiungono i 10 m, raggiungendo, nella zona, la quota di 200 m sul l.m. Più a Sud, sul promontorio della Montagna Spaccata, le sabbie affiorano sporadicamente con spessori di qualche centimetro. In prossimità della fascia costiera, in particolare al bordo occidentale della spiaggia di S. Agostino, affiorano delle brecce a partire da 30/40 m sul l.m., potenti fino a 25 m, che risultano incise ed appaiono come lembi di brecce ben cementate, eterometriche e a spigoli vivi. Nella zona del promontorio della Montagna Spaccata di Gaeta, sono stati rinvenuti sporadici affioramenti di brecce che immergono (Fig. 2) direttamente nel mare (e proseguono anche sott'acqua). Sempre sulla fascia costiera, in zone a quota più alta, si rinvencono diversi livelli di brecce di versante, di dimensioni centimetriche, poco cementate, con spessori fino a 4/5 metri, non cartografabili.



Fig. 2 - Promontorio di Gaeta, brecce che immergono in mare.  
*Gaeta promontory, breccias dipping into the sea.*

Nella valle del Fosso Longato, ad Est della spiaggia di S. Agostino è stato identificato, a circa 300 metri dalla linea di costa attuale, un netto solco di battente alla quota di circa 7 m sul l.m., che si segue per parecchie decine di metri; tale solco si differenzia da quelli rinvenuti lungo la costa per la freschezza delle forme e le dimensioni molto ridotte della concavità (50 cm). Alcuni fori di *Litofagi* ubicati alla stessa quota contengono ancora il fossile originario e sono parzialmente riempiti e ricoperti da sabbie gialle ben cementate. Qualche centinaio di metri più a Nord Est (bordo orientale della spiaggia di S. Agostino), su una ripida falesia si rinviene una fascia in-

tensamente perforata da *Litofagi* compresa tra le quote di 20 e 22 m sul l.m. Presso il promontorio della Montagna Spaccata di Gaeta sono stati rinvenuti numerosi solchi di battente. Tali solchi risultano poco marcati e si rinven- gono spesso in corrispondenza di gole od anse: data l'alta energia del mare, le falesie del promontorio ven- gono infatti rapidamente erose al piede, i solchi di bat- tente quindi si conservano solo dove l'energia delle onde risulta attutita. Il solco n° 1 (Tav. 1) presenta una con- cavità molto larga (circa 2,5 m) ed è posto a 5,30 m sul l.m.<sup>(2)</sup>. Il solco n° 2 si trova all'interno di una enorme e suggestiva cavità denominata "Grotta del Turco", pre- senta una stretta concavità (45 cm) ed è posto a 4,80 m sul l. m.; fino alla quota del solco (raramente anche al di sopra) sono ancora ben visibili frequenti fori di *Litofagi*. I solchi n° 3 e 4 sono ubicati in una piccola e stretta inse- natura e presentano una morfologia anomala: si ricono- sce infatti un solco poco marcato (3) che da una quota di circa 1,30 m sul l. del m. tende ad alzarsi, ricoperto da una puddinga composta da elementi decimetrici ben ce- mentati e molto arrotondati, presenta fori assai consu- mati di *Litofagi* e *Briozoi*. In fondo all'insenatura si rico- nosce un solco (4) più alto (5,20 m sul l.m.) poco evi- dente e intensamente forato alla base da *Litofagi* di grosse dimensioni. Sulla destra orografica dell'inse- natura si riconoscono ancora numerosi fori di *Litofagi* e in una zona pianeggiante a circa 4 m di quota è presente un sedimento marino costituito da sabbia grossolana ben cementata di colore arrossato contenente numerosi gusci di *Ostrea* e *Glycimeris*; si tratta di un sedimento di spiaggia la cui potenza raggiunge al massimo i 30 cm. Il solco n° 5, ubicato ad una quota di circa 1,30 m sul l.m., si trova in una stretta insenatura ed è ben marcato. Alle spalle del solco è presente una lunga e stretta cavità (presumibilmente un condotto a pressione fossile lungo circa 60 m) compresa tra le quote di 2 e 9 m sopra il l.m.; all'interno della cavità sono presenti fori di *Litodomi* (molto consumati) a circa 5 metri sul l.m. (Tav. 1).

Al fine di evidenziare gli elementi che permettono di caratterizzare l'evoluzione morfologica e tettonica, in assenza di depositi quaternari significativi (fatta ecce- zione per le sabbie eoliche, le brecce di pendio e le spiagge fossilifere precedentemente descritte), è stato eseguito uno studio di dettaglio delle forme terrazzate sui rilievi calcarei che si affacciano sulla costa, sulla base di fotografie aeree (Volo base IGM 1953 scala 1:33.000, foto di dettaglio SIA 1978 scala 1:10.000). È stata individuata una successione di lembi di terrazzi di erosione ad andamento suborizzontale, variamente ri- modellati, distribuiti in fasce altimetriche diverse ed aventi dimensioni differenti. Partendo dalle quote più basse ed andando verso quelle più alte, il grado di rimo- dellamento ed incarsimento cresce progressivamente. Nelle superfici più alte e più antiche, l'originaria forma

(2) Le misure di quota dei solchi antichi sono state effettuate utilizzando come base di riferimento il solco attuale.

planeggiante viene talora messa in risalto solamente dall'inviluppo delle quote massime. Tutti i lembi di terrazzi di erosione sono modellati su substrato calcareo e mostrano una discreta continuità laterale. La distribuzione areale e la loro ubicazione sui rilievi in prossimità dell'attuale linea di costa rende plausibile l'ipotesi che si tratti essenzialmente di forme di modellamento marino.

Sulla base delle osservazioni desunte dalle foto

aeree sono stati riconosciuti 6 diversi ordini di superficie (A, A1 ... A5). In Tav. 1 sono riportati tutti i lembi di terrazzi di erosione riconosciuti; nella Fig. 3 viene schematizzata la posizione dei terrazzi identificati. Sono inoltre evidenziati due profili topografici che si intersecano con alcuni lembi di terrazzi di erosione. La sequenza delle forme riconosciute viene elencata dal basso verso l'alto.

Subito al di sopra delle numerose ma circoscritte

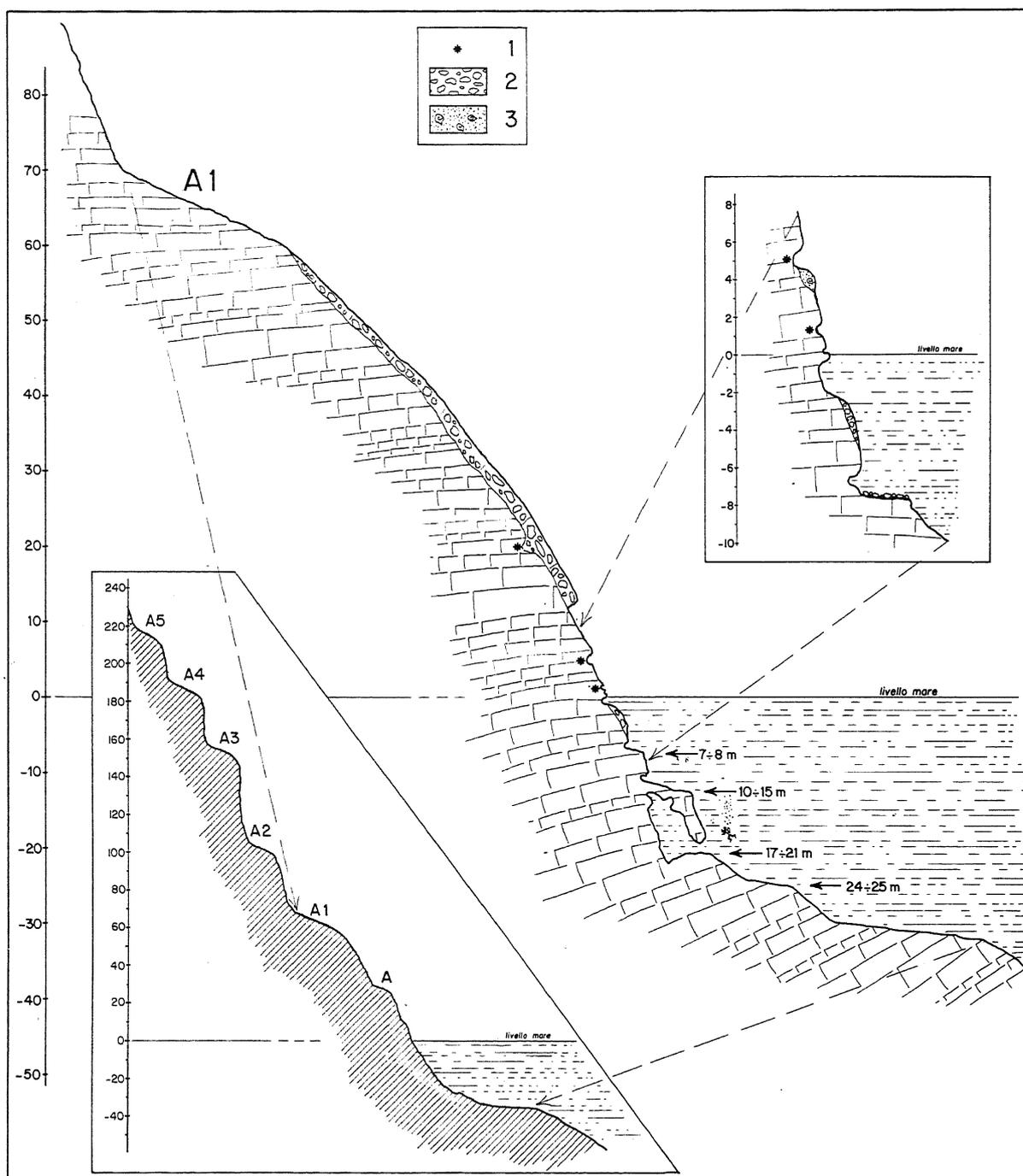


Fig. 3 - Profili schematici riassuntivi con l'ubicazione dei lembi di superficie dei solchi, fori di Litodomi, e morfologie subacquee; 1) fori di Litodomi; 2) breccias; 3) spiaggia fossile.

