

IL QUATERNARIO DI P.TA DELL'AVOLTORE (MONTE ARGENTARIO - TOSCANA MERIDIONALE)

S. Grauso - F. Zarlenga

ENEA/CRE - Casaccia - AMB/MON/GEOLOG

RIASSUNTO - *Il Quaternario di P.ta dell'Avoltore (Monte Argentario - Toscana Meridionale)* - *Il Quaternario*, 4(2), 1991, p. 311-326 - Vengono descritti depositi e forme relativi a tre cicli di sedimentazione marina, intercalati e/o sovrapposti a brecce continentali, diffusi all'estremità sud-orientale del Promontorio dell'Argentario (P.ta Avoltore - Sbarcatello). Le analisi condotte sui minerali pesanti rinvenuti nei sedimenti hanno evidenziato la presenza di augite e diopside, minerali poco diffusi nelle rocce del basamento prequaternario dell'Argentario, in quantità tali da poter ipotizzare una connessione col vulcanismo peritirrenico e quindi un'attribuzione di età all'incirca medio pleistocenica.

Viene inoltre delineata la probabile evoluzione morfologico-strutturale, con riferimento a tutto l'areale dell'Argentario, in base ad indizi raccolti anche al di fuori della zona più dettagliatamente esaminata. In base ai rapporti reciproci ed alla posizione altimetrica dei depositi, sono state riconosciute cinque fasi di sollevamento, intervallate da trasgressioni glacio-eustatiche.

Nella zona esaminata, i valori assoluti dei movimenti successivi alla prima fase, che non avrebbe prodotto sensibili differenze di quota, sono stati valutati, rispettivamente, in 80 m, 25 m, 40 m e 20 m. Alla scala del Promontorio, tali sollevamenti non si sono manifestati in maniera uniforme, ma hanno prodotto un basculamento complesso verso NE, il quale ha determinato l'attuale asimmetria morfologica nonché il diverso comportamento morfodinamico dei versanti.

Nell'ambito della ricostruzione morfoevolutiva viene fatto un accenno ai movimenti gravitativi che si sono realizzati nel passato (paleofrane), di cui tuttora si possono riconoscere le forme, alcune delle quali presentano le caratteristiche di fenomeni gravitativi profondi (DGPV). Altro cenno viene dato ai movimenti franosi attuali, geneticamente diversi, in quanto per lo più connessi all'attività antropica, ma legati alle paleofrane in quanto quasi tutti ubicati sui corpi degli antichi cumuli di frana.

ABSTRACT - *The Quaternary at P.ta dell'Avoltore (Mount Argentario - Southern Tuscany)* - *Il Quaternario*, 4(2), 1991, p. 311-326 - Deposits and forms that can be found in the area of P.ta dell'Avoltore-Sbarcatello (South-Eastern extremity of Monte Argentario, Tuscany) and related to three marine sedimentary cycles are described. These are intercalated with and/or superposed on continental breccias. Heavy minerals of volcanic origin were tested; the analysis executed on the II cycle sandstones has shown the abundance of augite and diopside. These minerals are rare in the Argentario pre-Quaternary basement rocks, therefore their origin is linked to the peritirrenic volcanism and the sediments are approximately Middle Pleistocene in age. Moreover, the probable morphostructural evolution is outlined, in relation to the overall area of Argentario, on the basis of indications come out from other zones of the promontory.

On the basis of the stratigraphical relations and the altimetric position of the deposits, that consist in sandstones with a marine molluscan fauna, five uplift phases have been recognized, alternating with glacioeustatic transgressions. In the examined area, the absolute values of the uplifts successive to the first phase, which should not have produced notable altitude differences, because the sediments of II cycle are overlapped on those of the I, have been estimated, respectively, 80 m, 25 m, 40 m and 20 m. Along the coasts of the promontory, marine terraces Middle Pleistocene in age are only in the Southern (170 m a.s.l.) and Western (60 m a.s.l.) sectors; this indicates the uplifts did not occurred in a uniform way, but they produced a complex tilting towards NE, that determined the present morphological asymmetry as well as the different morphodynamic behaviour of the slopes.

Gravitational slidings occurred in the past (between III cycle and Tirrenian), are here mentioned, whose forms are still easily recognizable; some of them present characteristics of "deep seated gravitational slope deformations". Another mention is given about the present sliding movements, genetically different from the previously cited slides, because they are connected to the anthropic activity, but strictly linked to them as they are located on the old slides masses.

Parole chiave: Pleistocene medio, terrazzi marini, morfoneotettonica, Monte Argentario
Key-words: Middle Pleistocene, marine terraces, morphoneotectonics, Monte Argentario

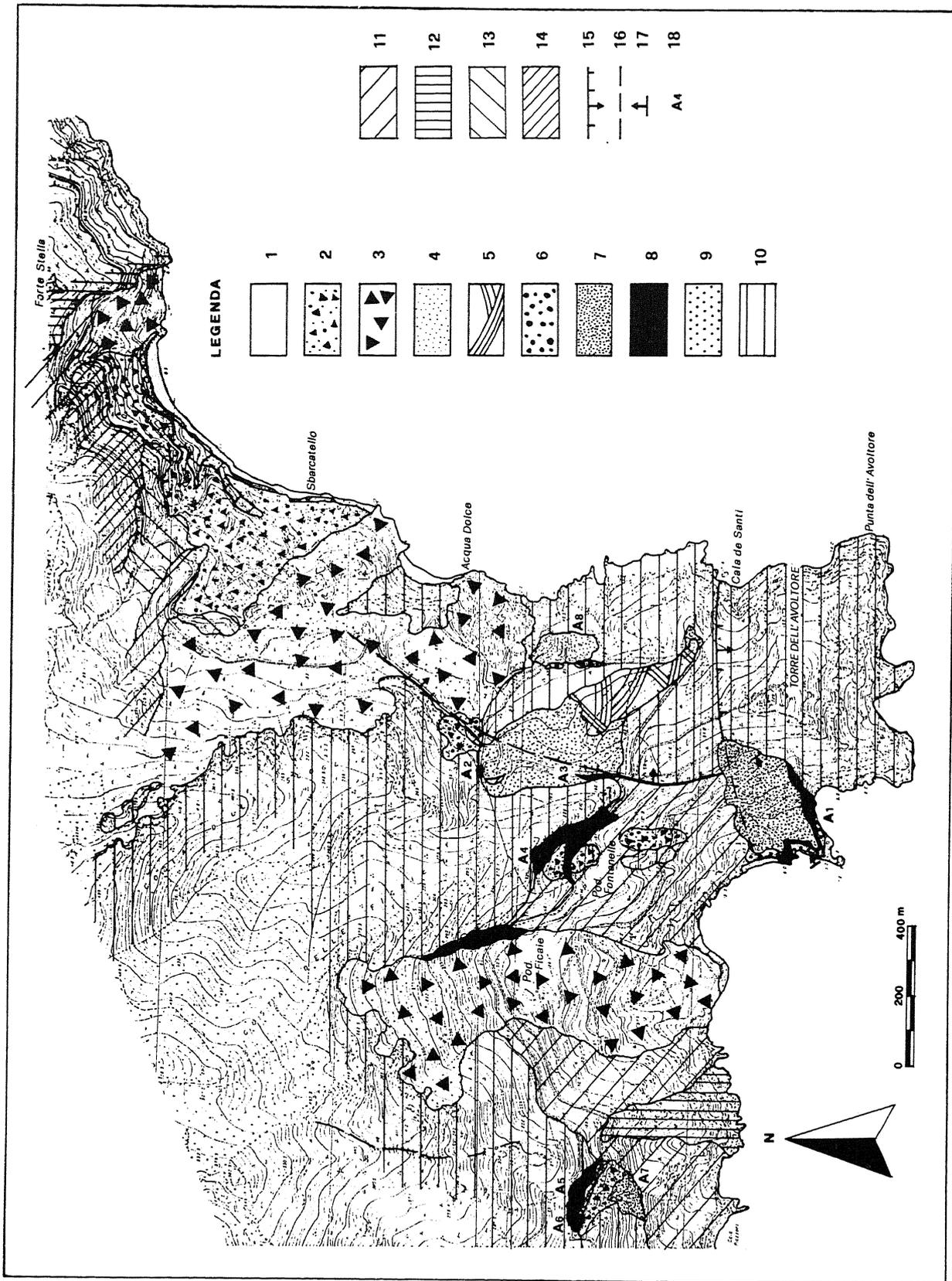
1. INTRODUZIONE

Il presente lavoro rappresenta un aspetto specialistico degli studi condotti dal Laboratorio di Geologia Ambientale dell'ENEA sul promontorio dell'Argentario, in relazione alla situazione di emergenza determinatasi a causa della franosità di alcuni versanti. Nel corso delle indagini mirate alla ricostruzione dell'evoluzione quaternaria dell'area, in base alla quale fornire una chiave di interpretazione del fenomeno franoso attuale, sono emerse risultanze di interesse tale da spingere gli Autori a pubblicare il presente articolo, nell'intento di contribuire alla conoscenza del Quaternario dell'Argentario, a tutt'oggi ancora poco definito, sebbene notizie parziali

siano state pubblicate fin dai primi del '900.

