

TOMMASO DE PIPPO, CARLO DONADIO & ANDREA SGROSSO (\*)

## GEOMORFOLOGIA SOTTOMARINA DI UN SETTORE DELLA PENISOLA SORRENTINA (CAMPANIA)

**ABSTRACT:** DE PIPPO T., DONADIO C. & SGROSSO A., *Submarine Geomorphology of a sector of the Surrentine Peninsula (Campania, Southern Italy)*. (IT ISSN 0391-9838, 1998).

Researches carried out during 1995 and 1996 on the continental shelf around the southern sector of the Surrentine Peninsula (Southern Italy), highlighted the geomorphological features of submarine landscapes characterized with rocky platforms and marine terraces until 100 m depth.

The aim is to reconstruct the quaternary morphodynamic evolution by linking known geological informations of the emerged coast with new morphological data of the submerged environment of this coastal zone. Bathymetric, GPS' surveys and scuba-diving reliefs allowed us to register data about the morphological structures along the sea bottom and the cliffs. Submerged marine surfaces, both of erosional and depositional origin, were found between 3÷90 m depth, with underwater rocky pools, channels, karstic submarine caves and sea-notch traces too.

Computer simulations of rocky coast evolution since 900 Ka B.P., considering 10°-40° slope slants under stable tectonic regime or light uplifts during one or more cycles, confirmed however the formation of wave-cut terraces between sealevel and -20 m depth and wider terraces at -45/-60 m depth. Therefore, the terraces observed on the emerged coast are related to tectonic-eustatic interaction, while the submerged platforms are above all related to eustatic phenomena during the Quaternary.

**KEY WORDS:** Submarine Geomorphology, Plio-Quaternary, Surrentine Peninsula, Campania, Italy.

**RIASSUNTO:** DE PIPPO T., DONADIO C. & SGROSSO A., *Geomorfologia Sottomarina di un settore della Penisola Sorrentina (Campania)*. (IT ISSN 0391-9838, 1998).

Le indagini condotte lungo la costa emersa e sommersa del tratto meridionale della Penisola Sorrentina compreso tra Marina di Cantone e Punta Tasciero, tendono a fornire un contributo per la ricostruzione della evoluzione morfologica quaternaria di quest'area attraverso la correlazione delle aree emerse con quelle sommerse.

In precedenza sono state eseguite diverse ricerche geomorfologiche su quest'area, e alcuni autori hanno tentato di ricostruire le tappe dell'evoluzione geomorfologica correlando i dati noti per le aree emerse con

quelli riconosciuti nei dintorni dello Scoglio Isca e soprattutto nell'omonima grotta. In questo lavoro, per la prima volta, ai singoli elementi rilevati metodicamente su un'area estesa con osservazioni dirette, subacquee e subacquee, e ai dati sulla geomorfologia costiera della penisola desunti dalla letteratura sono state correlate le informazioni dedotte dalla costruzione di una dettagliata carta batimetrica.

Le indagini morfologiche sono state eseguite sulla piattaforma continentale fino alla profondità di -100 m, impiegando un sistema di radioposizionamento satellitare ed un ecografo installati a bordo di un natante. Sono state inoltre effettuate una serie di immersioni subacquee per rilevare le caratteristiche geomorfologiche dell'ambiente sottomarino.

I rilievi hanno consentito di evidenziare più ordini di superfici spianate sommerse, poste a profondità comprese tra -3 e -90 m circa. Lembi di tali superfici, di ampiezza variabile da qualche metro ad alcune decine di metri, si rinvengono sia alla base della porzione sommersa della falesia costiera che sulla piattaforma continentale. Tra l'altro, sui terrazzi più superficiali sono state osservate, a varie profondità, vasche di corrosione, marmite d'erosione, docce, canali e condotti carsici generati da processi misti d'erosione meccanica e di dissoluzione bio-chimica. La continuità laterale dei terrazzi marini è interrotta sia da incisioni vallive che proseguono fino in ambiente sottomarino, sia da lineamenti tettonici perpendicolari alla costa. Le valli si estendono da quote di circa 150 m s.l.m. fino alla base della falesia, ubicata a -10/-20 m di profondità. Quest'ultima presenta grotte e condotti carsici e tracce di solchi di battente sia emersi che sommersi.

La genesi dei terrazzi, talvolta ricoperti da un sottile strato di detriti ghiaioso-sabbiosi, e delle forme ad essi associate è correlabile all'interazione tra le oscillazioni glacioeustatiche quaternarie del livello marino e gli eventi neotettonici. I dati cartografici ed i risultati delle indagini morfologiche sono stati elaborati per la restituzione di un modello digitale integrale del paesaggio costiero. Su tale base cartografica, infine, è stata costruita la carta geomorfologica di dettaglio dell'area in studio.

**TERMINI CHIAVE:** Geomorfologia sottomarina, Plio-Quaternario, Penisola Sorrentina, Campania.

### INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE

La Penisola Sorrentina (fig. 1), ubicata nel settore meridionale del bacino tirrenico, costituisce un promontorio roccioso con orientamento ENE-WSW che divide geograficamente due ampie depressioni strutturali: il *Graben* del Golfo di Napoli nella Piana Campana, a N, e quello di Salerno nella Piana del Sele, a S. La successione stratigrafica

(\*) Dipartimento di Scienze della Terra, Università «Federico II», Napoli, Largo S. Marcellino, 10.

Lavoro eseguito nell'ambito del progetto «Analisi geomorfologica della piattaforma costiera campana tra la Penisola Sorrentina e Monte Bulgheria», Murst, fondi 60%. Si ringrazia vivamente il prof. Ludovico Brancaccio per la lettura critica del manoscritto, i preziosi consigli e le proficue discussioni che hanno contribuito alla sua stesura.

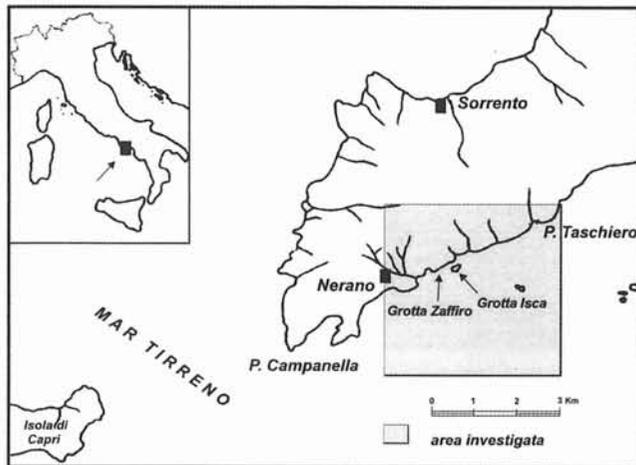


FIG. 1 - Ubicazione dell'area in cui è stata svolta la ricerca.

FIG. 1 - Investigated area.