*Schematical summarizing profile with surface border, notches, Lithodomus holes and submerged morfologies; 1) Lithodomus holes; 2) breccias; 3) fossil beach.*

piane presenti sulla fascia costiera, si rinvennero, come già descritto, i solchi di battente riferibili all'ultimo periodo interglaciale rispettivamente a circa 7,5/2,5 m sul l.m. per la zona di Sperlonga (Ozer *et al.*, 1986) e circa 5,0/1,3 m sul l.m. per la zona di Gaeta. Dove la costa è alta si rinvennero frequentemente faraglioni isolati (Torre Truglia, Torre Capovento, Torre S. Agostino, Torre Scisura) compresi tra le quote di 17 e 19 m sul l.m. Tali rupi a forma di torrione, imputabili all'azione erosiva del mare, si trovano alla stessa quota e si possono presumibilmente correlare con i fori di *Litodomi* rinvenuti presso la

spiaggia di S. Agostino alla quota di 20/22 m sul l.m.

Con il simbolo A vengono denominati 3 lembi di terrazzi; tali superfici, individuate solo nella zona di Gaeta, si rinvennero tra i 29 e 32 m sul l.m. e non presentano una estesa continuità laterale. Con il simbolo A1 si riconoscono nella zona di Sperlonga numerosi lembi di terrazzi compresi tra i 50 e i 60 m sul l.m.; nella zona di Gaeta i lembi di terrazzi, interpretati dello stesso ordine A1, sono ubicati tra i 60 e 70 m sul l.m. Con il simbolo A2 vengono denominati alcuni lembi di superficie compresi tra i 95 e i 117 m sul l.m. Seguono quindi altri lembi di ter-

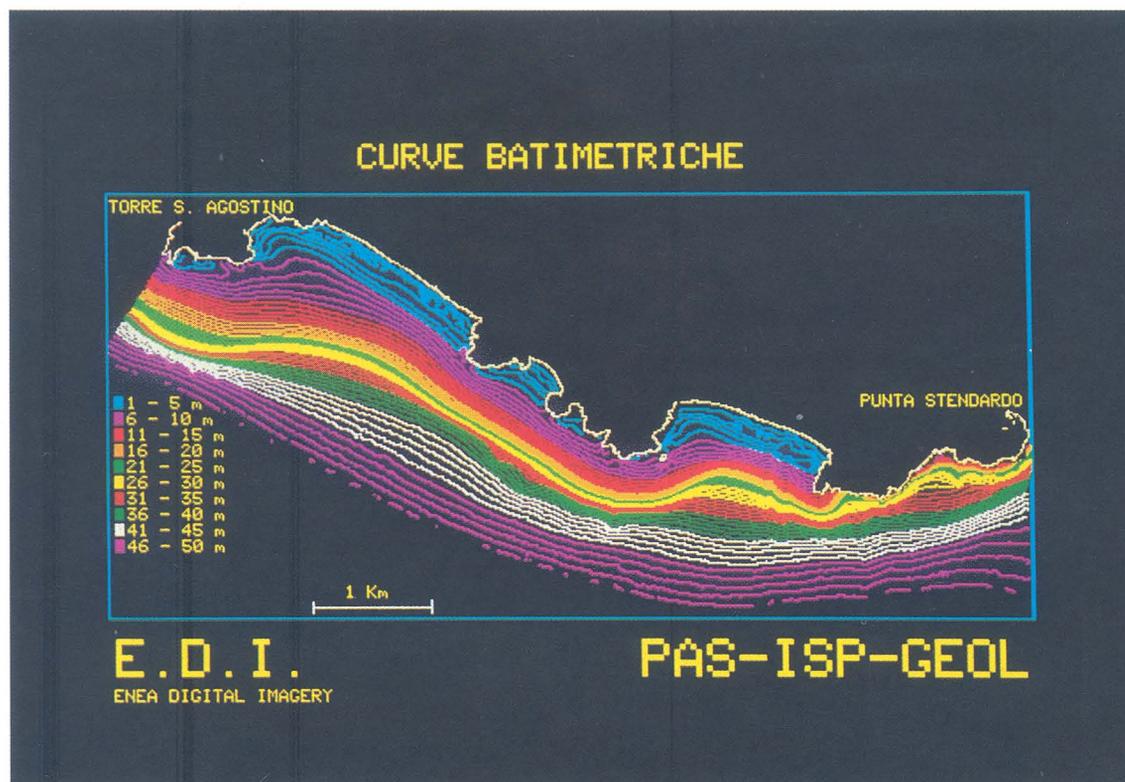


Fig. 4 - Carta delle curve isobatimetriche digitalizzate e suddivise in bande colorate.  
*Digitalized isobathymetric contour line map subdivided into colored bands.*

razzi, compresi rispettivamente tra le quote di 150 e 160 m sul l.m. (A3), 178 e 198 m sul l.m. (A4), 205 e 230 m sul l.m. (A5). Lembi sub pianeggianti presenti a quote maggiori hanno subito un tale rimodellamento da risultare di problematica interpretazione.

### 3. ANALISI E DISCUSSIONE DEI DATI BATIMETRICI

Lungo il litorale di Gaeta, da Punta Stendardo a Torre S. Agostino, sono stati eseguiti rilievi batimetrici con uno sviluppo totale di circa 8,2 km, fino alla quota batimetrica di -50m. Complessivamente sono stati effettuati 162 profili ad interasse di 50 m l'uno dall'altro fino a raggiungere la batimetrica -40 m, tali profili sono stati

prolungati fino alla batimetrica -50 m con interasse ogni 200 metri. I dati di rilievo, corretti dall'escursione di marea, sono stati utilizzati per le restituzioni cartografiche consistenti in carte batimetriche alla scala 1: 2000. I dati batimetrici sono stati digitalizzati e successivamente elaborati sul sistema E.D.I. (ENEA *Digital Imagery*, Antonioli & Rossi, in stampa).

Nella Figura 4 sono evidenziate con dettaglio le curve isobatimetriche dell'area indagata, in bianco è raffigurata la linea di costa. Nella Figura 5 viene rappresentato lo stesso areale, i dati digitalizzati delle linee isobatimetriche sono stati trattati con un procedimento di "surfacing" in grado di dare un'ombreggiatura. Immaginando la superficie scoperta dall'acqua ed un sole fittizio in una certa posizione dello spazio, è possibile creare un'immagine con vista a rilievo del fondale marino.

La prima evidenza morfologica che si riscontra osservando le immagini, è un brusco cambiamento di pendenza del fondale, con la formazione di una accentuata scarpata (la pendenza passa dall'1% a circa 8, 10%); più al largo il fondale ritorna a pendenze normali (Figg. 6 e 8). Partendo da Sud Ovest e andando verso Sud Est, la scarpata in oggetto si avvicina progressivamente alla linea di costa fino a raccordarsi bruscamente con la costa stessa. Le distanze del bordo superiore della scarpata dalla linea di battigia sono infatti le seguenti: circa 1500 m di fronte a Torre S. Agostino, circa 600 m in corrispondenza di Torre Scissura, circa 500 m presso Torre Viola, circa 300 m presso la punta Nord Ovest della Montagna

Spaccata, poche decine di metri dalla falesia a picco sul mare ad Est di quest'ultima (Fig. 7). Il raccordo risulta morfologicamente anomalo in quanto la direzione della scarpata in questo punto non è più parallela alla costa bensì (anche se per brevi tratti) ortogonale alla stessa. Anche la quota della scarpata ha un andamento "in risalita" da Torre S. Agostino verso Punta Stendardo: i margini inferiori e superiori della scarpata di fronte a Torre S. Agostino sono infatti ubicati rispettivamente alle quote di 45 e 27 metri circa sotto il livello del mare, tali quote tendono gradualmente a risalire in direzione SE fino a trovarsi a circa 18 e 9 m sotto il l.m. in corrispondenza della spiaggia di Serapo. In corrispondenza del promontorio