Merciai (1910) descrive infatti gli strati di panchina a "Pecten ed Arca" a SW di Punta dell'Avoltore, riconoscendovi nella parte basale una pendenza degli strati contro monte, e vari livelli di panchina come quelli di "Le Cannelle" e quelli di Torre Ciana - Le Cannelle (70 m s.l.m.). L'Autore infine segnala la presenza di fasce di fori di litodomi a quote comprese fra 4 e 1 m s.l.m.

Segre (1959) descrive sul versante orientale riempimenti di fratture di età Villafranchiana ed illustra la stratigrafia di varie grotte; in particolare quella di Cala dei Santi, ubicata al piede del Promontorio dell'Avoltore, alla base della quale (4 m s.l.m.) l'Autore riconosce una spiaggia tirreniana.



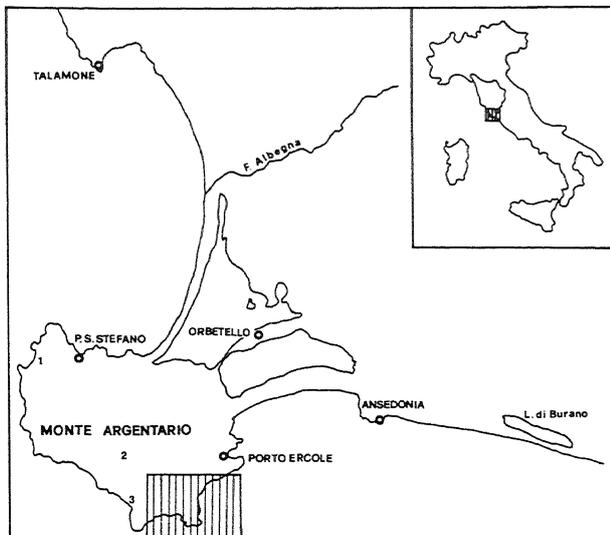


Fig. 1 - Key map dell'area investigata. Località citate nel testo al di fuori della stretta area di indagine: 1) Cala Grande; 2) Valle dei Molini; 3) Le Cannelle.

Key map of the surveyed area. Sites mentioned in the text out of the surveyed area s.s.: 1) Cala Grande; 2) Valle dei Molini; 3) Le Cannelle.

Lazzarotto *et al.* (1964) descrivono panchine marine, che giungono fino a 15+20 m s.l.m., e "panchine eoliche" rinvenute fin sotto i 200 m.

Mazzanti (1982) mette in dubbio che i sedimenti, definiti come "panchina eolica" e come tali cartografati in Gianniello *et al.* (1962), siano di origine eolica, ipotizzando che si possa anche trattare di depositi di ambiente marino.

Le osservazioni ed i dati qui riportati si riferiscono in particolare all'area compresa fra P.ta dell'Avoltore e Sbarcatello, sulla estremità meridionale dell'Argentario. Ad essi sono comunque associate risultanze emerse in altre zone del promontorio, che ben si inseriscono nello schema evolutivo proposto.

2. IL QUADRO GEOLOGICO

Il Promontorio dell'Argentario è stato diviso in due aree a caratteristiche geologiche differenti (Decandia & Lazzarotto, 1980). L'area occidentale è caratterizzata dalla presenza di un complesso di scaglie tettoniche costituite da litotipi appartenenti all'Unità Monticiano-Roccastrada (scisti, quarziti e anageniti del Verrucano), alla Falda Toscana ("Calcarea Cavernosa" del Norico-Retico), all'Unità di Cala Piatti (Dolomie e calcari ricristallizzati del Trias) e all'Unità di Cala Grande (argilloscisti, calcari neri ed ofioliti di età imprecisata).

Nell'area centro-orientale, nella quale ricade la zona oggetto del presente lavoro, sono presenti due sole unità tettoniche, la prima è l'Unità di Monticiano-Roccastrada, rappresentata da scisti quarziticci e filladi carboniose (Carbonifero superiore), dalla "Formazione delle Arenarie di Poggio al Carpino" (Permico-Trias inf.), dalle anageniti e dagli scisti viola del "Gruppo del Verrucano" (Ladinico); la seconda è costituita dal "Calcarea Cavernosa", che giace in discordanza sulla precedente.

Per quanto riguarda le vicende neotettoniche della Toscana meridionale Pasquarè *et al.* (1983) riconoscono una fase distensiva messiniana, una fase compressiva tardo messiniana, una fase di sollevamento plio-quadernaria durante la quale si delinea la dorsale Argentario-Manciano ed infine una fase distensiva quaternaria durante la quale si riattivano i principali sistemi tettonici regionali con la formazione di un assetto paleogeografico a mosaico.

Nell'area di indagine risulta in evidenza il sovrascorrimento del "Calcarea Cavernosa" sull' "Unità di Monticiano-Roccastrada", in conseguenza del quale il rilievo al di sopra dei 200 m. di quota, è costituito da calcari mentre alla base affiorano i termini più antichi, con l'eccezione della dorsale di P.ta dell'Avoltore, interamente carbonatica fino al livello del mare, in quanto costituisce un blocco di "Calcarea Cavernosa" ribassato per un sistema di faglie dirette.

Della serie riconosciuta da Decandia e Lazzarotto (1980), nell'area dello Sbarcatello si rinvencono i termini appartenenti al Trias (Scisti Viola e Anageniti), e quelli paleozoici (Arenarie di P.gio al Carpino, Scisti quarziticci e Filladi carboniose), ben evidenti lungo il taglio della strada Panoramica, ove mostrano una giacitura a piega coricata. Nell'area del Podere Ficaie compaiono invece i soli Scisti Viola, con alcune lenti anagenitiche di spessore variabile.

Fig. 2 - Schizzo geologico dell'Area di Torre dell'Avoltore-Sbarcatello. 1) spiagge attuali; 2) detrito di falda; 3) breccie e detriti che costituiscono i cumuli di paleofrana; 4) sabbie del III ciclo sedimentario; 5) sabbie rosse dunari; 6) breccie intermedie; 7) arenarie del II ciclo sedimentario; 8) breccie antiche; 9) arenarie del I ciclo sedimentario; 10) "Calcarea Cavernosa"; 11) quarziti e scisti viola; 12) anageniti; 13) "Arenarie di Poggio al Carpino"; 14) scisti quarziticci e filladi carboniose; 15) faglie dirette; 16) faglie presunte; 17) direzione ed immersione degli strati; 18) affioramenti descritti nel testo.

Geologic sketch map of the Torre dell'Avoltore-Sbarcatello area. 1) actual beaches; 2) debris slope; 3) breccias and debris that form the bodies of gravitational slidings; 4) III cycle sands; 5) eolian red sands; 6) intermediate breccias; 7) II cycle sandstones; 8) old breccias; 9) I cycle sandstones; 10) "Calcarea Cavernosa"; 11) quartzites and violet schists; 12) anagenites; 13) "Arenarie di Poggio al Carpino"; 14) quartz schists and carbonaceous pyllites; 15) dip faults; 16) probable faults; 17) direction and plunge of the strata; 18) outcrops mentioned in the text.

I contatti fra tali formazioni di base sono in parte ricoperti e mascherati da corpi di paleofrana abbastanza estesi e da vari depositi quaternari, costituiti sia da breccie e detriti di pendio sia da depositi marini di ambiente supralittorale, di cui dettaglieremo nei successivi capitoli.

L'assetto geologico-strutturale è alquanto complesso, come già indicato dagli Autori citati, in quanto le formazioni scistose risultano fortemente deformate, con piegamenti e fratture che danno luogo ad una notevole instabilità.

Sono anche evidenti scarpate di origine strutturale e specchi di faglia, due dei quali, rispettivamente orientati N40°W e N60°W, si rinvergono nell'area del Pellicano.

3. FORME E DEPOSITI QUATERNARI

Sulla base del rilevamento geologico condotto nell'area di Sbarcatello-Torre dell'Avoltore, sono stati riconosciuti sia sedimenti continentali che marini. Questi ultimi corrispondono a tre distinti cicli trasgressivi glacio-eustatici.

In particolare al di sopra delle formazioni carbonifero-triassiche è stata riconosciuta la seguente stratigrafia, dal più antico al più recente:

- Arenarie del I ciclo
- Breccie antiche
- Arenarie e breccie del II ciclo
- Breccie intermedie
- Sabbie eoliche rosse
- Sabbie del III ciclo
- Breccie recenti
- Detriti di falda

In assenza di riferimenti toponomastici si riporta la descrizione dei vari depositi per affioramenti, la cui ubicazione è riportata in Fig. 2.