è costituita dalla potente serie dolomitico carbonatica mesozoica della Piattaforma Campano-Lucana (Sgrosso, 1971); su questi terreni, affiorano in trasgressione i litotipi calcarenitico-arenacei del Miocene che segnano l'inizio della sedimentazione terrigena. Inoltre, è presente un deposito arenaceo alto-miocenico in facies di flysch, in cui si rinvencono grossi olistoliti e lembi di Argille Varicolori. Infine, soprattutto nelle depressioni morfologiche (Piana di Sorrento), si rinvencono, a luoghi, estesi depositi vulcanici quaternari ascrivibili alle eruzioni piroclastiche flegree e subordinatamente del M. Somma-Vesuvio.

La penisola si delinea come un horst costituito dai rilievi dei M. Lattari, i cui terreni, ascrivibili all'unità paleogeografica della Piattaforma Carbonatica Campano-Lucana, sono dislocati da una serie di faglie dirette bordiere a prevalente andamento tirrenico. Queste ultime, con un rigetto complessivo dell'ordine di 3000 m (Brancaccio & alii, 1991; 1994), hanno determinato a partire dal Tortoniano lo sprofondamento dei golfi. La successiva fase distensiva messiniana ha determinato un ulteriore approfondimento delle depressioni costiere favorendo l'accumulo di depositi durante il Pliocene (Ortolani & alii, 1979). Nell'arco del Pleistocene inferiore si sono manifestati sollevamenti dei rilievi bordieri appenninici (Cinque, 1992; Brancaccio & alii, 1992) con conseguente deposizione lungo le piane di potenti serie conglomeratiche continentali (Conglomerati di Eboli). Alcuni importanti lineamenti tettonici con orientamento N-S, sia a carattere compressivo che distensivo, hanno inoltre determinato lungo la penisola la formazione di alti e bassi strutturali, come nel caso dell'alto morfologico di M. San Costanzo, i cui terreni calcarei cretacei poggiano per faglia inversa sui terreni miocenici dell'area compresa tra Massalubrense e Nerano, o come nel caso del graben di Sorrento. I depositi di spiaggia ed i cordoni dunari del Pleistocene medio-superiore, affioranti parallelamente all'attuale linea di riva (Golfo di Salerno), individuano una fase di generalizzata stabilità protrattasi fino all'Olocene. È segnalata la presenza di un solco di battente a

8-10 m sopra il livello marino attuale attribuito allo Stadio Isotopico 7 (Cinque & Romano, 1990) e di depositi di spiaggia e solchi di battente tirreniani posti a circa 6-8 m (Brancaccio & alii, 1986; Amato & alii, 1991; Russo & Beluomini, 1992).

Lungo gli allineamenti tettonici ad andamento appenninico si è impostato un reticolo idrografico, poco sviluppato a causa della prevalente permeabilità dei terreni carbonatici affioranti. Nel settore sommerso, sulla prosecuzione di tali linee tettoniche, si sono impostate valli susseguenti, in parte mascherate da detriti, che in alcune zone si estendono quasi fino alla ripida scarpata di linea di faglia presente a circa -100 m di profondità. Nell'area indagata gli strati calcarei della falesia costiera, in prevalenza a franapoggio, con immersioni verso SE ed inclinazioni comprese tra 10° e 40°, mostrano in prossimità di alcune faglie osservate lungo la costa emersa variazioni della giacitura e deboli piegamenti.

## ASSETTO GEOMORFOLOGICO

La dorsale M. Lattari-Penisola Sorrentina è nel complesso assimilabile ad una struttura monoclinale immergente di 20°-30° verso NW, suddivisa in una serie di blocchi minori.

In posizione sommitale (M. Faito e M. Cerreto) si riconoscono i relitti di una paleosuperficie erosionale piana di età precedente alle fasi neotettoniche che l'hanno smembrata e sollevata a quote altimetriche differenti (Cinque, 1986; 1992).

La morfologia del fondo marino prospiciente questa unità morfostrutturale suggerisce un prevalente controllo tettonico differenziato tra l'area costiera a N e quella a S. Infatti, i processi morfoevolutivi dei fondali marini del settore meridionale (Golfo di Salerno) sono stati condizionati da una prevalente tettonica a blocchi conclusasi nella seconda metà del Pleistocene medio (Cinque & Putignano, 1992; Budillon & alii, 1994). Per quanto attiene invece l'area settentrionale (Golfo di Napoli), l'evoluzione è stata maggiormente influenzata da fenomeni vulcano-tettonici e di subsidenza protrattisi fino all'Olocene.

Sulla fascia costiera emersa sono stati riconosciuti paleolivellimari attribuibili sia al Tirreniano (solco di battente a +6, +8 m s.l.m.; Brancaccio & alii, 1986), sia al Pleistocene medio (terrazzi sollevati di qualche decina di metri e posti a quote comprese tra +15 m e +35 m; Romano & Sgrosso, 1992). L'ambiente sottomarino è caratterizzato dalla presenza di più ordini di superfici terrazzate poste a quote comprese fra -6 e -120 m ed intagliate nella successione calcarea mesozoica locale. Lembi di un terrazzo marino sommerso più superficiale, presente alla profondità di -3 m sono stati osservati lungo la porzione meridionale della falesia costiera e sono correlabili a quelli rinvenuti all'interno di grotte carsiche sommerse (Romano & Sgrosso, 1992). Nelle aree prossime alla costa e a profondità comprese entro i -30 m è possibile individuare ricorrenti lembi di terrazzi marini di estensione limitata, a cui sono associati solchi di battente, forme di erosione mista