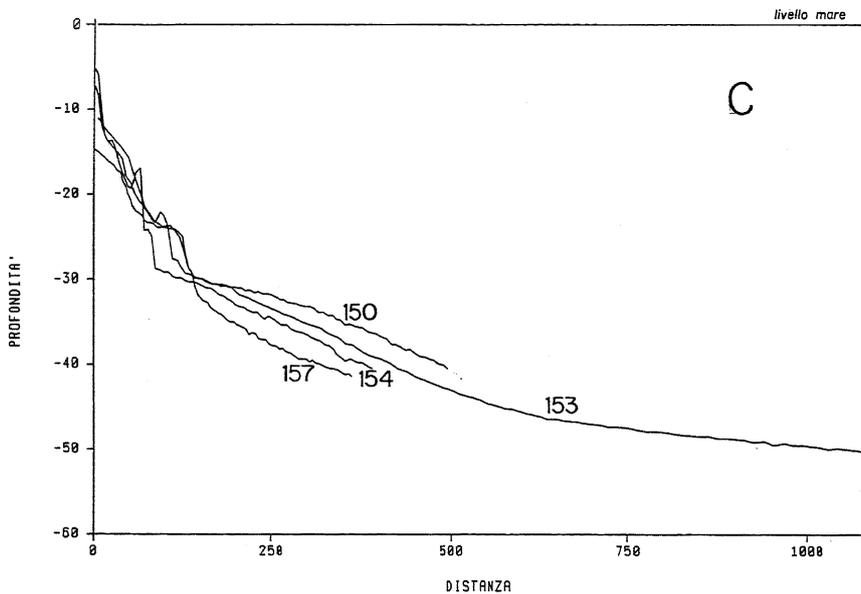
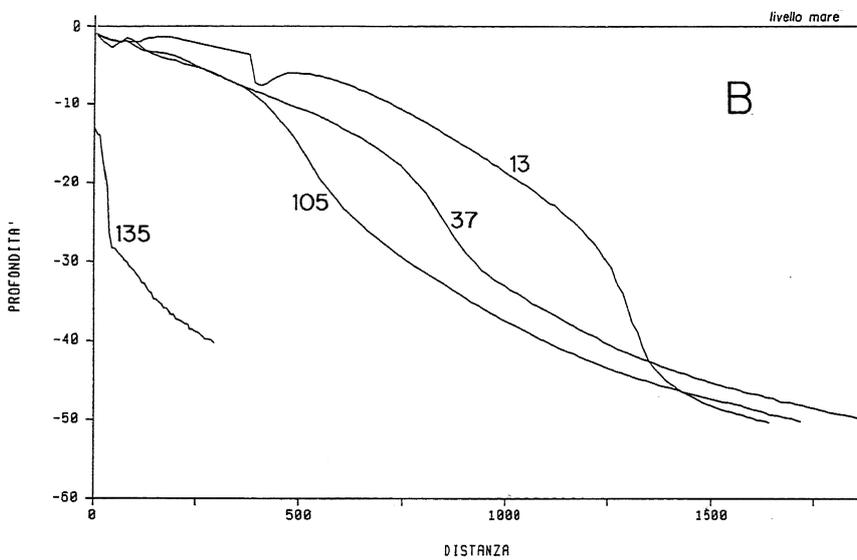
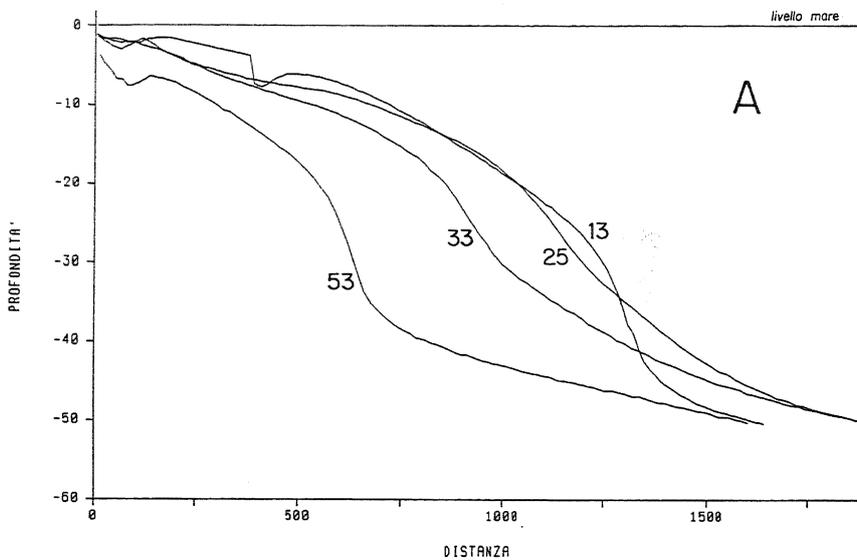
Fig. 5 - Procedimento di surfacing a rilievo del fondale sull'intera area indagata, in questo modo si evidenzia l'andamento della scarpata.

*Relief surface of sea bottom of the entire investigated area: for the evidence of the slope trend.*

della Montagna Spaccata il margine superiore della scarpata tende a confondersi con le falesie a picco sul mare del promontorio stesso (Figg. 8 e 9). In definitiva la scarpata, da Nord Ovest verso Sud Est tende sia ad avvicinarsi alla costa che a risalire di quota; l'andamento della stessa comunque non è costante: generalmente si allarga in corrispondenza delle insenature sabbiose e si restringe, aumentando la pendenza, in corrispondenza dei promontori rocciosi. Al confine tra la spiaggia di Serapo e la Montagna Spaccata si nota quella che sembra una netta rottura della scarpata. Da un punto di vista morfologico quindi, si riscontra l'esistenza di una "struttura" presumibilmente tettonica, subparallela alla linea di

Fig. 6 - Profili batimetrici; nelle Figure A e B, si evidenzia l'assetto della scarpata e il progressivo avvicinamento della medesima alla linea di costa da Nord verso Sud. Nella Figura C vengono riportati 4 profili antistanti il promontorio di Gaeta (il n° si riferisce alla progressiva del profilo; da 1 a 162, da Nord a Sud).

*Bathymetric profiles; in Figures A and B, it can be seen the slope asset and the progressive closing up of the slope to the costal line from North to South. In Fig. C 4 profiles that lie in front of Gaeta promontory are shown (n° refers to the profile chainage: from 1 to 162 and from North to South).*



costa con andamento risalente da occidente verso oriente.

Nella Figura 10 viene evidenziato un particolare dei fondali antistanti Torre S. Agostino. In questa zona la scarpata risulta compresa tra i 26 e i 42 m sotto il l. m. Alle quote comprese tra 43 e 47 m sotto il l.m. si nota, con netto contrasto rispetto alle aree circostanti, una morfologia mossa e frastagliata a piccole anse, imputabile ad un'azione erosiva costiera su litologia calcarea, presumibilmente riferibile ad uno stazionamento del mare a questa quota.

Più ad Est, poco dopo la spiaggia dell'Arenauta, in corrispondenza di Torre Viola oltre la scarpata, tra le quote di 30 e 40 m sotto il l.m. si riconoscono morfologie ondulate, simili alle precedenti, presumibilmente riferibili ad erosione costiera su litologia calcarea. In corrispondenza della insenatura di Serapo l'andamento del fondale risulta più omogeneo, la scarpata, presente al bordo occidentale dell'insenatura si perde in quanto le isobate hanno un andamento rientrante, per poi ricostituirsi al bordo orientale. I dati a disposizione mostrano due nette anomalie presenti sul settore

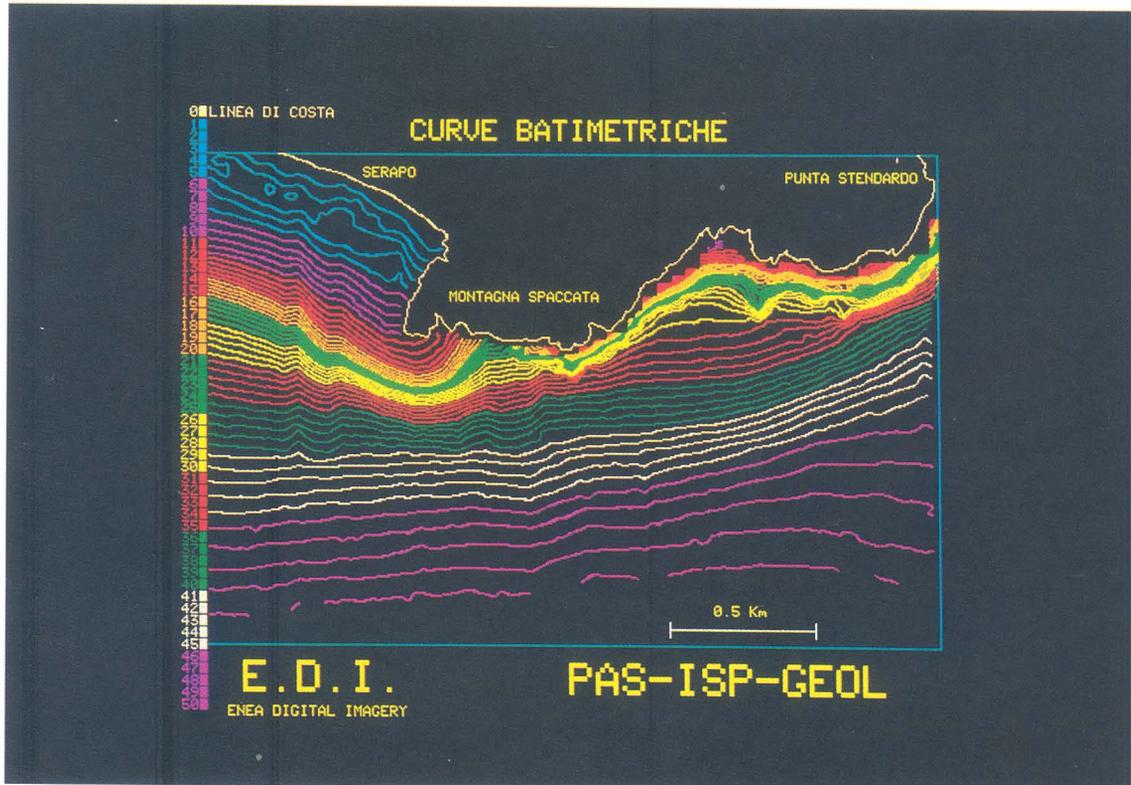


Fig. 7 - Particolare della batimetria dell'intero promontorio di Gaeta.  
Detail of the bathymetry of Gaeta promontory.

orientale dell'insenatura suddetta: in questa zona sono visibili due piccole incisioni parallele che dall'isobata 6 m sotto il l.m. si prolungano fino a circa 40 m sotto il l.m. Tali incisioni, evidenziate anche con una immagine di surfacing (Fig. 11), non trovano una chiara spiegazione morfologica: si potrebbero ipotizzare delle risorgenze allineate che fuoriescono da faglie; sulla spiaggia di Serapo, infatti, in quella zona non sboccano corsi d'acqua, né risultano essere presenti scarichi fognari. Nella Fig. 7 vengono riportati i dati batimetrici riguardanti l'intero promontorio della Montagna Spaccata. Circa 150 metri oltre il bordo dell'insenatura di Serapo le linee isobatimetriche formanti la scarpata (da 15 a 35 m circa sotto il l.m.), assumono un andamento quasi ortogonale alla linea di costa; tale orientazione è concordante con quella

di alcune faglie antiappenniniche segnalate sul promontorio della Montagna Spaccata (Servizio Geologico d'Italia, 1968), visibili sulle falesie, sotto forma di miloniti, specchi di faglia e insenature strette ed isoorientate. Più ad Est, continuando verso Punta Stendardo, la scarpata si allontana leggermente dalla falesia e forma alcuni speroni intervallati da terrazzi di abrasione. In particolare nella Figura 12 è evidenziato uno sperone allungato con un piccolo terrazzo compreso tra le quote di 20 e 23 m sotto il l. m. Sotto allo sperone è visibile una scarpata che raggiunge la quota di 30 m sotto il l.m. Più ad Est si incontra un'altra scarpata tra i 21 e i 27 m sotto il l.m. compresa tra due marcati terrazzi di probabile abrasione marina, il primo tra i 17 e i 20 m sotto il l.m., il secondo tra i 27 e i 30 m sotto il l.m.