Arenarie del I Ciclo

Già segnalate dal Merciai (1910) come "panchina a *Pecten* e *Arca*" affiorano fra 3 e 15 m s.l.m. sul versante occidentale del Promontorio di Torre dell'Avoltore (affioramento 1). Si tratta di arenarie stratificate con granuli da medi a grossolani che presentano sparsi elementi di breccia da fini a medi; contengono anche frammenti molto usurati di *Glycymeris* sp.. Lo spessore del deposito è di circa 10 m, gli strati immergono contro monte e

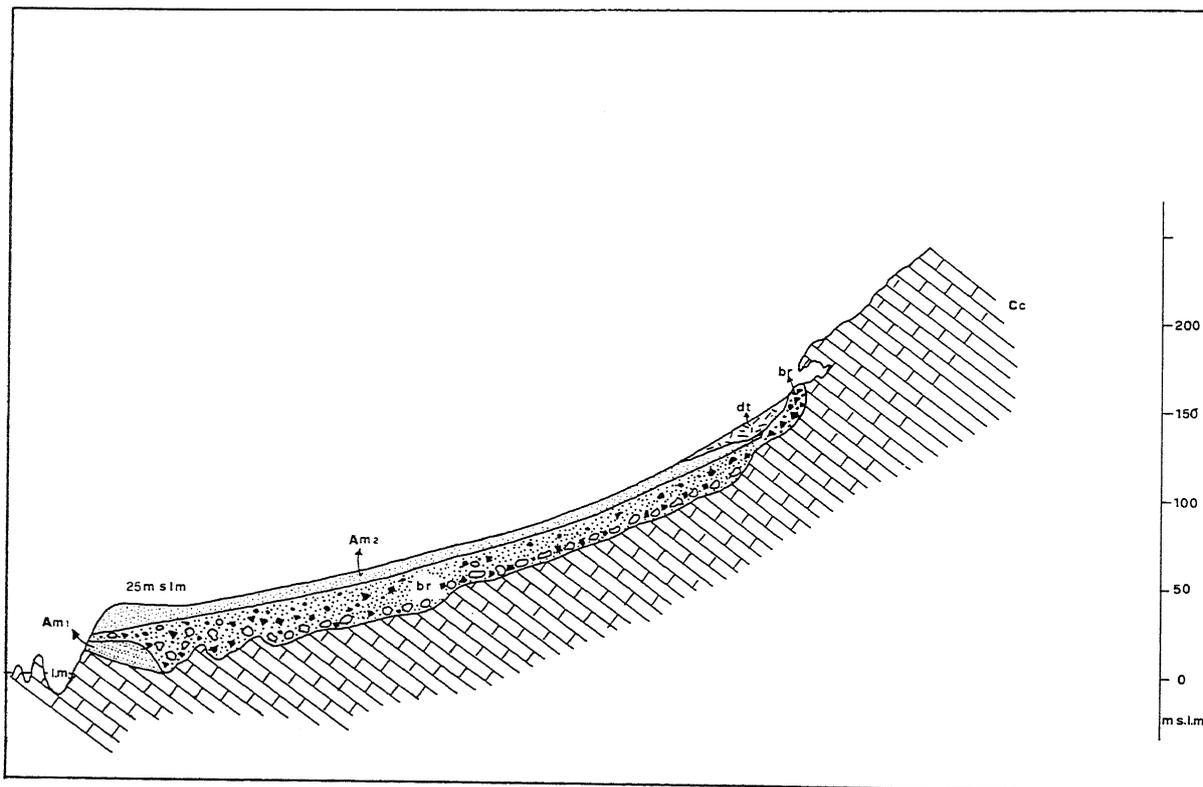


Fig. 3 - Schema dei rapporti stratigrafici fra Torre dell'Avoltore ed il mare in una sezione E-W (affioramento 1). Cc) "Calcare Cavernoso" (l'immersione e la direzione degli strati non sono reali); Am1) arenarie del I ciclo; br) breccie antiche; Am2) arenarie del II ciclo; dt) detrito di falda.

Outline of the stratigraphic relations between "Torre dell'Avoltore" and the sea (section E-W at the outcrop no. 1). Cc) "Calcare Cavernoso" (the direction and plunge of the strata are not real); Am1) I cycle sandstones; br) old breccias; Am2) II cycle sandstone; dt) debris slope.

superiormente il tetto del deposito è inciso da una pronunciata superficie d'erosione.

Brecce antiche

Si tratta di brecce legate a più fasi deposizionali, i cui rapporti con i sedimenti marini non sono esattamente definibili o lo sono soltanto in parte; pertanto esse verranno descritte per affioramento.

Una caratteristica peculiare di queste brecce è quella di presentare clasti parzialmente arrotondati ed in un caso forse anche stratificati. Uno studio sedimentologico di dettaglio permetterebbe sicuramente di stabilire se si tratti realmente di brecce o di puddinghe, il che permetterebbe anche di chiarire meglio il loro significato ambientale.

Affioramento 2

Sono brecce che colmano, per due o tre metri, cavità nel "Calcare Cavernoso" e sono costituite da ciottoli di cavernoso da fini a molto grossolani con qualche masso, tenuti insieme da un cemento marnoso. Nel cemento è stata rinvenuta una fauna di molluschi continentali a *Pomatias elegans*. Contro questi depositi poggiano arenarie del II ciclo marino.

Affioramento 3

Sono brecce cementate affioranti per circa due metri nel taglio stradale, costituite da ciottoli da medi a molto grossolani piuttosto arrotondati. Su queste poggiano con contatto di tipo *onlap*, le arenarie del II ciclo.

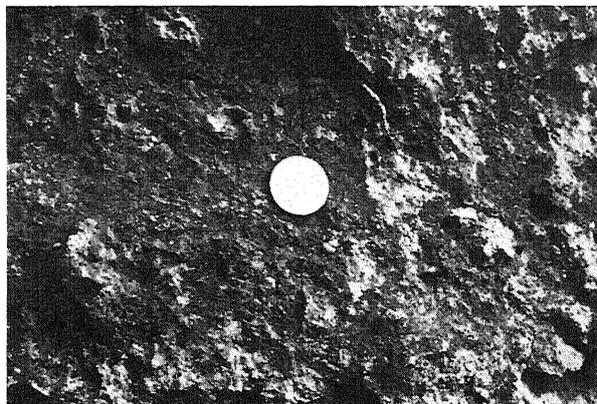


Fig. 4 - Brecce antiche a molluschi continentali (affioramento 2), è evidente in primo piano *Pomatias elegans*.

Old breccias including terrestrial mollusks (outcrop no. 2), it is evident *Pomatias elegans*.

Affioramento 4

Qui è possibile notare i rapporti esistenti almeno fra tre ordini di brecce, che purtroppo non sono in rapporto diretto con i depositi marini.

Al di sopra degli scisti è evidente per circa tre metri un primo deposito di breccia cementata con clasti da medi a molto grossolani piuttosto arrotondati. Queste sono sormontate da limi gialli probabilmente legati all'alterazione (per circolazione di acque idrotermali?) degli scisti. In appoggio sul versante calcareo si osserva un altro ordine di breccia, potente qualche decina di metri, che presenta clasti da medi a grossolani, parzialmente

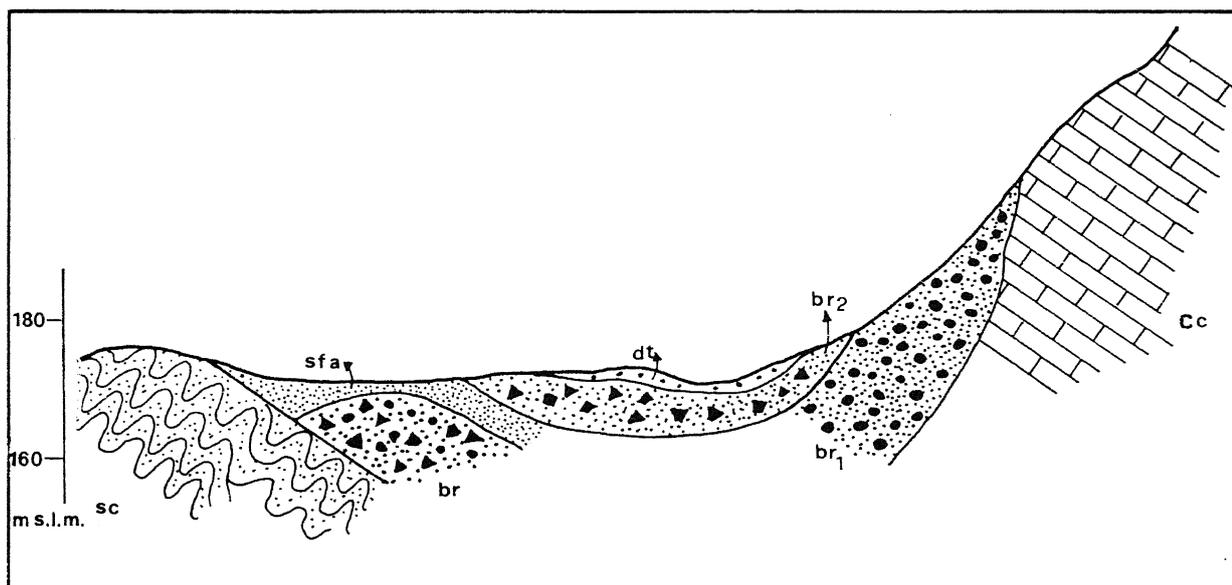


Fig. 5 - Rapporti stratigrafici intercorrenti fra i vari ordini di brecce nei pressi di Podere Fontanelle (affioramento 4). sc) scisti; Cc) "Calcare cavernoso" (l'immersione e la direzione degli strati non sono reali); br) brecce cementate ad elementi arrotondati; br1) brecce con elementi da medi a grossolani arrotondati e forse stratificati; sfa) silts gialli d'alterazione; br2) brecce con molluschi continentali; dt) detrito di falda recente.