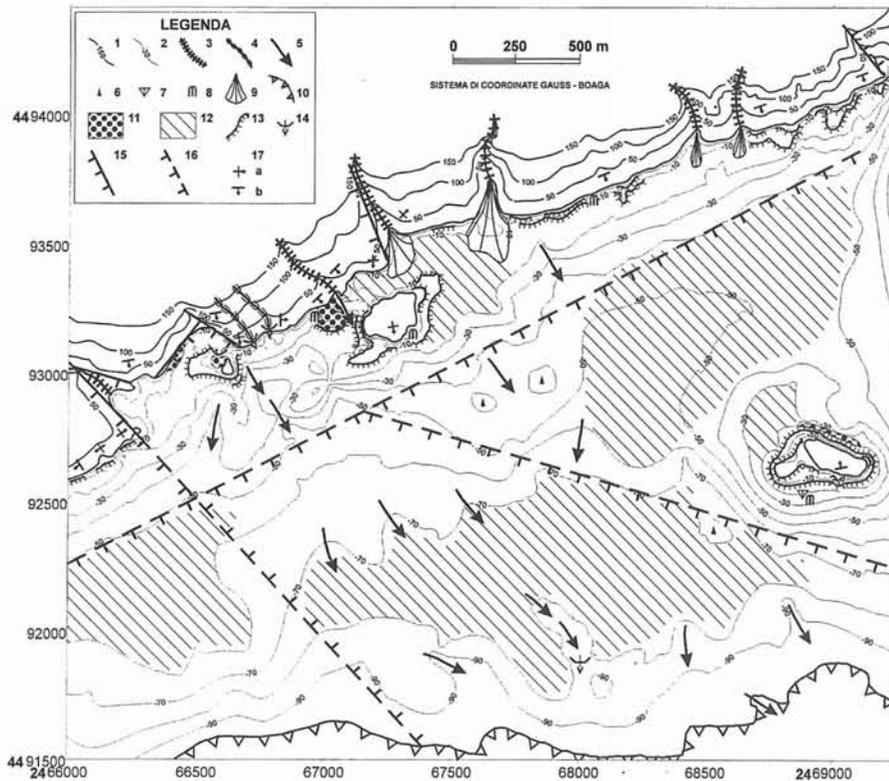


FIG. 3 - Carta geomorfologica della costa e dei fondali tra Marina di Cantone e Punta Taschiero. 1) isoipsa (m); 2) isobata (-m); 3) forra o vallecchia con sezione a V; 4) vallecchia a conca; 5) incisione sottomarina; 6) scoglio o faraglione isolato sommerso; 7) inghiottitoio sommerso; 8) ingresso cavità sottomarina a sviluppo orizzontale; 9) conoide sottomarina; 10) limite della scarpata; 11) corpo di frana di crollo; 12) spianata sottomarina; 13) orlo di terrazzo d'abrasione; 14) valle sospesa; 15) faglia certa; 16) faglia presunta; 17) giacitura degli strati: a) 0-10°; b) 10-40°.

FIG. 3 - Geomorphological map of the coastal and seabed area between Marina di Cantone and Punta Taschiero. 1) isohypse (m); 2) isobath (-m); 3) gorge or V-section Valley; 4) U-section Valley; 5) submarine Valley; 6) submerged rock or isolated stack; 7) submerged karstic sinkhole; 8) entrance of horizontal developed submarine cave; 9) submarine fan; 10) continental shelf-break; 11) rockfall pile; 12) submarine terrace; 13) edge of erosional terrace; 14) suspended Valley; 15) certain fault; 16) presumed fault; 17) layer lying: a) 0-10°; b) 10-40°.

## BATIMETRIA DEI FONDALI

L'analisi della carta batimetrica redatta (fig. 2) ha consentito di evidenziare i principali caratteri morfologici del fondo marino e di indirizzare le successive indagini subacquee. In particolare, nei primi 40 m di profondità si rileva una pendenza media compresa tra il 10% ed il 20%, con un andamento delle isobate subparallelo alla linea di costa, tranne che nella fascia compresa tra Marina di Cantone e lo Scoglio Isca. In quest'area, in corrispondenza di sbocchi vallivi, si osservano entro i -20 m flessioni verso il largo delle isobate, che rappresentano probabili conoidi detritiche. Inoltre, nei pressi dello Scoglio Scruopolo si osserva un protendimento verso SE delle isobate comprese fra i -20 ed i -50 m che indicherebbe il prolungamento sottomarino dell'alto morfologico rappresentato dal faraglione. Tale elemento è delimitato ai lati da due incisioni, di cui quella orientale quasi certamente rappresenta la traccia della prosecuzione subacquea della faglia diretta tirrenica che è stata riconosciuta lungo la costa emersa ad E dello scoglio.

Le isobate dei -20 e -30 m che bordano il lato occidentale e meridionale dello Scoglio Isca fanno presumere l'esistenza di lineamenti tettonici che hanno determinato l'origine delle scarpate. Al di sopra di queste si osserva una superficie spianata a -20 m mentre lungo il perimetro dello scoglio è presente un'ampia superficie terrazzata compresa entro i -10 m che si raccorda alla costa.

Nel tratto costiero ad E dello Scoglio Isca fino a Marina di Crapolla la pendenza media del fondo fino a -40 m è pari al 7% ed è visibile un'ampia superficie terrazzata

compresa entro i -20 m. L'andamento delle isobate tra -20 e -40 m presenta una spiccata convessità verso SE, ad indicare probabili accumuli detritici posti al largo della citata superficie di spianamento, imputabili agli apporti sedimentari provenienti dalle incisioni vallive costiere. In corrispondenza delle incisioni del Rio Scrivanessa ad W e del Rio Viarito ad E, la geometria delle isobate dei -5 e -10 m testimonia la presenza di depositi detritici di conoide allo sbocco delle valli.

Lungo i fondali che si estendono tra lo Scoglio Isca e lo Scoglio Vetara, in direzione NW-SE ed a profondità comprese tra -40 e -80 m circa, la morfologia è caratterizzata dalla presenza di strutture poco ampie che si elevano rispetto al fondo di qualche metro e che potrebbero rappresentare faraglioni isolati, emersi durante le fasi di mare basso ed in seguito erosi alla sommità durante le fasi di risalita.

Nella fascia costiera orientale, tra Marina di Crapolla e Punta Taschiero, le isobate più prossime alla costa presentano deboli irregolarità in corrispondenza di circoscritte zone di accumulo detritico o erosione del fondo, prospicienti le vallecchie emerse.

L'andamento dei fondali entro i -40 m con batimetriche rettilinee e parallele alla costa e la riduzione netta della pendenza media oltre tale profondità, potrebbe testimoniare il controllo della morfologia sommersa da parte della linea tettonica che ha determinato l'attuale disegno costiero. In alcune zone la concavità delle isobate rivolta verso la maggiore profondità indicherebbe la presenza di probabili tratti di paleovalli sommerse il cui orientamento (N-S) coincide con le incisioni presenti sulla costa.

Le isobate tra i -40 ed i -70 m nelle aree a SW e a NE dell'allineamento Isca-Vetara, sono allineate in direzione SW-NE, per poi disporsi in direzione NW-SE proprio in corrispondenza delle strutture emerse. Tale andamento, unitamente alla scarpata riconosciuta lungo i fondali meridionali dello Scoglio Vetara e alla scarpatina presente ad W dello Scoglio Isca, fa ipotizzare che vi sia un controllo tettonico delle batimetriche lungo una linea di faglia orientata in direzione NW-SE. Questa faglia, molto probabilmente, interseca la linea tettonica che, con andamento SW-NE, è responsabile dell'attuale morfologia della falesia costiera e dei fondali prospicienti ad essa, ribassando il settore S-occidentale relativamente al settore N-orientale rialzato. Tale situazione strutturale è testimoniata tra l'altro dalla presenza dei faraglioni attualmente emersi e di quelli sommersi individuati lungo l'allineamento Isca-Vetara.

L'intero settore costiero indagato presenta una serie di terrazzi marini sommersi di ampiezza variabile e separati da scarpate poco inclinate. In particolare, l'interpretazione dei profili ecografici unitamente all'analisi della carta batimetrica, ha consentito di riconoscere ordini di terrazzi alle quote di -50, -60, -70, -80 e -90 m. Alla profondità di -100 m si rinviene il bordo della scarpata di linea di faglia subverticale (pendenza media oltre il 70%) che si estende in direzione W-E con andamento sinusoidale, mentre l'ampiezza della piattaforma aumenta da W (1000 m) verso E (2100 m).