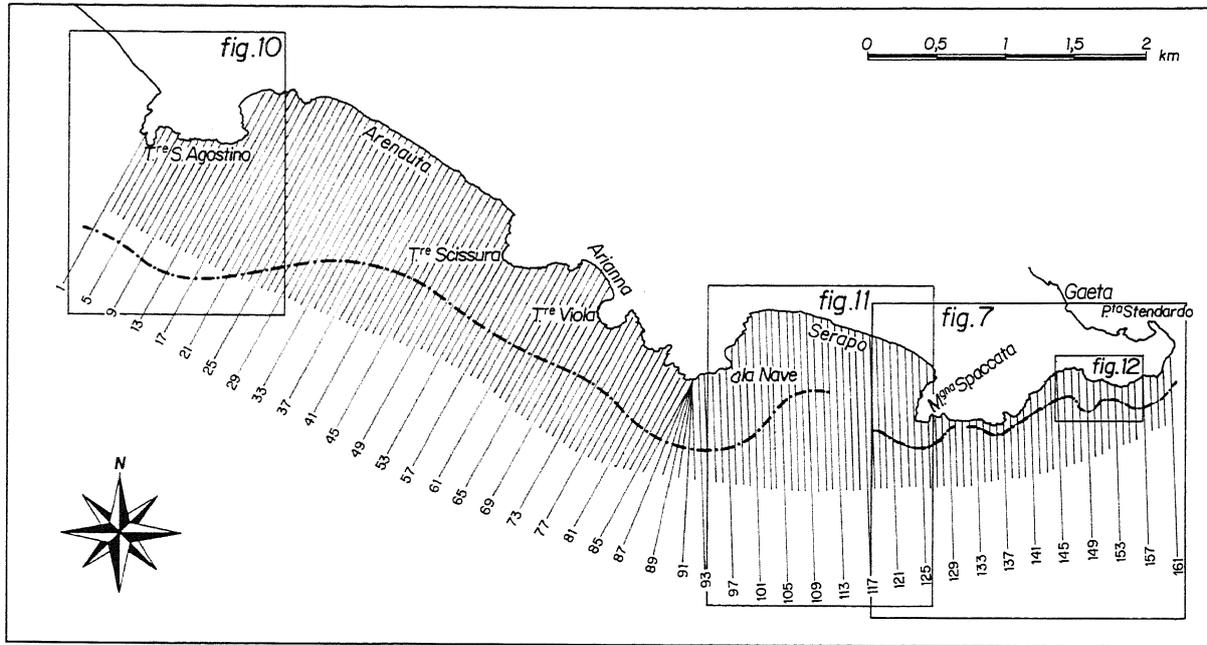


Fig. 8 - Andamento della bordo inferiore della "scarpata" rispetto alla linea di costa, n° dei profili batimetrici effettuati e ubicazione geografica delle Figg. 7, 10, 11 e 12.

Lower border slope profile with respect to the depth, no. of bathymetric profile and geographical location of the Figg. 7, 10, 11 e 12.

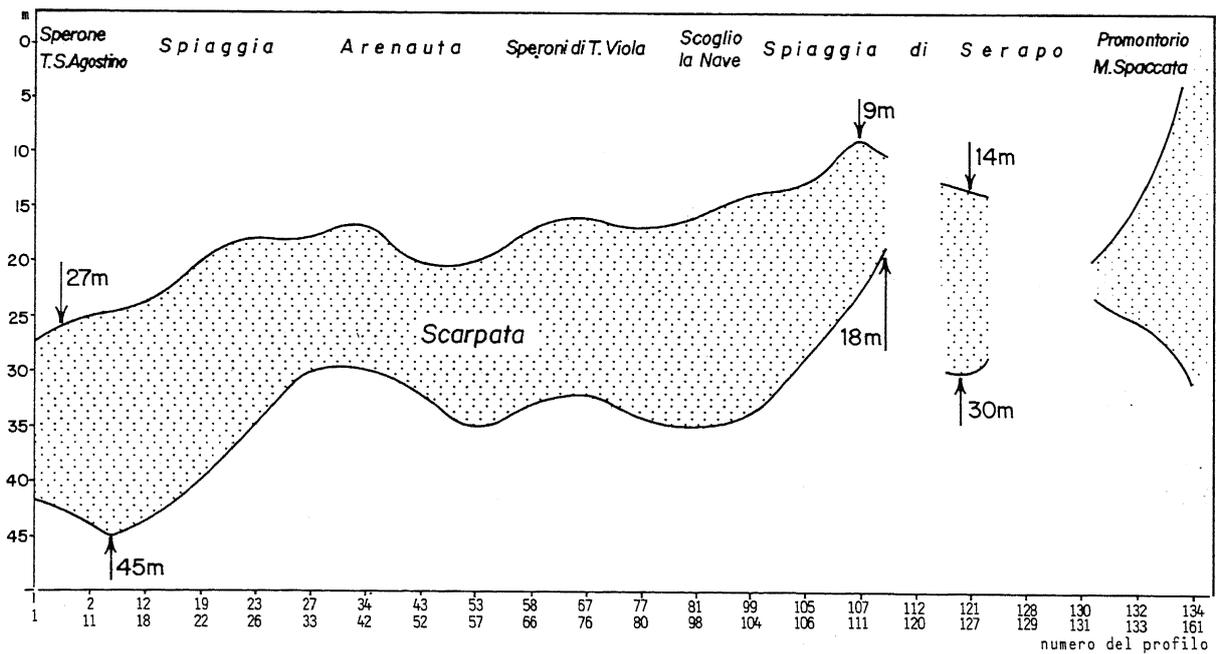


Fig. 9 - Andamento del letto e del tetto della "scarpata" rispetto alla profondità.

Slope profile with respect to the depth.

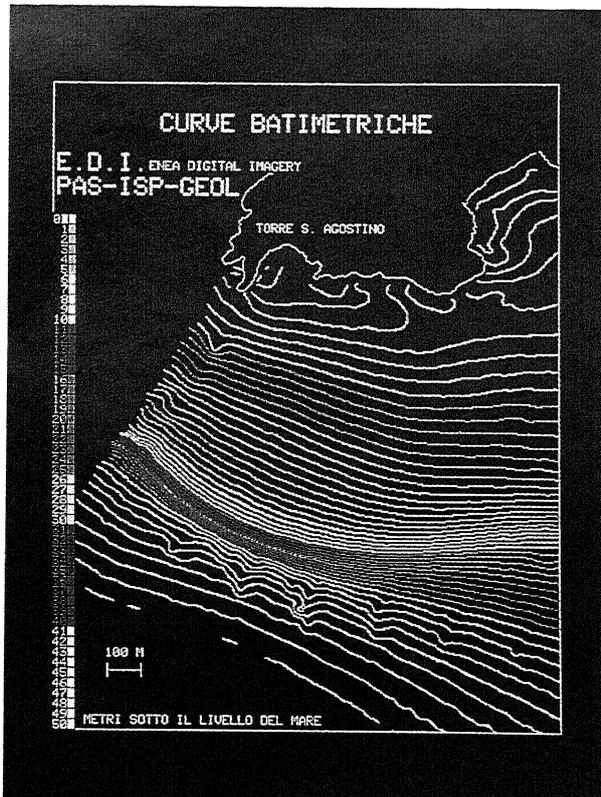


Fig. 10 - Particolare della batimetria antistante al promontorio di Torre S. Agostino.

*Detail of the bathymetry in front of Torre S. Agostino promontory.*

#### 4. ESPLORAZIONE SUBACQUEA DEL PROMONTORIO DI GAETA

Con l'ausilio di autorespiratori ad aria è stato sistematicamente esplorato l'intero periplo sottomarino del promontorio della Montagna Spaccata di Gaeta.

Lo sviluppo della falesia calcarea da osservare era di circa 3,5 chilometri, da Punta dello Stendardo fino alla spiaggia di Serapo, con fondali variabili da -5 a -27 m sotto il l.m. Lo scopo di tale ricerca è stato quello di indagare *in situ* gli indici morfologici (terrazzamenti, scarpate) riferibili a stazionamenti del livello del mare più bassi di quello attuale già identificati sulle carte batimetriche e ricercare eventuali solchi di abrasione marina e spiagge fossili per avere un riferimento altimetrico e un confronto cronologico. I principali risultati ottenuti dal rilevamento subacqueo sono stati: il riconoscimento di alcuni solchi di battente, il rinvenimento di cavità sottomarine correlabili con le quote dei solchi di battente, il riconoscimento di piattaforme di abrasione e terrazzamenti ed il rinvenimento subacqueo di alcuni lembi di breccia di pendio rilevati in prossimità della costa.

L'ubicazione dei solchi di battente sommersi è indicata nella Tav. 1; tali evidenze morfologiche si rinvennero rispettivamente a -1,5 m, -7 m e -10/11 metri sotto il

livello del mare. Per quanto riguarda il solco scolpito a -1,5 m, esso si presenta con una particolare morfologia: è ubicato infatti poco sotto il solco di abrasione attuale, presenta una concavità di circa 2 m (vedi Figg. 3, 13 e 15) e risulta molto svasato. E' presente con continuità soprattutto nella parte settentrionale del promontorio e viene interpretato come solco di erosione infralitorale (*sensu* Pirazzoli, 1986) di falesia molto esposta ai marosi. I solchi rinvenuti a -7 m sono molto netti e presentano una concavità di circa 1 metro, si sono conservati nell'ambito di una unica ristretta area (solco B, Tav. 1, Figg. 14 e 15). Si sono rinvenuti dei solchi a -10/11 m in due diverse zone, il primo (solco A, Tav. 1, Figg. 15 e 16) presenta un'ampia concavità (circa 2,5 m) ed un "dente" dovuto presumibilmente a materiale più resistente il secondo solco, rinvenuto alla medesima profondità, si trova (solco C, Tav. 1) all'ingresso di una grotta di notevoli proporzioni. Si può facilmente notare come la maggior parte dei solchi di abrasione siano stati rinvenuti in corrispondenza di gole, anse o grotte; solamente il solco ubicato a -1,5 m si ritrova normalmente in zone con scogliere aperte sul mare e si segue per parecchie decine di metri.