Outline of the stratigraphic relations between various breccia layers near "Podere Fontanelle" (Outcrop no. 4). sc) schistes; Cc) "Calcare cavernoso" (the plunge and direction of the strata are not real); br) cemented breccias constituted by rounded clasts; br1) breccias constituted by rounded clasts (from medium to cobble), probably stratified; sfa) yellow silts originated by weathering; br2) breccias that present terrestrial mollusks; dt) debris slope.

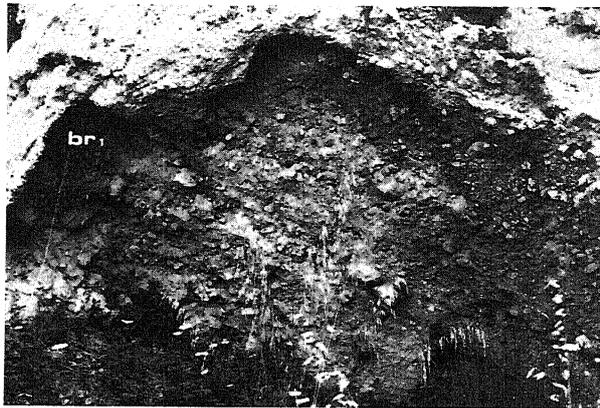
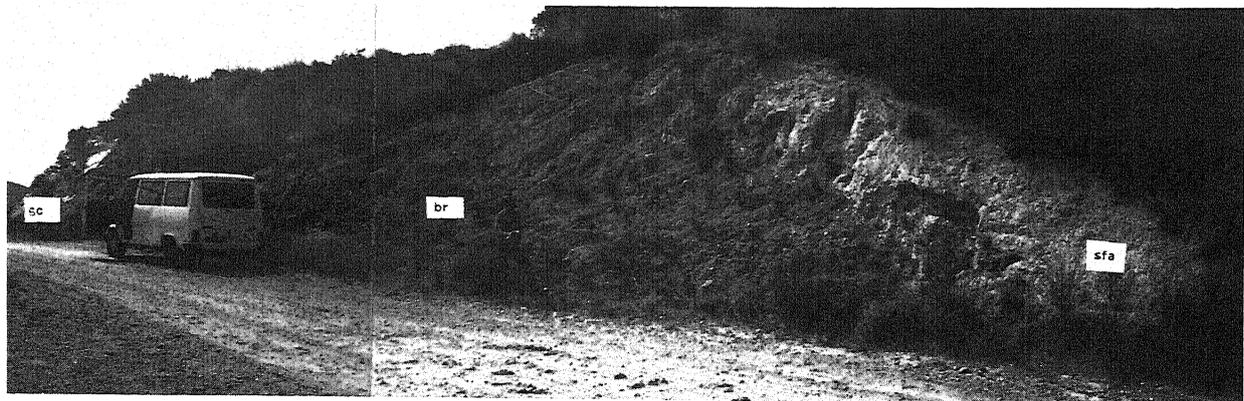


Fig. 6 - Affioramento 4, particolari di br, br1 e sfa di Fig. 4.
Outcrop no. 4, particular view of br, br1 and sfa of Fig 4.

arrotondati e forse anche stratificati, immersi in una matrice costituita da sabbie grossolane. Ambedue queste breccie sono coperte da un ulteriore ordine costituito da clasti da medio fini a medio grossolani, immersi in una cemento marnoso-sabbioso contenente una fauna di molluschi continentali a *Pomatias elegans*.

Affioramento 5

Breccie con ciottoli piuttosto arrotondati, da medio a molto grossolani, derivanti dal "Calcare Cavernoso", poggiano su una fascia milonitica, prodottasi a spese del "Cavernoso". In esse sono presenti rari molluschi continentali. La milonite è attraversata da un fitto reticolo di sottili "filoni o vene" di travertino che interessano, in modo molto ridotto, anche le sovrastanti breccie.

Affioramento 6

È il più occidentale ed è costituito da breccie cementate con ciottoli da fini a medi; il cemento è rosso, di natura marnoso-calcareo ed imprigiona una fauna di molluschi terrestri.

Arenarie e breccie del II ciclo

Si rinvengono in tre affioramenti, uno dei quali corrisponde a quello delle arenarie del I ciclo (n° 1), ubicati sia sul versante occidentale che su quello orientale del Promontorio. Le arenarie dell'affioramento 3, già cartografato da Gianniello *et al.* (1962) come "panchina

eolica", si rinvengono fra le quote 125 e 170 m s.l.m. Sono costituite da sabbie da medie a molto grossolane che si rinvengono sia poggianti con contatto di tipo *onlap* su breccie più antiche, sia addossate alle breccie con molluschi medio-pleistocenici dell'affioramento 2. Vi sono contenuti rari esemplari di *Glycymeris glycymeris* e frammenti di *Pecten* sp., e livelli di breccie con ciottoli da fini a medi.

L'affioramento 1, posto sul lato occidentale del promontorio, si sviluppa in modo continuo, fra 20 e 150 m

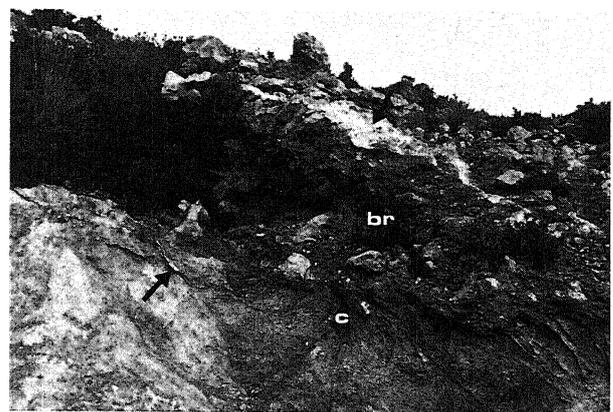


Fig. 7 - Le breccie antiche nei pressi dell'affioramento 5. c) milonite; br) breccias; la freccia indica i livelli di travertino.

Old breccias near the outcrop no. 5. c) milonite; br) breccias; the arrow indicates travertine levels.

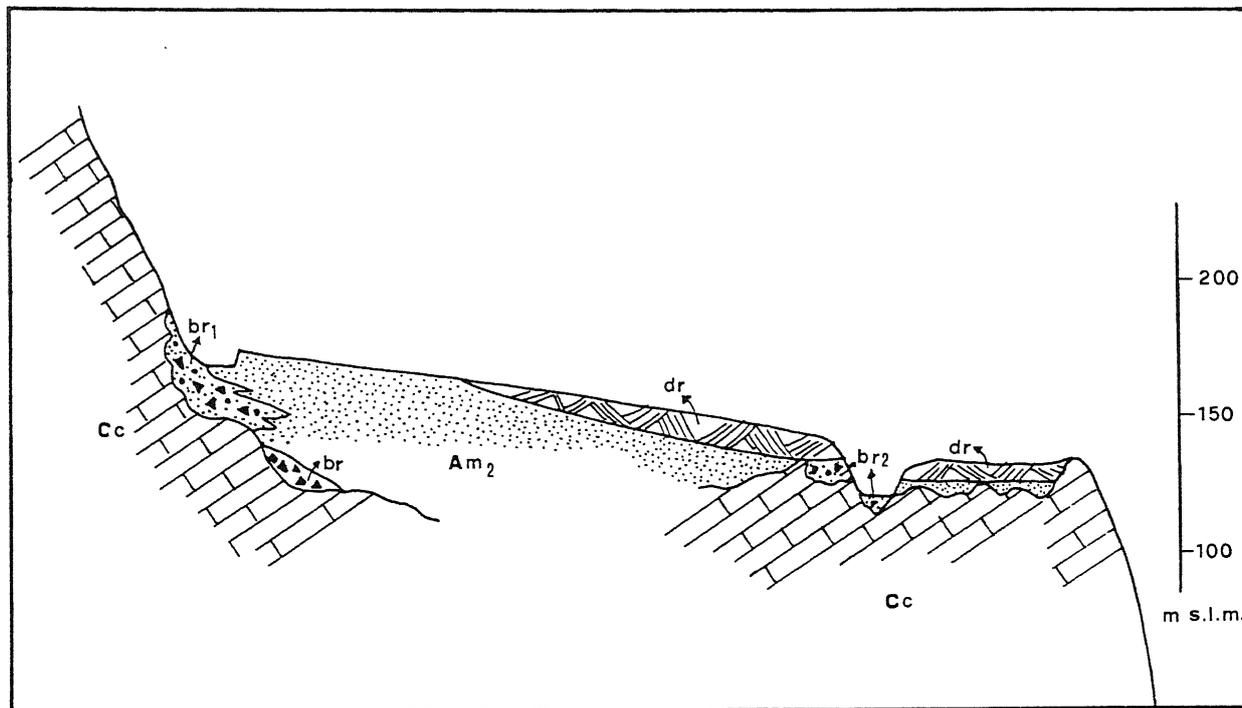


Fig. 8 - Schema dei rapporti stratigrafici fra Sbarcatello ed il versante orientale di Torre dell'Avoltore (affioramento 3). Cc) "Calcare Cavernoso" (l'immersione e la direzione degli strati non è reale); br) breccie antiche; br1) breccie a cemento marnoso biancastro con molluschi continentali; Am2) Arenarie del II ciclo sedimentario; br2) breccie recenti; dr) sabbie eoliche rosse.