Dalla profondità di -40 m fino al bordo della scarpata stessa, ove la pendenza media varia fra il 3% ed il 6%, le caratteristiche fisiche del fondo marino mostrano una maggiore omogeneità, fatta eccezione per l'area prospiciente lo Scoglio Vetara dove l'acclività raggiunge valori pari al 9,5%.

## RILIEVI GEOMORFOLOGICI DIRETTI

L'area in esame, sulla base delle caratteristiche morfologiche della falesia carbonatica e dei fondali marini fino a -40 m di profondità, è suddivisibile in più unità fisiografiche costiere: la zona compresa tra Marina di Cantone e lo Scoglio Scruopolo, ad W; l'area tra quest'ultimo e Marina di Crapolla e lo Scoglio Isca, nel settore centrale; la zona che si estende fra Torre Crapolla e Punta Taschiero e lo Scoglio Vetara, ad E.

### SETTORE COSTIERO TRA MARINA DI CANTONE E SCOGGIO SCRUOPOLO

Quest'area è costituita da un promontorio che separa la baia di Marina di Cantone da quella di Reconnone e si protende in mare per circa 200 m. Il promontorio rappresenta un alto strutturale delimitato dalla falesia e da due faglie dirette bordiere ad andamento tirrenico - su cui affiorano, a pochi metri dal livello del mare, i terreni miocenici trasgressivi (Sgrosso, 1971) - che presenta un andamento rettilineo con orientamento NE-SW ed un'altezza massima di +30 m s.l.m.

Nel tratto adiacente al promontorio, la falesia è caratterizzata dalla presenza di una valle incisa nei rilievi calcarei

(Rio Sculia) che si sviluppa in direzione NNW-SSE fino al mare, raccogliendo in destra orografica il contributo di una valle minore (Rio Acchiungo) allineata in direzione NWSE.

Nel tratto occidentale il litorale è costituito da una spiaggia ciottoloso-sabbiosa ampia una cinquantina di metri, mentre l'area orientale è delimitata da una ripida falesia a forma concava che rappresenterebbe il relitto di una cavità carsica ampia circa 200 m delimitata da due faglie dirette perpendicolari tra loro. Sono infatti presenti numerose evidenze a differenti quote lungo la falesia; in particolare, nella parte sommitale sono visibili una serie di speleotemi, mentre nel tratto compreso tra il livello marino e -5/-6 m sono state rinvenute alcune piccole cavità e condotti carsici orientati verso N. In questa zona la giacitura degli strati carbonatici presenta una progressiva diminuzione dell'inclinazione verso il largo, in direzione NW-SE; infatti, lungo la falesia gli strati immergono a franapoggio, con inclinazione di 25°-30°, mentre sul faraglione dello Scruopolo e sulla costa retrostante la giacitura è suborizzontale.

Il promontorio che separa le due baie di Marina di Cantone e Reconnone prosegue in ambiente sottomarino quasi verticalmente fino a circa -10 m. Da questa profondità e fino a -40 m i fondali, costituiti da detriti sabbioso-ghiaiosi, sono caratterizzati da numerosi blocchi da crollo nel settore orientale della baia e da una superficie di abrasione marina ad W del faraglione. Questo terrazzo marino (-10 m), che potrebbe tra l'altro rappresentare una superficie di strato, tenuto conto della giacitura dei terreni, costituiva verosimilmente parte del pavimento della presunta cavità carsica crollata. Esso è caratterizzato alla base da una cavità rettilinea orizzontale impostata lungo la superficie di interstrato e da canali curvilinei verticali i quali, intersecandosi con quest'ultima, modellano blocchi rocciosi subcircolari non completamente distaccati dal substrato. Uno sperone roccioso sottile ed arcuato, in parte affiorante, collega il lato N dello Scoglio Scruopolo alla costa, estendendosi in direzione N-S e formando una soglia sommersa; quest'ultima, che rappresenterebbe il relitto della parete orientale della sovrastante grotta carsica troncata, è interrotta da un canale con deflusso diretto verso E. Lungo il versante meridionale del faraglione, quasi verticale fino al fondo costituito da depositi detritici (-25 m), si rinviene un lembo di terrazzo marino a -18/-20 m (fig. 4).

### SETTORE COSTIERO TRA LO SCOGGIO SCRUOPOLO E MARINA DI CRAPOLLA

Quest'area presenta una falesia costiera orientata NE-SW, posta alla base di un rilievo ove sono state osservate due vallecche che dissecano trasversalmente la falesia con andamento rettilineo ed acclive e sezione ad U svasata verso l'alto. Queste si interrompono in prossimità della linea di costa e restano sospese a circa +4/+6 m.

Procedendo verso lo Scoglio Isca, in ambiente subaqueo si rinviene la Grotta dello Zaffiro, caratterizzata da due ingressi e da un vano principale a cupola ampio circa 80 m con la volta a circa +15 m e ricca di speleotemi (Alessio & alii, 1992). Il pavimento della grotta, nella parte centrale, è ubicato ad una profondità di circa -5/-6 m e pre-

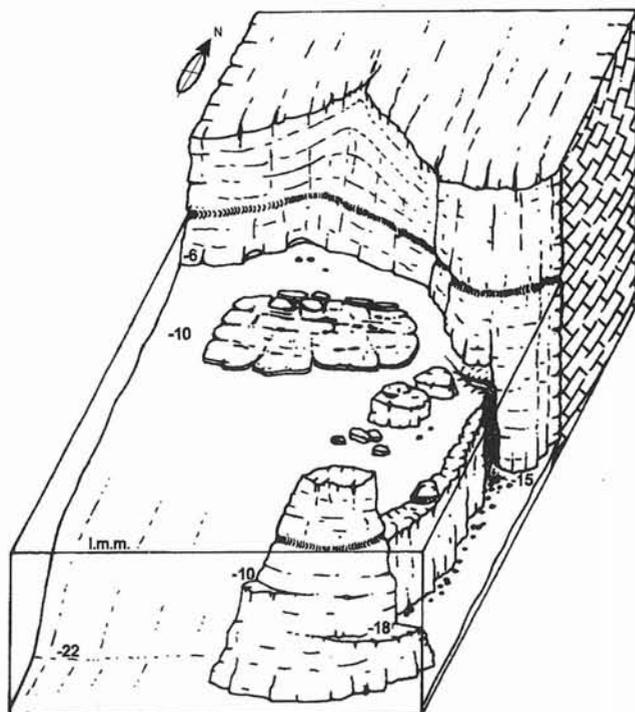


FIG. 4 - Rappresentazione schematica della falesia costiera ad E della Baia di Recommone.

FIG. 4 - Morphological sketch of the eastern cliff of Recommone bay.

senta blocchi crollati dalla volta. Il fondale marino risale con morfologia irregolare procedendo dal fondo della cavità verso l'ingresso principale. All'interno della cavità si riconoscono una piccola superficie d'abrasione marina a +1 m ed un probabile paleolivello di stazionamento eutirreniano a +5/+6 m inciso lungo il perimetro (Colantoni, 1976; Romano & *alii*, 1992).