Sono state riconosciute 8 cavità sottomarine (Fig. 17), la maggior parte delle quali ubicate ad una quota di ingresso compresa tra i 9 e i 12 m sotto il l.m. e quindi presumibilmente correlabili con il solco di 11 m sotto il l.m. Due cavità risultano ubicate a quote comprese tra i 18 e 21 m sotto il l. m. Sono stati individuati inoltre alcuni piccoli terrazzi di abrasione con rotture di pendenze molto nette compresi tra 7 e 8 m sotto il l.m.

Nonostante le incrostazioni calcaree e algali, in alcune zone sono stati riconosciuti livelli di brecce fino alla

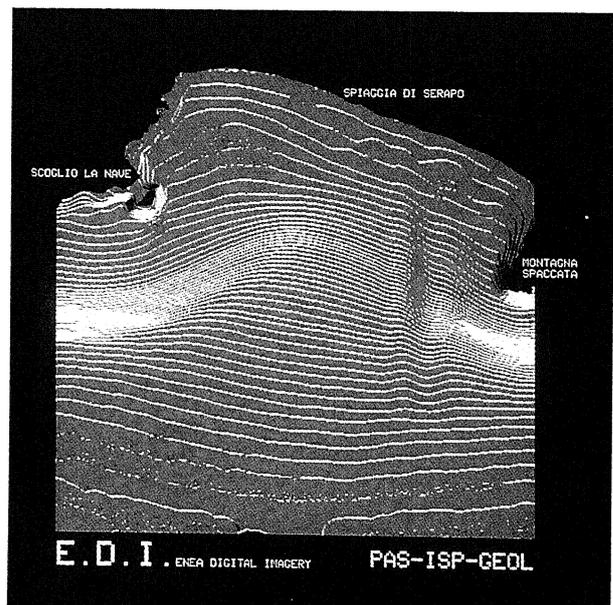


Fig. 11 - Particolare della batimetria con procedimento di surfacing antistante la spiaggia di Serapo.

*Detail of the bathymetry with surfacing in front of Serapo beach.*

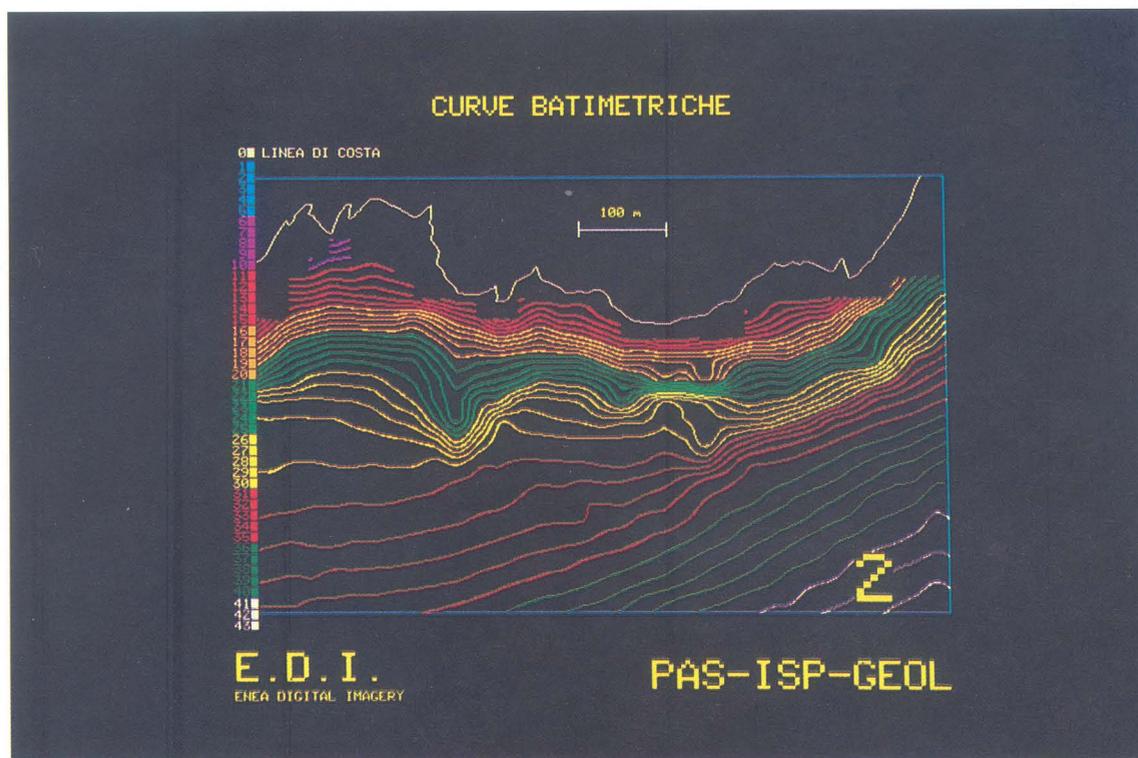


Fig. 12 - Particolare della batimetria di una zona antistante il promontorio di Gaeta.  
Detail of the bathymetry in front of the Gaeta promontory zone.

profondità di 15 metri; per la loro morfometria e il grado di cementazione si correlano con quelle affioranti in superficie precedentemente descritte.

Nella zona del promontorio della Montagna Spaccata è stato possibile unire alle informazioni relative alle evidenze morfologiche direttamente rilevate sott'acqua, tutti i dati scaturiti dalla visione particolareggiata dei profili batimetrici (dal n° 132 al n° 162). Solchi, terrazzi, rotture di pendenza, grotte, sommità di speroni sommersi, vengono tutti inseriti nella Figura 18 e posizionati alla quota corrispondente. Unendo i dati così raccolti, è possibile radunarli in 4 "famiglie" distinte che presumibilmente rappresentano 4 diversi momenti di stazionamenti del livello marino: 7+8 m, 10+15 m, 17+21 m, 24+25 m.

Anche in altre località costiere italiane sono state operate ricerche o osservazioni geomorfologiche subacquee riferibili a livelli di stazionamento marino inferiori all'attuale<sup>(3)</sup>.

(3) Ulzega *et al.* (1984) hanno mappato una serie di linee di riva sulla costa orientale sarda comprese tra 42 e 48 m sotto il l.m. Gli autori, in seguito a rilevamenti ecografici e diretti, hanno riconosciuto litologie del tipo "beach rocks", tali linee di riva vengono ricollegate all'ultima fase trasgressiva del Pleistocene superiore.

Orrù *et al.* (1986) segnalano presso la baia di Funtanamare (Sardegna Sud Occidentale) la presenza di beach rock trasgressiva, compresa tra le quote di 8 e 25 m sotto il l.m.

Orrù (1988), segnala sulla costa orientale sarda (Cala Luna) la presenza di un solco subacqueo a -7m, un'altro solco a -7m è segnalato sulla costa occidentale dell'Iglesiente (Orrù, comu-

## 5. INQUADRAMENTO CRONOLOGICO

In base alle datazioni effettuate con il metodo della epimerizzazione degli aminoacidi su gusci di *Glycymeris*, sia nel presente lavoro che in Antonioli *et al.* (1988), è possibile affermare che i solchi ubicati tra 7 e 5 metri circa e le spiagge fossilifere ad essi associati, sono riferibili all'ultimo periodo interglaciale (Tirreniano). Utilizzando tale informazione come *marker*, è possibile tentare di ricostruire la successione cronologica degli eventi eustatici, paleoclimatici e neotettonici che hanno lasciato traccia in questa porzione di costa del Lazio meridionale.

nicazione personale).

Cinque & Putignano (1990) segnalano tracce di paleolivelli marini sommersi presso la penisola sorrentina, vengono illustrati dati morfologici riferiti ad almeno 5 ordini compresi tra -9 e -50 m; i paleolivelli descritti risultano paragonabili con i dati del presente lavoro.

Ulzega (1988) rileva nella piattaforma marina che circonda le isole Egadi alcuni stazionamenti del mare tra i quali uno a -18 m che ben si correla con un similare livello trovato a Gaeta.

Vengono infine elencate alcune osservazioni operate dall'autore del presente lavoro, al di fuori della zona di indagine di Gaeta: in Sardegna, nei pressi di Cala Mosca, si segnala un solco a -7 m. Nell'isola di Capri si segnalano alcune grotte con stalattiti, con quota ingresso a -7 m, si segnalano inoltre alcuni evidenti terrazzi a -20. Infine presso la porzione calcarea dell'isola del Giglio (Campese) si segnala un terrazzo a -18/20m.

### Superfici A-A5

Il fatto che tali forme erosionali non vengano in rapporto diretto con depositi quaternari, limita molto i risultati dell'indagine. Il grado di modellamento ed incarsimento delle superfici scolpite sui calcari fa pensare ad eventi quaternari lontani nel tempo. E' invece possibile ipotizzare che i fenomeni tettonici che hanno sollevato i lembi di superficie di erosione A-A5 siano terminati non prima del Pleistocene medio, trovandosi questi al di sopra di forme e depositi del Pleistocene superiore.