Outline of the stratigraphic relations between "Sbarcatello" and eastern slope of "Torre dell'Avoltore" (outcrop no. 3). Cc) "Calcare Cavernoso" (the direction and plunge of the strata are not real); br) old breccias; br1) cemented breccias including terrestrial mollusks; Am2) II cycle sandstones; br2) recent breccias; dr) red eolian sands.

s.l.m., dall'appoggio sui calcari all'attuale scarpata a mare. Si tratta di arenarie grossolane con sparsi elementi di breccia (da fini a medi) che aumentano di frequenza nelle porzioni più vicine alla parete calcarea, ove si evidenzia una scarpata, che potrebbe rappresentare l'antica falesia. Le arenarie, all'appoggio sul rilievo calcareo, si presentano stratificate con immersione ad Ovest ed una pendenza di circa 35°; tale pendenza tende a diminuire progressivamente, riducendosi a qualche grado in prossimità del mare. Qui le porzioni medio-sommitali del deposito si interdigitano con breccie che colmano dapprima la superficie d'erosione incisa nei depositi del I ciclo; verso il basso le breccie sono costituite per lo più da massi che verso l'alto divengono grossolani. Superiormente il deposito arenaceo è troncato da una superficie d'erosione posta a 20+25 m s.l.m.

Nell'affioramento 7 si rinvennero breccie costituite da ciottoli di dimensioni da fini a molto grossolane con qualche masso immersi in una matrice siltosa biancastra. A queste s'intercalano sabbie, limi, limi calcarei e travertini in cui è stata rinvenuta una fauna marina a *Monodonta turbinata*, *Patella safiana*, *Patella cerulea*, *Purpura haemastoma*, *Ostrea sp.* e *Glycymeris glycymeris*. Nei livelli limosi, limoso calcarei e travertinosi è stata anche rinvenuta una ricca fauna di molluschi dulcaquicoli. La breve successione descritta, che poggia contro una scarpata incisa nelle breccie antiche e nel

"Cavernoso", raggiunge circa 5+6 m di potenza ed è sormontata verso l'alto da limi terrosi in cui si rinvennero alla base ancora molluschi marini e verso l'alto esclusivamente molluschi continentali.



Fig. 9 - La foto mostra un particolare delle arenarie del II ciclo nei pressi dell'affioramento 3.

The photo shows a particular view of II cycle sandstones, near the outcrop no. 3.

Breccie intermedie

Si rinvennero in lembi ridotti sul versante orientale del promontorio, a monte del Pellicano, ove colmano fratture nel "Calcare Cavernoso". Si tratta di breccie

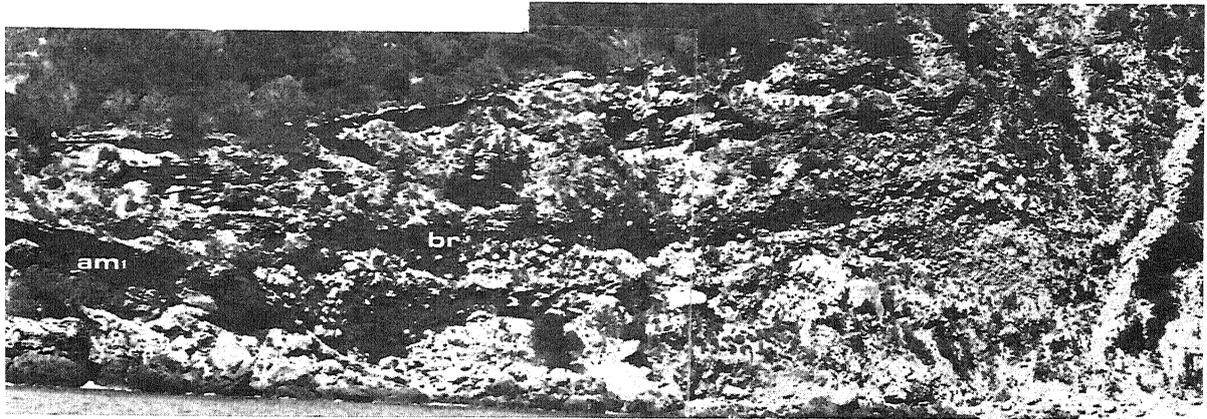


Fig. 10 - Particolare dei rapporti fra I e II ciclo nei pressi dell'affioramento 1. Am1) arenarie del I ciclo; br) breccie antiche; Am2) Arenarie del II ciclo.

The photo shows a particular view of the stratigraphic relations between I and II sedimentary cycle near outcrop no. 1. Am1) I cycle sandstones; br) old breccias; Am2) II cycle sandstones.

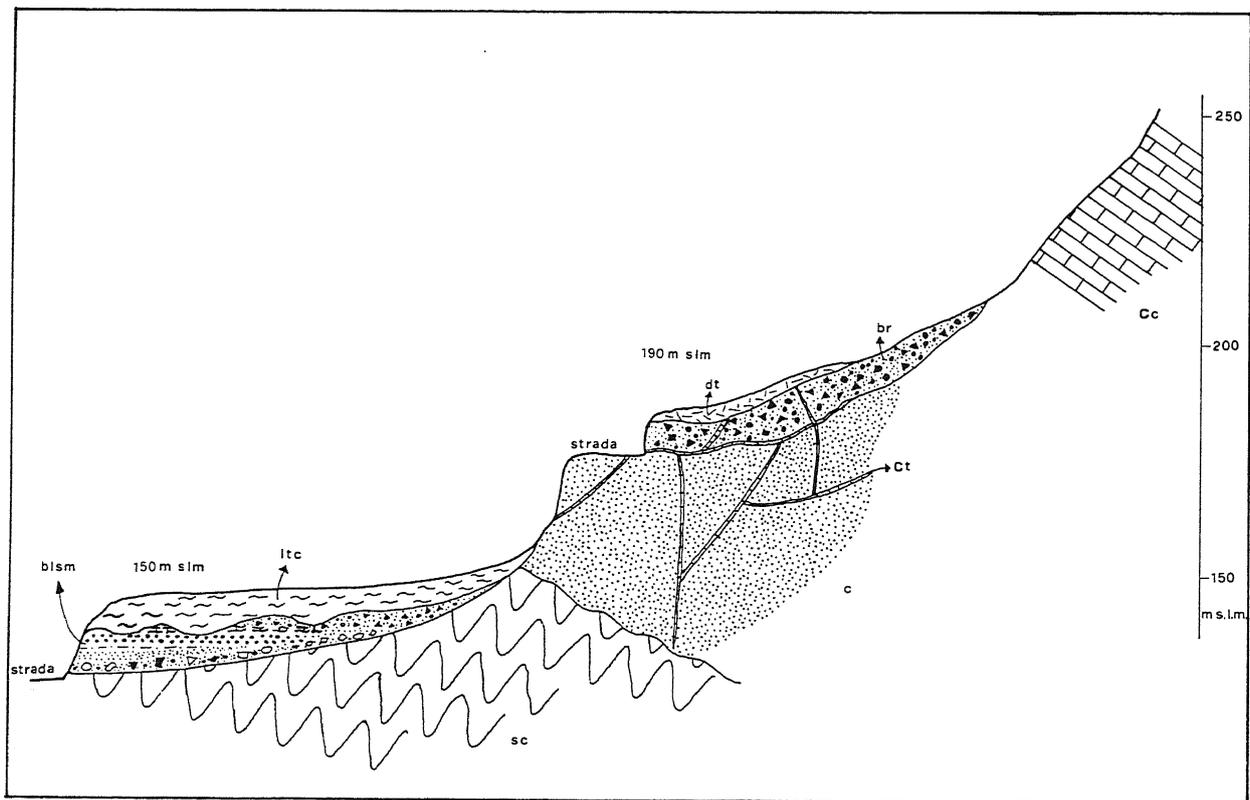


Fig. 11 - Schema dei rapporti stratigrafici lungo la strada panoramica ad ovest di Torre dell'Avoltore (affioramento 7). sc) scisti; Cc) "Calcere Cavernoso" (l'immersione e la direzione degli strati non è reale); c) miloniti; ct) filoni o vene travertinose; br) breccie con molluschi terrestri dell'affioramento 5; blsm) alternanze di breccie a *Monodonta turbinata*, limi e travertini con molluschi dulcaquicoli e sabbie a *Glycymeris*; ltc) limi terrosi con molluschi terrestri; dt) detrito di falda recente.

Outline of the stratigraphic relations along panoramic road West of "Torre dell'Avoltore" (outcrop no. 7). Cc) "Calcere Cavernoso" (the direction and plunge of the strata are not real); c) milonites; ct) travertine levels; br) breccias including terrestrial mollusks (outcrop no. 5); blsm) breccias including *Monodonta turbinata*, silts and travertine with fresh water mollusks and sands including *Glycymeris*; ltc) muds including terrestrial mollusks; dt) recent debris slope.

costituite da elementi minuti immersi in un cemento calcareo di colore rosso, contenenti una ricca fauna di molluschi continentali.

Sabbie eoliche rosse

Coprono le arenarie del II ciclo nei pressi dell'affioramento 3 e le breccie intermedie; si rinvengono fra le quote di 120+150 m s.l.m., non presentano stratificazione e contengono una ricca fauna di molluschi continentali.