Al di sotto dell'ingresso della grotta (-16 m) e fino a -22 m sono presenti breccie calcaree i cui clasti, per il marcato carattere eterometrico, sembrano ascrivibili a crolli. Le breccie sono troncate da una scarpata subverticale che raggiunge i -27 m medesima profondità della base della falesia (fig. 5a).

Ad E dell'ingresso della grotta sono stati riconosciuti quattro ordini di terrazzi d'abrasione marina alle profondità di -3, -6, -14 e -18 m (Donadio & *alii*, 1994). I terrazzi più superficiali affiorano in lembi ampi circa 3 m mentre quello posto a -14 m è più continuo ma meno inclinato del precedente. La superficie più profonda, ampia fino a 12 m si estende lateralmente per circa 50 m alla base della falesia ed è dissecata da vasche di corrosione, solchi e docce di varia profondità ed estensione.

Procedendo verso E, il versante carbonatico è dissecato in direzione NW-SE da una vallecola rettilinea che prosegue al di sotto del livello marino, ove diviene una sinuosa forra, in corrispondenza di una doccia incisa nei calcari al livello del mare, confluenza in una marmitta a -1,5 m circa. Sul fondo di questo canale sono presenti ciottoli calca-

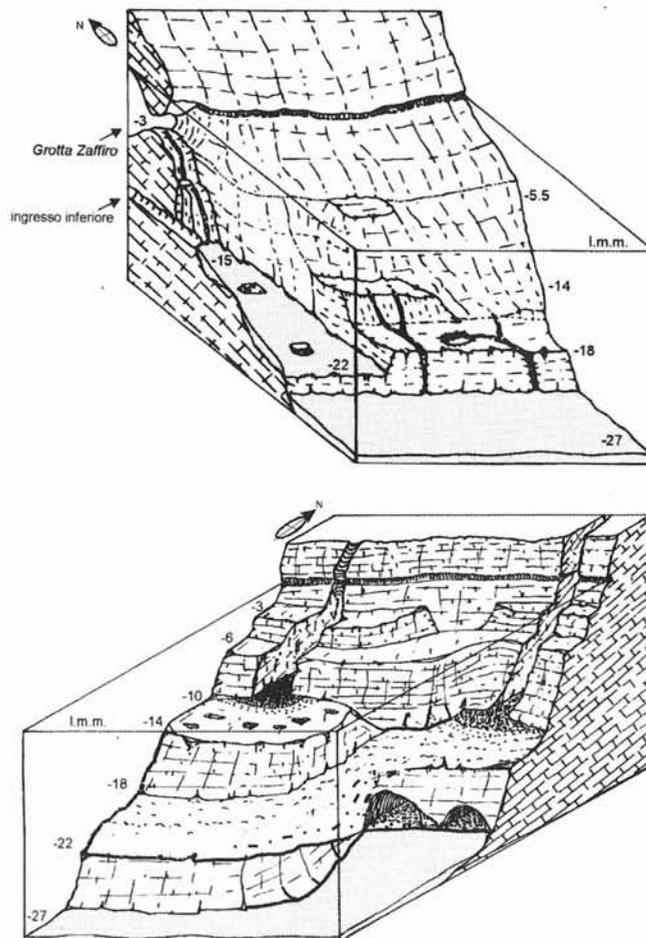


FIG. 5 - Il tratto costiero tra lo Scoglio Scruopolo e Marina di Crapolla; a) l'area antistante la Grotta dello Zaffiro; b) l'area ad E della grotta, con gli ingressi delle cavità sottomarine de I Gemelli.

FIG. 5 - The coast between Scruopolo islet and Marina di Cantone; a) sketch of the Zaffiro cave seacoast; b) the eastern zone of Zaffiro cave and entrance of Gemelli submarine caves.

rei molto ben arrotondati, mentre al suo sbocco, oltre i -10 m il fondo è costituito da sedimenti sabbiosi. A circa -22 m di profondità, in corrispondenza della stessa forra, sono stati osservati due condotti carsici suborizzontali (I Gemelli) distanti 5-6 m tra loro, che presentano un ingresso ovale parzialmente sepolto da detriti sabbioso-ghiaiosi (fig. 5b).

Sul tratto di falesia emersa antistante lo Scoglio Isca, tra i +6 ed i +25 m vi sono alcune grotte e condotti carsici, mentre a +30 m si individua il lembo di un terrazzo marino. Le forme carsiche si correlano al sistema individuato a quote inferiori nel faraglione calcareo, mentre la superficie di spianamento è altimetricamente raccordabile alla spianata sommitale dello Scoglio Isca (Romano & Sgrosso, 1992). All'interno di una piccola insenatura posta allo sbocco di una vallecola incisa nella falesia ed impostata su una faglia orientata NW-SE, è stato rilevato a +6 m il lembo di una *beach rock*. Su questa faglia si è generata una cavità carsica stretta e rettilinea, estesa per circa 10 m all'in-

terno della falesia, che prosegue al di sotto del livello del mare fino a -6 m. Il fondo sabbioso compreso tra la costa e lo Scoglio Isca non supera la i -10 m. La costa ad E di questa insenatura fino a Marina di Crapolla è rettilinea, con orientamento E-W, caratterizzata da una falesia sub-verticale e da lembi di un terrazzo sommerso a -6 m.

#### SCOGLIO ISCA

Il faraglione calcareo dell'Isca, di forma semicircolare con il versante settentrionale disposto in direzione NE-SW e quasi rettilineo, presenta una superficie sommitale spianata tra +25 e +30 m.

La falesia costiera del versante settentrionale, incisa da un solco di battente eutirreniano alla quota di +5,5 m e caratterizzata da condotti carsici subcircolari sospesi a +6 m prosegue verticale fino a -10 m presentando a -2 m un condotto carsico rettilineo a sezione subcircolare di circa 1 m di diametro. Lembi di piattaforme di abrasione marina a -5 e -10 m sono presenti sia sul settore orientale che su quello occidentale dello scoglio, ove la superficie più profonda è quella meglio conservata.

Nel versante meridionale, a circa -6 m vi è l'ingresso della Grotta Isca la cui genesi ed evoluzione morfologica è imputabile all'interazione dei fenomeni carsici, degli eventi neotettonici ed all'azione erosiva del moto ondoso durante le fasi di stazionamento del livello marino manifestatesi nell'arco del Quaternario. In particolare, si individuano tracce di paleolivelli marini (solco di battente a +3 m terrazzi di abrasione fra -3 e -8 m).

#### SETTORE COSTIERO TRA MARINA DI CRAPOLLA E PUNTA TASCHIERO

L'insenatura subtriangolare di Marina di Crapolla, ampia circa 100 m si individua allo sbocco della profonda valle del Rio Viarito, incisa nei rilievi calcarei fortemente acclivi (70%) di M. Corbo e M. di Torca. La falesia costiera è caratterizzata da due ampi terrazzi di abrasione marina a +20 m, attribuiti alla parte alta del Pleistocene medio, da un paleolivello marino a +9,5 m probabilmente correlabile allo Stadio isotopico 7, e da un solco di battente eutirreniano a +5,5 m.