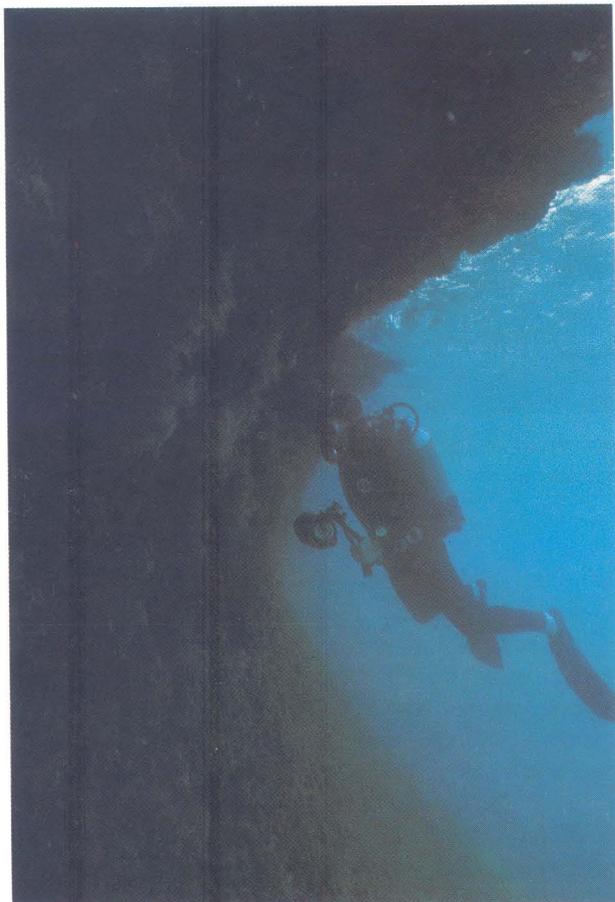


Fig. 13 - Promontorio di Gaeta, solco subacqueo a -1,50 m, per l'ubicazione vedi anche Tav. 1.

*Gaeta promontory, underwater notch at -1,50 m, for the location see Table 1.*

### Sabbie eoliche

Appartengono a più cicli, si osserva infatti che lo stesso materiale è stato rielaborato più volte. Per dare una collocazione cronologica agli eventi eolici che hanno formato le sabbie è possibile rifarsi a formazioni che per colore, granulometria e tipo di suolo, possono essere correlate ai depositi sabbiosi di Monterotondo studiati da Antonioli *et al.* (1990), ubicati a pochi km di distanza sulle alture sovrastanti la Piana di Fondi e considerati del Pleistocene medio-superiore.

### Fori di Litodomi ubicati a 20/22 m

Tali evidenze morfologiche rinvenute presso la

spiaggia di S. Agostino, in vicinanza del solco tirreniano ma a quote superiori, costituiscono l'effetto di uno stazionamento del livello del mare precedente all'ultimo periodo interglaciale.

### Solchi, spiagge fossilifere e fori di Litodomi ubicati tra i 7,50 e i 4,80 m

Sono stati analizzati, con il metodo della epimerizzazione degli aminoacidi, gusci di *Glycymeris* campionati presso la spiaggia a *Ostree* e *Glycymeris* di Gaeta (cfr. Depositi e Forme Quaternarie); sono disponibili inoltre le analisi effettuate su gusci di *Glycymeris* nella Grotta di Tiberio presso Sperlonga (Antonioli *et al.*, 1988): i rapporti D-Alloisoleucina/L-Isoleucina risultano essere: 0,35 presso la grotta di Tiberio e 0,33 a Gaeta. In entrambi i siti il dato numerico risulta leggermente ringiovanito rispetto ai normali rapporti A/I riferibili all'aminozona E (Eutirreniano). Hearty *et al.* (1986) riportano infatti per l'Italia centrale valori compresi, per l'aminozona E (Tirreniano), tra 0,37 e 0,40. I gusci di *Glycymeris* sono stati campionati praticamente in superficie, probabilmente per questo motivo il rapporto D-Alloisoleucina/L-Isoleucina risulta leggermente ringiovanito. I gusci di *Glycymeris*



Fig. 14 - Promontorio di Gaeta, solco subacqueo a -7 m, per l'ubicazione vedi anche Tav. 1.

*Gaeta promontory, underwater notch at -7 m, for the location see Table 1.*

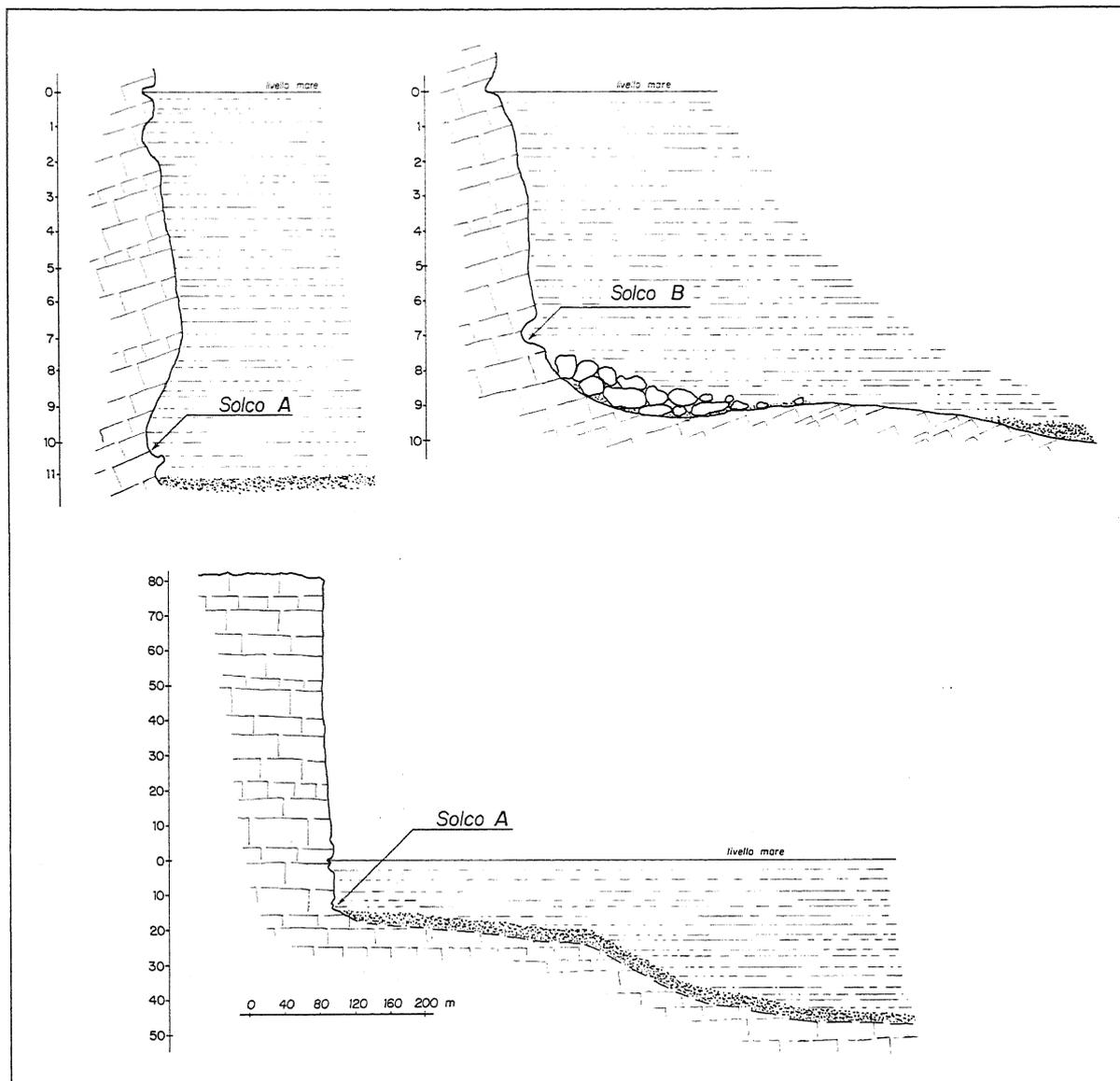


Fig. 15 - Promontorio di Gaeta. Solco A, schema del solco ubicato a - 11 m, in alto il solco a-1.50 m. Solco B, schema del solco ubicato a -7 m.

*Gaeta promontory. Notch A, scheme of the notch located at - 11 m; higher the notch at 1.50 m. Notch B, scheme of the notch located at -7 m.*

sono comunque considerati Tirreniani anche per la quota di rinvenimento del solco.

#### *Solchi spiagge fossilifere e fori di Litodomi ubicati tra 2,5 e 1,3 m*

Ozer *et al.* (1987), attribuiscono al Neotirreniano un conglomerato a fauna "calda" ed un solco ubicati a tali quote nella zona di Capovento. A tale periodo vengono quindi correlati anche i solchi di 1,3 e 1,5 m sul l.m. rinvenuti sul promontorio di Gaeta.

#### *Brecce*

Poichè le brecce costiere emerse si correlano con quelle sommerse, si evince che si sono deposte in un

periodo durante il quale il livello marino era più basso di quello attuale, quindi depositate e cementate in un periodo più freddo di quello attuale. Viene quindi confermata l'interpretazione di Segre (1949) che le considera Würmiane (anche in questo caso non si può però escludere la formazione di più livelli, alcuni dei quali riferibili a periodi freddi più antichi).

#### *Morfologie subacquee*

Sono costituite da: piccoli terrazzi, solchi e grotte ubicate tra 47 e 7 m sotto il l.m. La curva della variazione del rapporto isotopico  $O^{18}/O^{16}$  da 600.000 anni fa, fino ad oggi, secondo Williams *et al.* (1988), presenta 16 picchi, corrispondenti ad altrettanti stadi climatici. I periodi



Fig. 16 - Promontorio di Gaeta. Solco subacqueo ubicato a -11 m, per l'ubicazione vedi anche Tav. 1.

*Gaeta promontory. Underwater notch located at -11 m, for the location see Table 1.*

freddi più evidenti sono rappresentati dagli stadi 16, 12, 6 e 2. L'ultimo, lo stadio 2, presenta un livello del mare più basso di quello attuale di circa 120 m raggiunto circa 18.000 anni fa. Le evidenze morfologiche osservate nella fascia batimetrica da 0 fino a -50 potrebbero quindi, in teoria, essere il risultato di stazionamenti marini riferibili a diversi stadi freddi. E' necessario però fare alcune valutazioni.