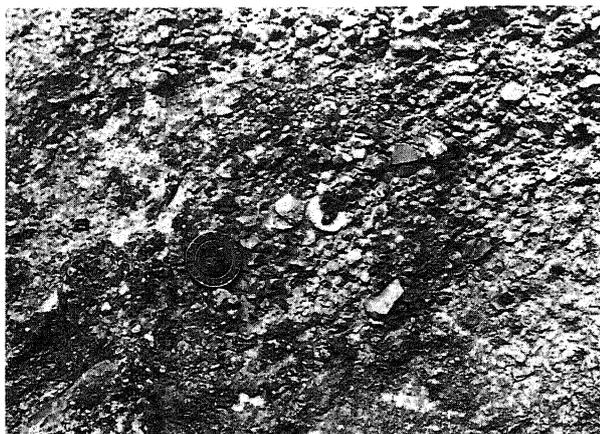


Fig. 12 - Particolare delle breccie a *Monodonta turbinata* (a) e veduta d'insieme del deposito marino (b) nei pressi dell'affioramento 7.

Particular view of breccias including Monodonta turbinata (a) and panoramic view (b) of the marine deposit near the outcrop no. 7.

Sabbie del III ciclo

Si tratta di sabbie da medie a grossolane contenenti resti fortemente usurati di molluschi marini. Affiorano estesamente (affioramento n° 8) ad Acqua Dolce fra 70 e 90 m s.l.m., all'appoggio, di tipo *onlap* sul "Cavernoso" fanno passaggio ad un calcare concrezionare immerso in una matrice sabbioso-argillosa di colore rosso.

Breccie recenti

Costituiscono i cumuli delle tre paleofrane rinvenute nell'area di esame (Forte Stella, Sbarcatello e Podere Ficaie) e presentano oltre a diversità nella natura dei cla-

sti, un diverso tipo e grado di cementazione.

Per quanto riguarda la paleofrana di Forte Stella essa è costituita da elementi non cementati di grandezza eterogenea (fino a massi) provenienti esclusivamente dagli scisti ed anageniti del Verrucano.

La paleofrana di Sbarcatello è costituita da elementi prevalentemente calcarei e di grandezza variabile (fino a massi) che si presentano a luoghi immersi in una matrice argillosa biancastra e altrove legati da cemento carbonatico.

Nel caso della paleofrana del Podere Ficaie si osserva una composizione variabile legata alle zone di affioramento del "Cavernoso" e degli scisti. Mentre infatti nelle porzioni alte i clasti sono esclusivamente calcarei e debolmente cementati, verso mare aumentano progressivamente quelli scistosi ed il cemento diventa terroso rossastro. Nelle frane di Sbarcatello e di Podere Ficaie sono stati rinvenuti molluschi continentali che attestano la deposizione in ambiente subaereo avvenuta quindi, con tutta probabilità, durante una fase eustatica di basso stazionamento del livello marino; ciò è comprovato anche dal fatto che la successiva fase di alto ha prodotto sui corpi di paleofrana precedentemente depositi delle evidenti piattaforme d'abrasione.

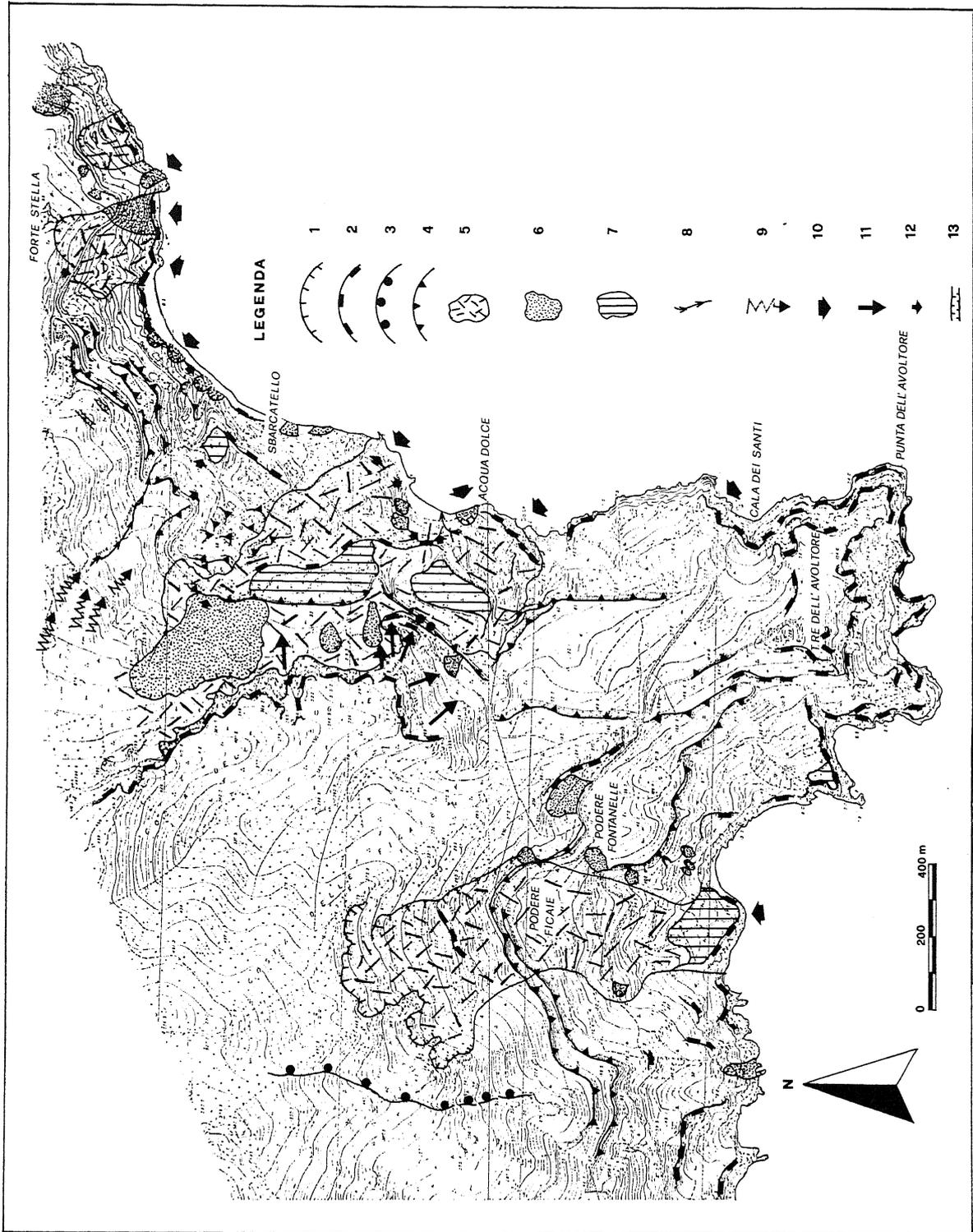
Detriti di falda

Si rinvengono più o meno diffusamente lungo i fianchi dei rilievi e possono essere costituiti da elementi sia di natura calcarea che scistosa.

Dal punto di vista morfologico, l'area in esame è costituita dalle depressioni del Podere delle Ficaie e dello Sbarcatello, la prima è contornata dalle dorsali di Poggio Canaloni e Costa delle Ficaie, la seconda è compresa fra la Costa della Scogliera, che si prolunga fino alla T.re dell'Avoltore, e la dorsale che dal Podere La Storta si congiunge al crinale sul quale sorge il F.te Stella. Tutte queste dorsali si congiungono in alto nella cima del M.te Telegrafo.

Tali depressioni corrispondono ad antiche frane di grandi dimensioni, probabilmente connesse a "movimenti gravitativi profondi" attualmente in uno stadio molto avanzato, particolarmente sviluppati lungo la costa occidentale dell'Argentario. Delle paleofrane di Forte Stella e del Podere Ficaie è ancora possibile riconoscere le zone di distacco, evidenziate da scarpate e rotture del pendio dal generale andamento curvilineo e dalla presenza dei rispettivi cumuli, marcati da piccole spianate o zone a debole pendenza. Il profilo morfologico risultante è tipicamente concavo, terminante con una scarpata di erosione verso mare.

La presenza di superfici d'erosione indica che posteriormente alla messa in posto delle paleofrane, il mare operò un modellamento dei cumuli; infatti alla base di questi, alle quote di 25 e 65 metri s.l.m., si individuano due ordini di spianate d'abrasione. Un'altra spianata, presente a monte dell'area dello Sbarcatello, sormontata



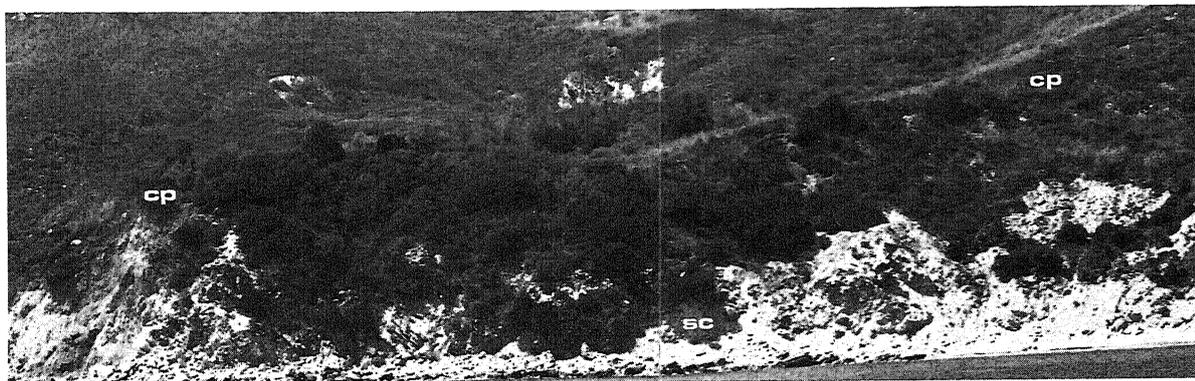


Fig. 14 - Superficie d'erosione incisa al piede del cumulo di paleofrana di Podere Ficaie. sc) scisti; cp) corpo di frana.
Wave cut platform at the foot of the landslide at "Podere Ficaie". sc) schistes; cp) slide mass.

da un deposito di brecce che borda la parete calcarea di Costa della Scogliera, rimane invece a quota superiore, fra i 100 ed i 130 m.