Il fondo marino in corrispondenza dell'insenatura è costituito da depositi di conoide ghiaiososabbiosi che si spingono al largo della baia fino a -10 m di profondità. Ad E dell'insenatura si rinviene una grotta carsica sommersa di forma trapezoidale con due accessi, di cui il primo a -2 m subcircolare, ed il secondo a -6 m di forma subtriangolare, che raggiunge a -10 m il pavimento ricoperto da sedimenti sabbioso-ghiaiosi.

Lungo l'intera falesia sommersa si rinvergono più ordini di terrazzi marini (fig. 6), la cui continuità è interrotta in corrispondenza delle vallecole incise lungo il versante che si estendono fino a -15 m di profondità. Piccoli lembi più o meno discontinui di piattaforme di abrasione marina si osservano a -3, -6 e -8 m a luoghi caratterizzate dalla presenza di vasche di corrosione, mentre lembi di un terrazzo più profondo sono stati rilevati alla profondità di -12 m.

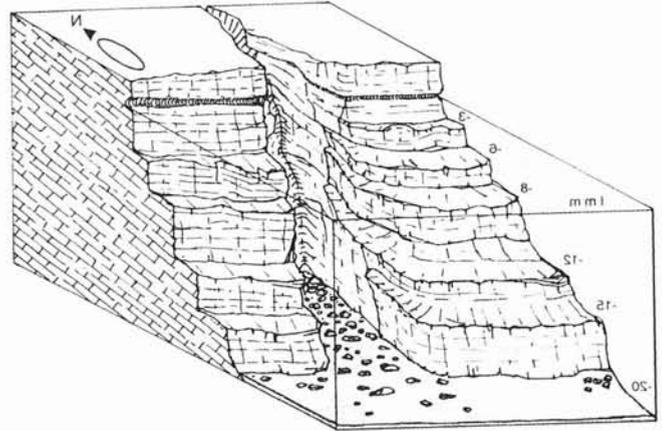


FIG. 6 - Il tratto costiero antistante Punta Taschiero.

FIG. 6 - Morphological sketch of Punta Taschiero coastal area.

#### SCOGLIO VETARA

Lungo i fondali del settore occidentale di Vetara, scoglio di forma subrettangolare con la sommità spianata compresa tra +25 m e +36,5 m s.l.m., allineato in direzione NE-SW, si osserva il proseguimento della struttura emersa. Su questa si rinvergono terrazzi di abrasione marina a circa -6, -8, -12 e -15 m dissecati trasversalmente da solchi rettilinei più o meno continui, probabilmente interpretabili come solchi di deflusso in ambiente subaereo impostati sulla preesistente fratturazione dei calcari. Il terrazzo a -6 m rappresenta la superficie sommitale della struttura sommersa, mentre la superficie intagliata a -8 m più ampia nel settore settentrionale (fig. 7), presenta un solco di battente inciso a -9 m ed è caratterizzata da vasche di corrosione ogivali impostatesi tra le testate degli strati a franapoggio. Il terrazzo marino a -12 m su cui sono osservabili vasche di corrosione, si rinviene sul versante N, mentre sul versante S è presente solo la superficie dei -15 m ed una grotta

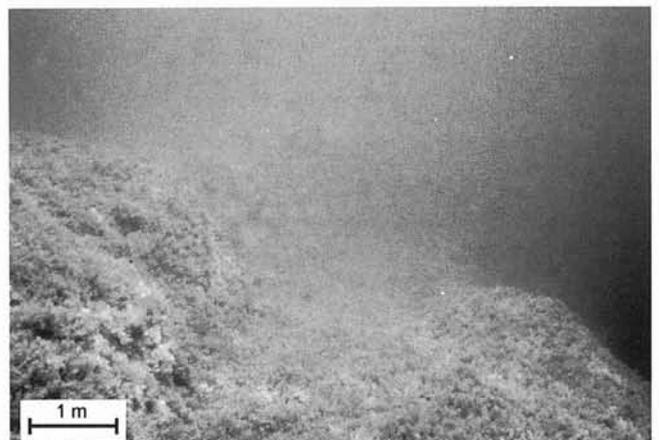


FIG. 7 - Terrazzi d'abrasione marina a -6 e -8 m di profondità a SW dello Scoglio Vetara.

FIG. 7 - Marine terraces at -6 and -8 m depth, SW of Vetara islet.

sommersa che si estende in direzione N all'interno della dorsale.

Lungo il perimetro dello scoglio si rinvencono a luoghi lembi delle superfici di  $-6$  e  $-8$  m; quest'ultima appare di maggior ampiezza e continuità ed è caratterizzata da marmitte d'erosione subcircolari profonde  $1$  m (fig. 8).

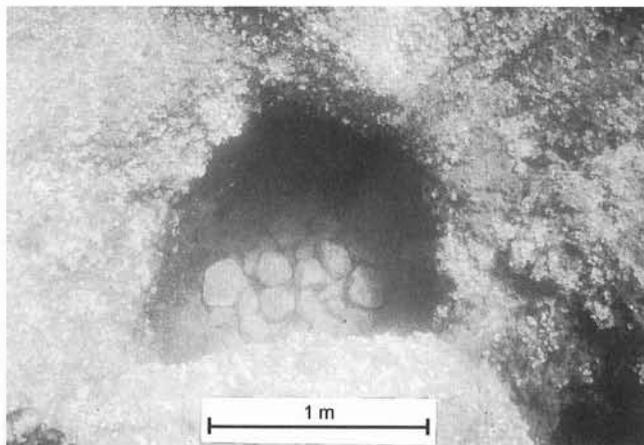


FIG. 8 - Marmitta d'erosione con ciottoli a  $-8$  m di profondità, sui fondali meridionali di Vetara.

FIG. 8 - Rockpool with pebbles at  $-8$  m depth, south of Vetara islet.

#### SIMULAZIONI AL COMPUTER

Al fine di riconoscere i modi ed i tempi dei processi di modellamento delle superfici spianate riconosciute a diversa profondità, sono state eseguite una serie di simulazioni mediante l'utilizzo di un *software* appositamente formulato (Cinque & alii, 1995). Le simulazioni sono state effettuate per periodi di tempo compresi tra un massimo di  $900$  Ka B.P. e l'attuale, valutando l'azione del mare lungo un versante con inclinazione compresa tra  $10^\circ$  e  $40^\circ$ , sia considerando l'area tettonicamente stabile, sia introducendo differenti tassi di sollevamento tettonico.