Nessuno degli indizi morfologici osservati ha dimensioni areali simili a quelle delle superfici A-A5; si tratterebbe quindi di piccoli effetti morfologici legati a brevi stazionamenti del mare in conseguenza di oscillazioni secondarie del clima. E' ipotizzabile che le ripetute oscillazioni del livello marino cancellino le tracce degli stazionamenti più antichi ed è perciò probabile che le morfologie ancora visibili siano conseguenti ad oscillazioni di livelli relativamente recenti. Sulla base di tali valutazioni è quindi possibile avanzare 2 ipotesi:

- I<sup>a</sup> le forme osservate sono riferibili a stazionamenti del mare avvenuti durante lo stadio 3. L'ipotesi potrebbe essere messa in relazione alla quota (-7m) e all'attribuzione cronologica di una spiaggia fossile rinvenuta in sondaggio nella vicina piana Pontina, i cui sedimenti, sulla base di datazioni al radiocarbonio, rappresenterebbero una trasgressione marina correlabile con lo stadio 3 (Antonoli & Frezzotti, 1989).
- II<sup>a</sup> si tratta di evidenze riferibili a brevi stazionamenti del mare avvenuti durante la risalita successiva ai 18.000 anni B.P. Pur rimanendo valide le differenze dovute al glacio-eustatismo, all'idro-isostasia e alle irregolarità del geoide, che impediscono per definizione la costruzione di una curva valida a livello mondiale, vengono citati in nota alcuni lavori che ammettono una risalita olocenica con soste tali da permettere la genesi di indizi morfologici di linee di riva<sup>(4)</sup>.

<sup>(4)</sup> Fairbridge (1961) ricostruisce la risalita del mare olocenica con una curva sulla quale si contano almeno 8 picchi di stazio-

Per quanto riguarda le evidenze osservate nella zona di Gaeta, non vi sono elementi per accreditare l'una o l'altra ipotesi; la generale freschezza delle morfologie conferma comunque la recente formazione dei solchi e

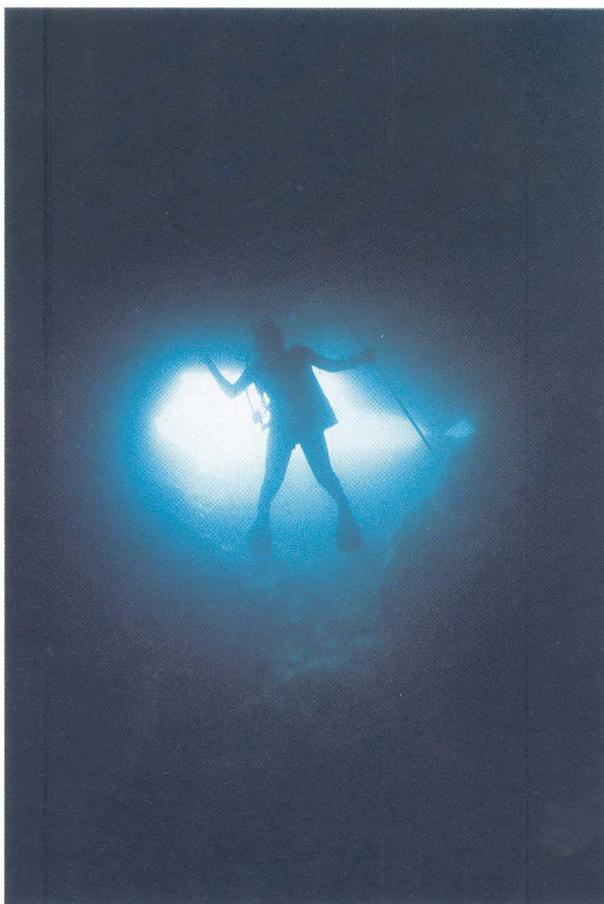


Fig. 17 - Immagine di una cavità sommersa presso il promontorio di Gaeta.

*Submerged cave located at Gaeta promontory.*

namento del mare compresi tra i 12.000 e 2.000 anni B.P. Carter *et al.* (1986) riconoscono 8 linee di costa sommerse in Nuova Zelanda datate con il radiocarbonio: -114m, 18.000 B.P.; -88m, 17.000 B.P.; -75 m, 15.000 B.P.; -56 m, 12.000 B.P.; -46 m, 11.000 B.P.; -28 m, 9.500 B.P.; -24 m, 9.000 B.P.; -9 m, 7.500 B.P.; 0 m 6.500 B.P.; nello stesso lavoro vengono riportati numerosi dati di altri autori riguardanti linee di riva riferibili alla trasgressione olocenica in tutto il mondo. Sulla base di queste ricerche e delle datazioni riportate, Carter *et al.* (1986) ammettono una discreta correlabilità (soprattutto per gli ultimi terrazzi) tra i dati provenienti dall'emisfero australe e da quello boreale.

Bellotti *et al.* (1989) esaminano la piana deltizia del Tevere e, utilizzando datazioni radiometriche, individuano negli ultimi 17.000 anni 9 stazionamenti del livello marino alle seguenti quote sotto il l.m.: 125 m, 66 m, 59 m, 40 m, 30 m, 25 m, 17 m, 10 m; gli autori, inoltre, riscontrano un tasso medio di risalita molto rapido (1,3 m/secolo) tra 17.000 e 10.000 anni B.P., e decisamente più lento (0,5 m/secolo) tra 10.000 e 5.000 anni B.P. Colantoni *et al.* (1990) individuano, alla profondità di 35+40m, un litosoma costiero sommerso al largo di Ravenna. Il cordone, datato circa 8.000 anni B.P., è stato costruito da un forte apporto sedimentario durante una stasi della trasgressione; si è successivamente conservato per una rapida sommersione.

dei terrazzi subacquei. Il solco ubicato a -7m, per esempio presenta, rispetto ai solchi tirreniani, una morfologia nettamente più fresca e conservata.

## 6. IMPLICAZIONI TETTONICHE

I solchi di battente e i lembi di terrazzi registrano sul terreno gli stazionamenti del livello del mare. Tali evidenze morfologiche, ubicate al di sopra dei solchi dell'ultimo interglaciale, a partire da quelle rinvenute a 20/22 m sul l.m., debbono considerarsi sollevate. Le rispettive

quote dei lembi di terrazzi, sostanzialmente ben correlabili, fanno pensare ad un sollevamento (perdurato almeno fino al Pleistocene Inferiore-Medio) a grandi linee uniforme in tutta l'area esaminata.

Entrando nei particolari e analizzando le quote relative ai solchi di battente riferibili all'ultimo periodo interglaciale, si riscontra una anomalia tra il settore di Gaeta e quello di Sperlonga: i solchi infatti misurati sul promontorio di Gaeta, risultano più bassi di un paio di metri circa rispetto a quelli della zona di Sperlonga.

Con i dati dei solchi rinvenuti a Gaeta insieme ai risultati ottenuti con le ricerche svolte sull'intero litorale

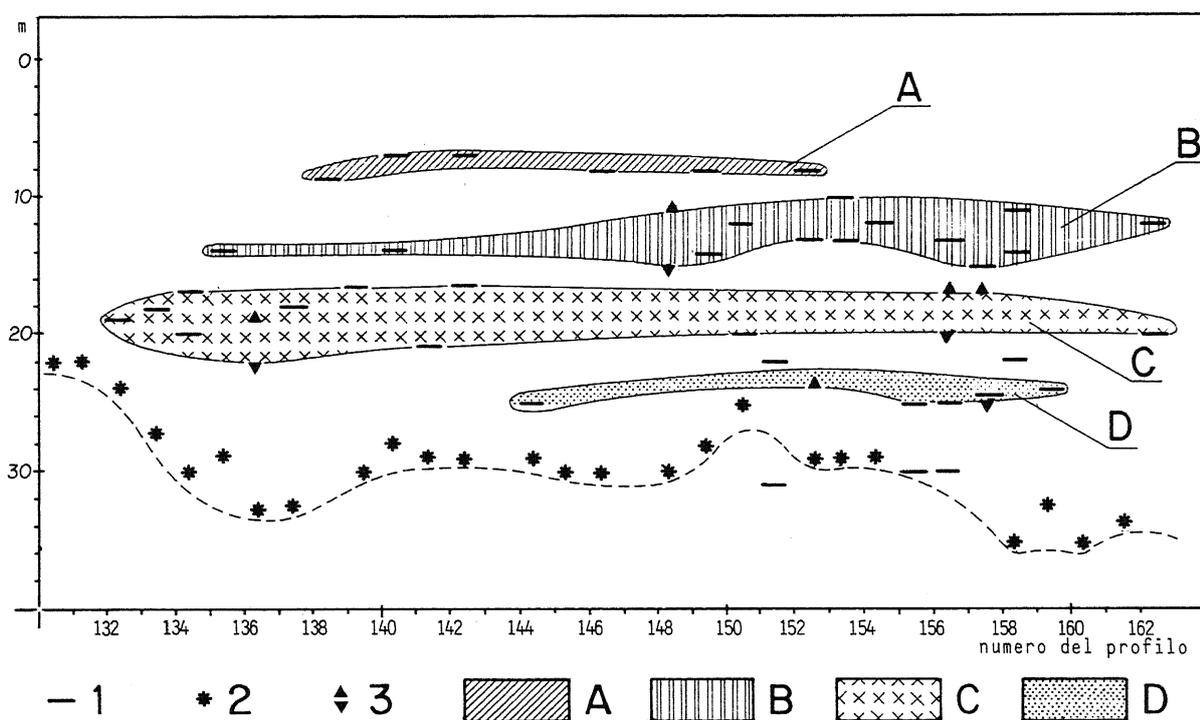


Fig. 18 - Schema riassuntivo e quota delle morfologie subacquee riconosciute con i profili batimetrici presso il promontorio di Gaeta. 1) terrazzi a litologia calcarea e/o rotture di pendenza; 2) piede delle falesie; 3) punta e base di speroni isolati. A) 7/8 m: piccoli terrazzi e solchi di battente; B) 10/15 m: terrazzi, solco di battente, sommità di faraglione e numerose imboccature di grotte; C) 17/21 m: terrazzi, faraglioni e numerose imboccature di grotte; D) 24/25 m: terrazzi e faraglione.