3.1 Le analisi sul contenuto in minerali pesanti

Campioni raccolti nei livelli limosi dell'affioramento 7 hanno evidenziato la presenza di cristalli scuri (0,5 mm) molto fratturati che l'analisi diffrattometrica ha mostrato trattarsi di augite (Anselmi *et al.*, 1991).

Nelle arenarie dell'affioramento 3, sia nella frazione grossolana (1÷2 mm) che in quella più fine sono presenti fra i minerali pesanti abbondanti cristalli che l'analisi ha mostrato trattarsi di clinopirosseno diopsidico.

Riguardo all'origine di tali minerali si considera quanto segue.

Le rocce del basamento prequaternario presenti sul Promontorio dell'Argentario non sono caratterizzate dalla presenza di pirosseni (augite e diopside) in fenocristalli (Gasperi & Gelmini, 1973; Lazzarotto *et al.*, 1964; Mc Bride *et al.*, 1987). Questi infatti si rinvengono solo nelle ofioliti come relitti (Azzaro *et al.*, 1977) e nelle granodioriti del Giglio come minerali accessori, peraltro molto rari (Cocco, 1959). Del resto sono assenti rocce legate a

possibile metamorfismo di contatto fra calcari ed intrusioni (Alberti *et al.*, 1970; Cocco, 1959; Lazzarotto *et al.*, 1964) ove sarebbe probabile rinvenire in abbondanti quantità pirosseno diopsidico come nella zona dei Monti di Campiglia (Barberi *et al.*, 1967). Pertanto l'origine dei pirosseni non può che essere imputata al vulcanismo peritirrenico, probabilmente vulsino. Sarebbe possibile escludere anche il vulcanismo tofetano in quanto l'augite è presente soltanto nelle "ignimbriti da riolitiche a quarzolatitiche", peraltro non frequente (Alberti *et al.*, 1970).

Interessanti sono i confronti possibili fra i depositi marini del Monte Argentario e quelli presenti nei bacini Mignone-Marta-Fiora; in questi ultimi infatti l'augite (Radtke, 1983; Radtke & Tillman, 1983) compare nei sedimenti a partire dal Pleistocene medio in percentuali del 45% circa, per poi aumentare in quelli del Pleistocene superiore al 100% circa.

Per quanto riguarda il clinopirosseno diopsidico nelle piroclastiti vulsine una maggiore abbondanza si ha soltanto nelle piroclastiti più recenti (III e IV periodo) (Conticelli *et al.*, 1986). Queste corrispondono alle unità C e B di Metzeltin e Vezzoli (1983) e fanno parte della prima attività di Latera, sviluppatasi in modo completo fra 278.000 e 166.000 anni (Metzeltin e Vezzoli, 1983).

Da ciò ne consegue che si possa ragionevolmente ipotizzare per le arenarie del II ciclo un'epoca di deposizione sinvulcanica e quindi all'incirca medio pleistocenica.

Pertanto l'età dei depositi di Torre dell'Avoltore, fatta eccezione per i detriti di falda ed i depositi del I ciclo, risulta compresa fra il Pleistocene medio ed il Tirreniano. Infatti i livelli marini della Grotta di Cala dei Santi, ragionevolmente correlati da Segre (1959) al Tirreniano, si incassano a 4 m s.l.m. in tutti i sedimenti fin qui descritti.

Bisogna tuttavia evidenziare che mancano indizi cronostratigrafici certi, riguardo all'appartenenza al Pleistocene medio del I ciclo sedimentario; infatti, nelle

Fig. 13 - Carta geomorfologica dell'area Torre dell'Avoltore-Sbarcatello. 1) Scarpate principali di frana e/o paleofrana; 2) scarpate naturali e orli di terrazzi; 3) scarpate di faglia; 4) tagli di versante antropici; 5) cumuli di paleofrana; 6) cumuli di frana; 7) superfici d'erosione; 8) valleciole d'erosione concentrata; 9) solchi d'erosione concentrata; 10) punti di arretramento della faglia; 11) corridoi di caduta massi; 12) movimenti puntuali nei cumuli di paleofrana; 13) fratture profonde negli scisti.

Geomorphologic sketch map of Torre dell'Avoltore-Sbarcatello. 1) main recent and/or slides scarps; 2) natural scarps and terrace slopes; 3) fault scarps; 4) antropic slope cuts; 5) old slide masses; 6) recent slide masses; 7) erosional surface; 8) gullies; 9) rills; 10) points of cliff retrival; 11) corridors of rolling boulders; 12) local movements in the old slide masses; 13) deep fractures in the schists.

campagne fin qui eseguite, a causa delle difficoltà incontrate nell'avvicinamento all'affioramento, raggiungibile soltanto da mare, non si sono potuti prelevare campioni di sedimento da sottoporre ad analisi sul contenuto in minerali pesanti.

4. EVOLUZIONE PALEOGEOGRAFICO-STRUTTURALE QUATERNARIA

L'altitudine s.l.m. ed i rapporti reciproci esistenti fra le forme ed i depositi presenti nell'area di Torre dell'Avoltore-Sbarcatello suggeriscono l'avvicinarsi di più fasi tettoniche, intercalate da trasgressioni glacio-eustatiche, prodottesi a partire probabilmente dal Pleistocene medio.

Una prima fase tettonica è responsabile del basculamento contro monte delle arenarie del I ciclo; questa deve essersi esplicata senza produrre sollevamenti sensibili, in quanto i sedimenti del II ciclo coprono in toto con contatto *onlap* quelli più antichi; un fenomeno ana-

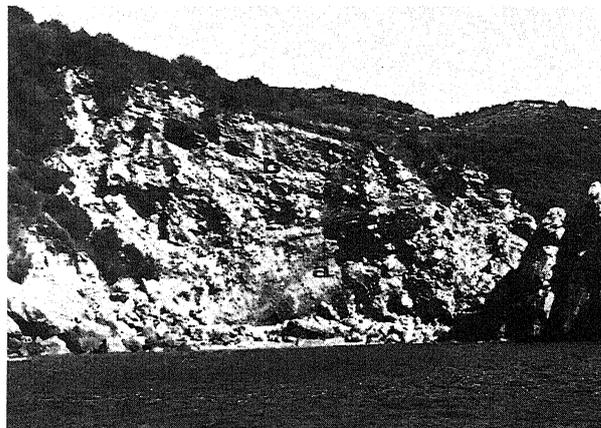


Fig. 15 - Cala Grande: i due ordini di breccie (a e b).
Two breccia layers (a and b) at Cala Grande.

logo, anche se non possiamo avere la certezza che sia sincrono al precedente e che interessa depositi continentali, si osserva a Cala Grande. Qui infatti è presente un primo ordine di breccie che immerge contro monte e