Tutte le prove effettuate hanno dato come risultato la formazione di alcune superfici spianate di ampiezza limitata comprese tra il livello del mare e la profondità di  $-20$  m e di altre più estese e più rilevanti a profondità comprese tra  $-45$  e  $-60$  m. Sia nel caso che la simulazione fosse relativa ad un unico ciclo eustatico (da  $130$  Ka B.P. all'attuale), sia che si considerassero più cicli, al termine della modellazione del versante erano riconoscibili sempre le stesse superfici alle medesime profondità, con la sola differenza che nel caso di più cicli eustatici queste venivano riprese e rimodellate dall'azione erosiva del mare. Ove la simulazione tenesse conto di una tettonica attiva nell'area, qualunque fosse il tasso di sollevamento applicato ed il periodo temporale considerato, è stato possibile riconoscere sulle aree emerse alcune delle superfici modellate entro i  $-20$  m, mentre le superfici sommerse si localizzavano, anche se con qualche differenza di ampiezza, sempre alle stesse profondità. Pertanto i terrazzi riconosciuti nelle aree emerse sembrano essere di natura tettono-eustatica, mentre

quelli sommersi sembrerebbero connessi a fenomeni puramente eustatici. Tra i due livelli di profondità in cui si formano i terrazzi è visibile un *glacis* d'abrasione più o meno parallelo al versante su cui è avvenuto il modellamento.

#### DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

L'analisi dei profili batimetrici della relativa carta dei fondali e della carta geomorfologica finale (fig. 3) ha consentito di ricostruire la morfoevoluzione dell'area indagata nonché correlare alcune forme riconosciute sulla terra emersa con quelle presenti nell'area sommersa. È infatti possibile raccordare le superfici spianate riconosciute alle quote di  $+20/+35$  m con le sommità spianate degli scogli Vetara ed Isca; inoltre, le forme di erosione carsica rinvenute negli scogli sopracitati sono perfettamente correlabili con quelle riscontrate alla base della falesia costiera, sia per quota che per direzione. È stata messa in evidenza, tra l'altro, la presenza di faraglioni attualmente sommersi a diverse profondità, di cui quelli più evidenti sono rinvenibili lungo l'allineamento Isca-Vetara. Questi, molto probabilmente, nelle fasi di mare basso risultavano sottoposti all'erosione subaerea, mentre durante la risalita del livello marino venivano modellati sia lungo i versanti che alla sommità.

Nell'area indagata la piattaforma continentale presenta lo *shelf-break* alla profondità di  $-100$  m, cui segue la scarpata impostata su una linea di faglia ad andamento circa E-W e con un'acclività di oltre il  $70\%$ . Il disegno costiero così come testimoniato dalla falesia e dalle batimetriche entro i  $-40$  m è legato ad un lineamento tettonico con andamento SW-NE. Esso suddivide l'area sommersa in due zone con caratteristiche morfologiche differenti; infatti, l'area a N del lineamento presenta una pendenza più o meno simile a quella della falesia, costituendone la continuazione. In quest'area, caratterizzata da una serie di superfici terrazzate tra  $-5$  e  $-20$  m è visibile una dorsale allineata in direzione N-S, di cui lo Scoglio Scruopolo rappresenta la parte emersa; inoltre, è presente lo Scoglio Isca, la cui sommità spianata è ubicata ad una quota raccordabile a quella della superficie presente sulla falesia retrostante. I cicli eustatici di discesa e risalita del mare hanno prodotto il modellamento subacqueo di tali superfici, alcune delle quali sono state dislocate dalla tettonica alle quote attuali. La separazione tra la costa e l'Isca sembra debba essere imputata in parte all'azione del moto ondoso ed in parte all'erosione subaerea, quando il mare aveva raggiunto livelli molto più bassi; ciò sembrerebbe confermato dalla presenza di un solco di battente eutirreniano rinvenuto a  $+5,5$  m sia lungo la falesia costiera che sul versante settentrionale dello scoglio. La zona a S del lineamento tettonico è caratterizzata da ampie superfici spianate entro le profondità di  $-45$  e  $-60$  m e tra  $-70$  e  $-80$  m. Lo Scoglio Vetara ha avuto un'evoluzione pressoché simile a quella della falesia e dello Scoglio Isca, come testimoniato dalla superficie sommitale spianata posta alle medesime quote e dalle forme carsiche che per profondità ed orientamento sono raccordabili sia a

quelle dell'Isca che a quelle presenti lungo la falesia stessa. Pertanto l'evoluzione di Vetara, che si trova in un'area ribassata rispetto alla falesia costiera, è imputabile, molto verosimilmente, al *tilting* del blocco meridionale ribassato che ha prodotto un sollevamento nella parte più distale, così come testimoniato tra l'altro dalla giacitura degli strati che risulta opposta rispetto a quella della falesia. Da sottolineare che in quest'area i terrazzi intagliati tra -45 e -60 m sono ubicati esclusivamente nel settore orientale (allineamento Isca-Vetara) e nel settore occidentale (promontorio di Recommone), mentre nell'area centrale i terrazzi sono posti tra -70 e -80 m con qualche superficie poco ampia intorno ai -90 m. Inoltre, è probabile che nell'area orientale i terrazzi siano stati rimodellati su depositi di riempimento clastico di angolo di faglia. Considerando che in corrispondenza della baia di Recommone è presente un lineamento tettonico regionale ad andamento NW-SE e che la brusca variazione dell'orientamento delle isobate subito prima dell'allineamento Isca-Vetara testimonia l'esistenza di una faglia che ne ha condizionato l'andamento, è possibile ipotizzare che i terrazzi più profondi, originariamente intagliati alle quote comprese tra -45 e -60 m siano stati in seguito ribassati alle profondità alle quali attualmente si rinvengono. Pertanto, a S della faglia che delimita la piattaforma costiera si individua un'area sprofondata limitata a N dalla stessa faglia, ad E dalla linea tettonica riconosciuta in prossimità dell'allineamento Isca-Vetara e ad W dal lineamento regionale passante per la baia di Recommone. Tale ipotesi sembrerebbe avvalorata dalla disposizione delle isobate che presentano un andamento estremamente differenziato rispetto a tutte le altre aree esaminate e dalla presenza di faraglioni a diverse profondità, da -80 a -90 m.

L'ambiente sommerso è inoltre caratterizzato dalla presenza di numerose incisioni di cui la più evidente è quella ubicata tra gli scogli Isca e Vetara. Tale incisione si è imposta molto verosimilmente nel depocentro individuatosi dopo lo sblocco della faglia costiera, erodendo i terreni ivi depositati provenienti dallo smantellamento del versante. La stessa incisione, attiva molto probabilmente quando l'area era emersa, dissecava le superfici terrazzate formatesi in quell'area a profondità comprese entro i -60 m; il suo andamento risultava condizionato dalla presenza dello Scoglio Vetara, a S, e dallo Scoglio Isca e dai faraglioni attualmente a -40 m a N. Tale valle sembrerebbe essere stata in seguito troncata dalla stessa faglia che avrebbe ribassato la parte centrale, in quanto non è visibile la sua prosecuzione; sarebbe stata quindi sottoposta al rimodellamento durante la successiva risalita del livello marino.

Anche l'area centrale presenta alcune incisioni la cui ubicazione, unitamente all'orientamento degli assi, sembrerebbe confermare l'ipotesi del ribassamento; infatti, la valle al centro dell'area, sospesa tra l'altro a circa -90 m di profondità, in corrispondenza dello *shelf-break*, potrebbe rappresentare la continuazione dell'incisione riconosciuta tra Isca e Vetara, precedentemente descritta.