*Resuming scheme and depth of the submerged morphologies recognized with bathymetric profiles at Gaeta promontory. 1) limestone terraces and slope breaks; 2) falaise base; 3) tip and base of isolated spur; A) 7/8 m: terraces and notches; B) 10/15 m: terraces, notches, spur and numerous caves; C) 17/21 m: terraces, spurs and numerous caves; D) 24/25 m: terraces and spur.*

del Lazio meridionale (Ozer *et al.*, 1987) e a Fondi (Antonoli *et al.*, 1990) è possibile affermare che i rilievi calcarei e le piane costiere pur essendo sostanzialmente stabili, presentano alcune zone con leggeri movimenti differenziali verificatisi durante e dopo il Tirreniano.

Ozer *et al.*, 1987, dopo una accurata analisi delle quote dei solchi correlati con spiagge dell'ultimo interglaciale di una vasta area costiera compresa tra il promontorio del Circeo (solco a 9.56 m sul l.m.) e il M. D'argento presso Minturno (solco a 9.84), ipotizzano, per queste due zone, un sollevamento contemporaneo all'Eutirreniano ma terminato nel Neotirreniano e una sostanziale stabilità delle altre aree (cfr. Depositi e Forme

Quaternarie). Assumendo il valore di 7/8 m sul l.m. come dato del livello del mare tirreniano relativo<sup>(5)</sup>, è possibile constatare a livello regionale discordanze relative verificatesi durante o dopo tale periodo: il promontorio del Circeo risulta sollevato di quasi 2 m, la zona di Terracina stabile, la piana di Fondi subsidente di almeno 12 m, la zona di Sperlonga stabile, il promontorio di Gaeta abbassato di circa 2 metri e il promontorio del M. D'argento sollevato di quasi 2 m.

<sup>(5)</sup> Sulla quota relativa raggiunta dal livello del mare durante il Tirreniano nell'area esaminata, si fa riferimento alle quote dei solchi, rinvenuti nel Lazio meridionale da Ozer *et al.* 1987, associate a datazioni e presenza di fauna senegalese.

## 7. CONCLUSIONI

Attraverso lo studio della morfologia subacquea di una porzione di costa del Lazio meridionale, insieme ai dati subaerei rilevati in campagna e su foto aeree, è stato possibile ricostruire alcuni eventi di interesse eustatico, paleoclimatico e tettonico.

Sono stati riconosciuti 6 lembi di terrazzi di erosione, essi presentano una buona correlazione topografica laterale che permette di riferirli ad altrettanti stazionamenti del livello del mare. Forme e depositi riferibili sempre a livelli del mare ubicate a quote più alte dell'attuale, sono stati riconosciuti intorno ai 20 m (fori di *Litodomi* e faraglioni isolati), ai 4,80/7,50 m (solchi di battente e depositi di spiaggia Tirreniani), ai 2,50/1,30 (solchi di battente e depositi di spiaggia Neotirreniani).

Sono state rilevate evidenze morfologiche (solchi terrazzi e cavità) sommerse correlabili ad almeno 6 diversi stazionamenti del mare (1,5 m, 7/8 m, 10/15 m, 17/21 m, 24/25m, 43/47 m sotto il l.m.). Sull'interpretazione cronologica di questi eventi vengono avanzate due ipotesi: che si tratti di stazionamenti marini avvenuti durante la risalita olocenica, oppure avvenuti durante lo stadio 3 della curva isotopica dell'ossigeno. È stata individuata una scarpata sommersa, subparallela alla linea di costa; tale "struttura" presumibilmente tettonica presenta un andamento risalente da occidente verso oriente.

In base alle datazioni effettuate con il metodo della epimerizzazione degli aminoacidi su gusci di *Glycymeris* è stato possibile attribuire al Tirreniano alcuni solchi di battente e spiagge fossilifere; sulla base di considerazioni stratigrafiche e glacioeustatiche è stato fatto un tentativo di inquadramento cronologico delle altre forme e depositi quaternari rinvenuti. Il mancato ritrovamento di conchiglie fossili nei solchi e sui terrazzi sommersi non ha permesso di datare con precisione le evidenze morfologiche correlate con i livelli del mare più bassi dell'attuale.

I dati provenienti dall'analisi diretta subacquea hanno trovato un riscontro altimetrico e cronologico dalla visione tettonica generale scaturita dall'analisi delle foto aeree e dei lembi di terrazzi di erosione A-A5. In base alle differenze di quota riscontrate nei solchi si ammette un leggero comportamento differenziale tettonico tra la zona di Sperlonga e il promontorio di Gaeta.

## RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano i Dott. Leo Sensi e Marilina del Gizzo per il valido contributo apportato durante le immersioni effettuate presso il promontorio della Montagna Spaccata di Gaeta; l'Ing. Luigi Rossi per l'elaborazione dei dati batimetrici; il Dott. Carlo Giraudi per la rilettura critica del manoscritto e Fernando Cevolani per l'impostazione grafica e la realizzazione delle figure.

## BIBLIOGRAFIA

- Antonoli F. & Rossi L. (in corso di stampa) - *Geomorfologia subacquea e costiera del litorale compreso tra Punta Stendardo e Torre S. Agostino (Gaeta). Approccio informatico con l'ausilio di un sistema originale di digitalizzazione dei dati batimetrici*. RT ENEA.
- Antonoli F., Frezzotti M. & Valpreda E. (1990) - *Evoluzione geologica della Piana di Fondi e delle aree marginali durante il Quaternario*. Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia, **XXXVIII**, 97-124.
- Antonoli F. & Frezzotti M. (1989) - *I sedimenti tardo-pleistocenici ed olocenici compresi nella fascia costiera tra Sabaudia e Sperlonga*. Conv. "Morfogenesi e stratigrafia dell'Olocene" Bari. Mem. Soc. Geol. It., **42**.
- Antonoli F., Dai Pra G. & Hearty P.J. (1988) - *I sedimenti Quaternari nella fascia costiera della piana di Fondi*. Boll. Soc. Geol. It. **107**, 491-501.
- Bellotti P., Carboni M.G., Milli S., Tortora P. & Valeri P. (1989) - *La piana deltizia del fiume Tevere: analisi di facies e ipotesi evolutiva dall'ultimo low stand glaciale all'attuale*. Giorn. Geol., **51/1**, 71-91.
- Blanc A.C. & Segre A.G. (1947) - *Nuovi giacimenti tirreniani e paleolitici sulla costiera tra Sperlonga e Gaeta*. Historia Naturalis, **II**, 3-4.
- Carter R.M., Carter L. & Johnson D.P. (1986) - *Submerged shorelines in the SW Pacific: evidence for an episodic post-glacial transgression*. Sedimentology, **33**, 629-649.
- Cinque A. & Putignano M. (1990) - *Paleolivelli marini sommersi della Penisola Sorrentina*. Dip. di Scienze della Terra, rapporto interno.
- Colantoni P., Preti M. & Villani B. (1990) - *Sistema deposizionale e linea di riva sommersi in Adriatico al largo di Ravenna*. Giorn. Geol., **52/1**, 1-18.
- Fairbridge R.W. (1961) - *Eustatic changes in sea level*, Physics and Chemistry of the Earth, London. Pergamon Press, **4**, 99-185.
- Hearty P.J., Miller G.H., Stearns C.E. & Szabo B.J. (1986) - *Aminostratigraphy of Quaternary shorelines in the Mediterranean basin*. Geol. Soc. of Am. Bull., **97**, 7, 850-858.
- Orrù P. (1988) - *Paleogeografia della piattaforma continentale del golfo di Orosei nel tardo glaciale (Sardegna orientale)*. Congr. Int. "I primi uomini in ambiente insulare", Oliena.
- Orrù P. & Ulzega A. (1986) - *Geomorfologia costiera e sottomarina della baia di Funtanamare (Sardegna Sud-Occidentale)*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 59-67.
- Ozer A., Demoulin A. & Dai Pra G. (1987) - *Les Indices morphologiques temoins de la stabilité tectonique de la bordure littorale du Lazio meridional (Italie)*. Zeit. f. Geomorph., Bd. **63**, 103-117.

- Pirazzoli P.A. (1986) - *Marine notches. Sea level research: a manual for the collection and evaluation of data*. Edited by Orson van de Plassche. Geobooks, Norwich, 361-400.
- Segre A. G. (1949) - *Tracce di morfologia subaerea sul fondo marino litoraneo del Lazio Meridionale*. *Historia Naturalis*, anno III°, 1, 1-3.
- Segre A. G. (1969) - *Linee di riva sommerse e morfologia della piattaforma continentale italiana relative alla trasgressione marina versiliana*. *Quaternaria*, XI, 141-154.
- Sevink J., Rimmelzwaal A. & Spaargen O.C. (1984) - *The soils of southern Lazio and adjacent Campania*. Amsterdam: Univ. van Amst., 38, 1-140.
- Servizio Geologico d'Italia (1968) - *Carta Geologica d'Italia al 100.000. Foglio 171 Gaeta*. Roma
- Ulzega A., Leone F., De Muro S., Fercia S., Franceschi G., Grimaldi F., Loi L., Lummerzheim M., Manunza A., Marongiu P. Orrù P., Porqu G.P., Rodriguez M., Sanna C. & Sanna R. (1984) - *Primi risultati sulla crociera oceanografica L.M. 84 per lo studio delle linee sommerse della Sardegna*.
- Ulzega A. (1988) - *Paleogeografia delle isole Egadi (Sicilia) nel Pleistocene Superiore*. Congr. Int. "I primi uomini in ambiente insulare", Oliena.
- Williams D. F., Thunell R. C., Tappa E. & Raffi I. (1988) - *Chronology of the Pleistocene oxygen isotope record: 0-1.88 M.y. B.P.* *Palaeogeogr. Palaeoclim. Palaeoecol.*, 64, 221-240, Amsterdam.

Manoscritto ricevuto il 15.6.1991

Inviato all'Autore per la revisione il 25.6.1991

Testo definitivo ricevuto il 4.7.1991