L'altra valle riconoscibile ad E del lineamento regionale della baia di Recommone, con la testata a -90 m potrebbe

raccordarsi all'incisione presente sul bordo orientale del terrazzo sommerso in corrispondenza del promontorio di Recommone.

È verosimile che l'evoluzione dell'area sia stata condizionata dalla tettonica che ha determinato la configurazione della falesia costiera e delle antistanti zone sottomarine con differente morfologia. L'erosione marina ha prodotto, quindi, il modellamento delle forme così come testimoniato dalle varie superfici terrazzate poste a differenti quote sia sulla terra emersa che in ambiente sommerso e tra di loro correlabili. A tale attività sono da aggiungere i processi di erosione subaerea testimoniati dalle incisioni e dalle forme carsiche attive durante la parte alta del Pleistocene medio, tutte tra di loro correlabili, riconosciute sia lungo la falesia che nelle aree sommerse prossime alla costa ed in corrispondenza degli scogli Isca e Vetara.

È da sottolineare, infine, che tutte le superfici terrazzate sommerse presenti nell'area indagata sono il risultato di più cicli di modellamento, legati a fenomeni di oscillazione eustatica. Infatti, i tempi in cui il mare avrebbe agito durante il modellamento risultano troppo brevi per giustificare spianate così ampie anche in presenza di terreni con scarsa resistenza all'erosione, a differenza di quanto descritto da altri Autori per lo stesso settore costiero. Infine, non è stato possibile distinguere con certezza i terrazzi marini generatisi durante le fasi di basso stazionamento del livello del mare da quelli connessi alla trasgressione pleisto-olocenica. Tuttavia, la presenza di forme ben conservate quali solchi di battente al bordo e marmitte d'erosione alla sommità di alcune superfici sommerse entro i -20 m di profondità (scogli Vetara, Scrupolo ed Isca) suggerisce verosimilmente che queste siano state prodotte durante la risalita eustatica post-glaciale.

## BIBLIOGRAFIA

- ALESSIO M., ALLEGRI L., ANTONIOLI F., BELLUOMINI G., FERRANTI L., IMPROTA S., MANFRA L. & PROPOSITO A. (1992) - *Risultati preliminari relativi alla datazione di speleotemi sommersi nelle fasce costiere del Tirreno centrale*. I Conv. di Geol. Sub. e Sottomar. «Geosub», Roma 5-6 Novembre 1991. Giorn. Geol., ser. 3, 54 (2), 165-193.
- AMATO A., ASCIONE A., CINQUE A. & LAMA A. (1991) - *Morfoevoluzione, sedimentazione e tettonica recente dell'Alta Piana del Sele e delle sue valli tributarie (Campania)*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 14, 5-16.
- BRANCACCIO L., CINQUE A., BELLUOMINI G., BRANCA M. & DELITALA L. (1986) - *Isoleucine epimerization dating and tectonic significance of upper Pleistocene sea-level of the Sele Plain (Southern Italy)*. Zeit. Geomorph., N.F., Suppl. Bd., 62, 159-166.
- BRANCACCIO L., CINQUE A., ROMANO P., ROSSKOPF C., RUSSO F., SANTO A. & SANTANGELO N. (1991) - *Geomorphology and neotectonic evolution of a sector of the Tyrrhenian flank of the Southern Apennines, (Region of Naples, Italy)*. Zeit. Geomorph., N.F., Suppl. Bd., 82, 47-58.
- BRANCACCIO L., CINQUE A., ROMANO P., ROSSKOPF C., RUSSO F. & SANTANGELO N. (1994) - *L'evoluzione delle pianure costiere della Campania. Geomorfologia e neotettonica*. Mem. Soc. Geogr. It., 53, 313-336.
- BUDILLON F., PESCATORE T. & SENATORE M.R. (1994) - *Cicli deposizionali del Pleistocene superiore-Olocene sulla piattaforma continentale del Golfo di Salerno (Tirreno Meridionale)*. Boll. Soc. Geol. It., 113 (1994), 303-316.

- CINQUE A. (a cura di) (1986) - *Guida alle escursioni geomorfologiche. Penisola Sorrentina, Capri, Piana del Sele, Monti Picentini*. Riun. Ann. Gruppo Naz. Geogr. Fis. e Geom. (Amalfi, Giugno 1986). Pubbl. n. 33 Dip.to di Sc. della Terra, Univ. di Napoli «Federico II».
- CINQUE A. (1992) - *Distribuzione spazio-temporale dei movimenti tettonici verticali nell'Appennino campano-lucano: alcune riflessioni*. Studi Geol. Camerti, vol. spec. (1992/1), 33-38.
- CINQUE A., DE PIPPO T. & ROMANO P. (1995) - *Constal slope terracing versus relative sea level changes. Deductions based on computer simulations*. Earth Surf. Proc. Landf., 20, 87-103.
- CINQUE A. & PUTIGNANO M. (1992) - *Geomorphology of the continental shelf around the Surrentine Peninsula (Southern Italy)*. I Conv. di Geol. Sub. e Sottomar. «Geosub», Roma, 5-6 Novembre 1991. Giorn. Geol., ser. 3, 54 (2), 165-193.
- CINQUE A. & ROMANO P. (1990) - *Segnalazione di nuove evidenze di antiche linee di riva in Penisola Sorrentina (Campania)*. Geogr. Fis. Dinam. Quar., 13, 23-25.
- COLANTONI P. (1976) - *Aspetti geomorfologici e genesi delle grotte sottomarine*. Pubbl. Staz. Zool. «A. Dohrn», Napoli, 40, 460-472.
- DONADIO C., ROMANO P. & SGROSSO A. (1994) - *Ricerche di geomorfologia subacquea in Penisola Sorrentina*. Atti del Conv. Internaz. di Geol. Sub. «Geosub 94», Palinuro, 8-10 Giugno 1994. De Erede Ed., Napoli, 116-118.
- ORTOLANI F., TORRE M., RUSSO B. & DI NOCERA S. (1979) - *Depositi alto-miocenici del bordo settentrionale della Piana del Sele (Campania)*. Boll. Soc. Geol. It., 98, 3-14.
- ROMANO P. (1992) - *La distribuzione dei depositi marini pleistocenici lungo le coste della Campania. Stato delle conoscenze e prospettive di ricerca*. Studi Geol. Camerti, vol. spec. (1992/1).
- ROMANO P. & SGROSSO A. (1992) - *L'evoluzione geomorfologica della grotta subacquea dell'Isca (Penisola Sorrentina, Campania)*. I Conv. di Geol. Sub. e Sottomar. «Geosub», Roma, 5-6 Novembre 1991. Giorn. Geol., ser. 3, 54, 151-163.
- RUSSO F. & BELLUOMINI G. (1992) - *Affioramenti di depositi marini tirreniani sulla piana in destra del Fiume Sele (Campania)*. Boll. Soc. Geol. It., 111, 25-31.
- SGROSSO I. (1971) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1.100.000, Fogli 185 e 197, Salerno e Amaldi*. Serv. Geol. d'Italia, Roma, 38 pp.