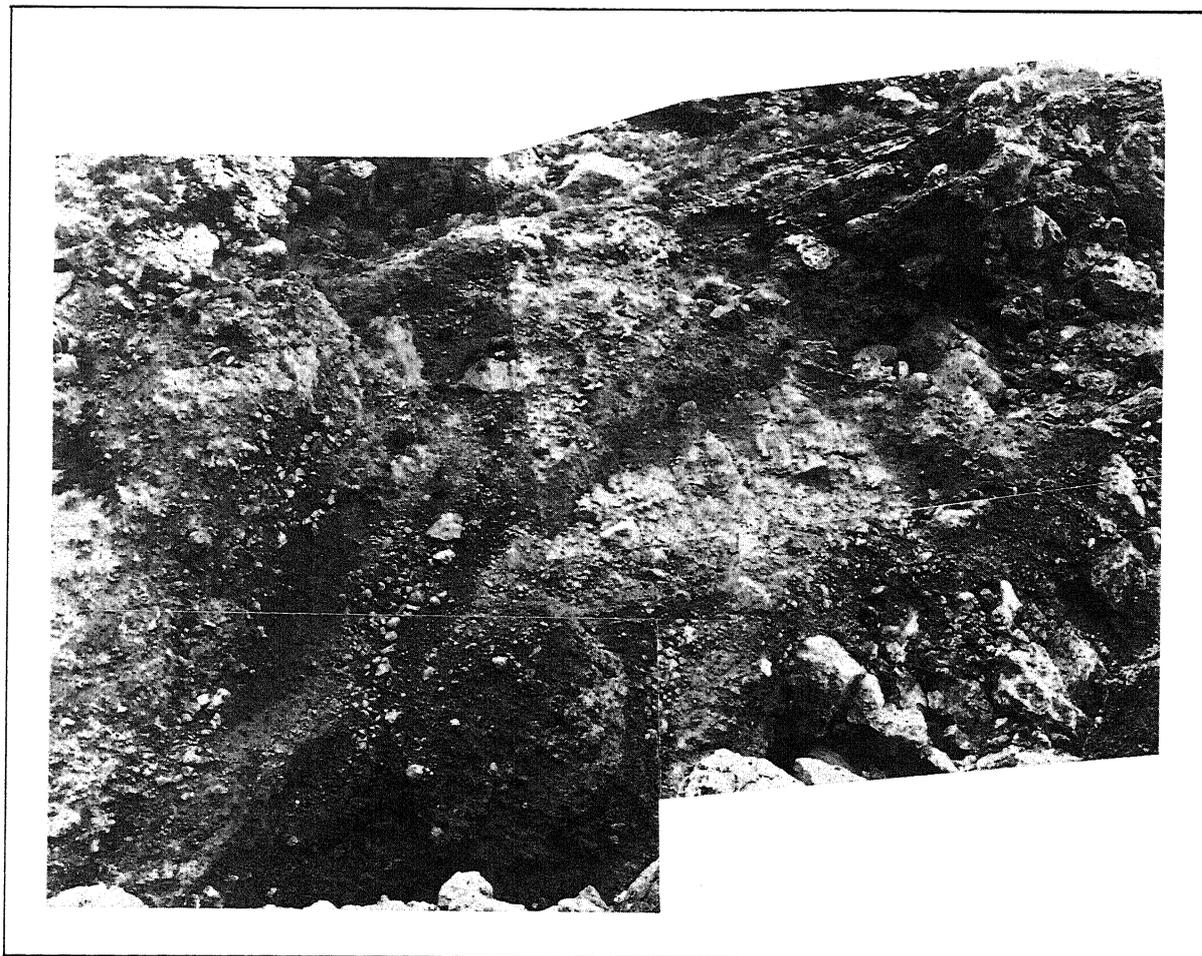


Fig. 16 - Particolare della Fig. 15. Si notano le breccie (a) che immergono contro monte, con superfici di strato incurvate.
Particular of Fig. 15. It is possible to observe the breccias (a) that plunge toward the mount with curved bedding planes.

mostra le superfici di stratificazione incurvate, mentre l'ordine successivo, sovrapposto al precedente, immerge normalmente verso mare.

Posteriormente a questa prima fase tettonica si produce un abbassamento del livello marino per cause glacio-eustatiche che determina la formazione di canali d'erosione nei depositi del I ciclo. Al successivo sollevamento del livello di base è connessa la deposizione delle arenarie del II ciclo.

Una seconda fase tettonica, sicuramente intra medio-pleistocenica in quanto interessa depositi di tale età, è la responsabile di un primo sensibile sollevamento dei sedimenti marini del I e II ciclo valutabile in circa 80 m.

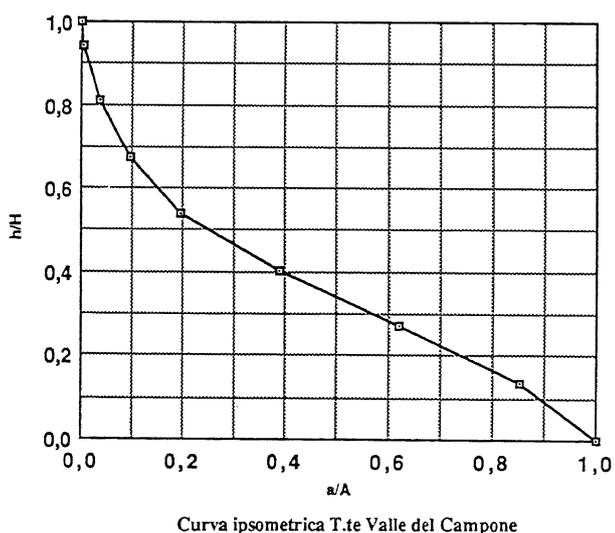
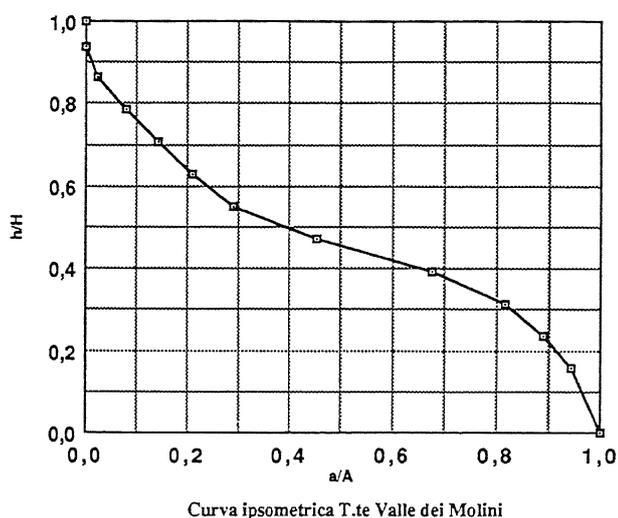


Fig. 17 - Curve ipsometriche relative ai bacini del Torrente Valle dei Molini (versante Sud dell'Argentario) e del Torrente Valle del Campone (Versante Nord). L'andamento della prima curva denota un probabile ringiovanimento nell'evoluzione morfologica del bacino rispetto alla seconda curva, suggerito dal brusco salto nel raccordo all'asse a/A .

Hypsometric curves of Valle dei Molini (southern side of Argentario Promontory) and of Valle del Campone (northern side) basins. The shape of first curve denotes a probable rejuvenation in morphological evolution of the basin, in comparison with the second curve, as suggested by the sharp connection with the a/A axis.

Tale valore deriva dalla differenza di quota esistente fra il tetto dei depositi del II ciclo (170 m s.l.m.) ed il tetto dei depositi del III (90 m s.l.m.).

Non possiamo affermare con certezza se fra il II ed il III ciclo sedimentario siano intervenute anche variazioni eustatiche nel livello di base; tuttavia, la presenza di sedimenti eolici a copertura delle arenarie del II ciclo potrebbe indicare la chiusura di questo per fattori eustatici (Fairbridge, 1971).

Una terza fase tettonica produce un sollevamento di circa 25 m, espresso dalla differenza di quota fra il tetto dei depositi del III ciclo e la spianata d'erosione marina che si rinviene a 65 m s.l.m.

Una quarta fase tettonica produce un sollevamento di 40 m, espresso dalla differenza di quota fra le spianate di 65 e 25 m s.l.m. Infine una quinta fase produce un sollevamento di circa 20 m, indicato dalla differenza di quota fra la spianata di 25 m e il livello marino tirreniano riconosciuto a 4 m nella grotta di Cala dei Santi da Segre (1959). In questa zona sulle pareti rocciose sono anche evidenti forme di erosione marina.

Lungo la costa orientale del Promontorio dell'Argentario, Lazzarotto *et al.* (1964) e Gianniello *et al.* (1962) segnalano la presenza di livelli marini e di "panchina eolica" fino ad un'altezza massima di 60 m s.l.m.; tali livelli sono andati purtroppo distrutti e/o obliterati e pertanto non li abbiamo potuti osservare, eccezion fatta per le arenarie delle Cannelle già segnalate da quasi tutti gli Autori e correlate dubitativamente da Mazzanti (1983) al Tirreniano.

La distribuzione e l'altimetria dei depositi e delle forme quaternarie lungo le coste occidentali e meridionali dell'Argentario, nonché la loro assenza lungo le coste settentrionali ed orientali suggeriscono pertanto che il risultato finale delle varie fasi di sollevamento sia stato un basculamento di tutto il Promontorio dell'Argentario, verso N e NE.

Tale ipotesi è confortata oltretutto da alcuni elementi rilevati nel corso delle indagini effettuate sull'intera area:

- la presenza di una linea tettonica orientata circa NW-SE, evidenziata dalla forma del bacino idrografico della Valle dei Molini che potrebbe costituire uno degli assi di basculamento;
 - l'avvenuta sovraincisione e creazione di una forra in questo stesso bacino;
- ed inoltre:
- la presenza di tracce di antiche superfici morfologiche sul versante meridionale, a quote diverse rispetto a quello settentrionale del Promontorio, evidenziate anche dall'andamento delle curve ipsometriche dei rispettivi bacini;
 - l'assenza di fenomeni di instabilità sul versante settentrionale ed orientale *partim*.

Tali osservazioni concordano con quanto già segnalato da Romagnoli (1964) in un lavoro a carattere

pedologico sul Promontorio dell'Argentario. In tale lavoro a sostegno dell'ipotesi del basculamento l'Autore riporta la descrizione di indizi geomorfologici quali, sui bordi settentrionali ed orientali la presenza di piane alluvionali e l'assenza di sedimenti quaternari tipo panchina, mentre sul bordo meridionale la presenza di una falesia e lembi di panchine marine sollevate unitamente ad evidenze di ringiovanimento dei tratti terminali dei corsi d'acqua. Oltre a ciò egli riferisce anche della sommersione di resti di età romana (Terme di Diocleziano in località Santa Liberata), che testimonierebbe un'attività del movimento anche in tempi storici.



Fig. 18 - Aspetto della gola della Valle dei Molini, incisa nei calcari in corrispondenza del tratto medio terminale del torrente.

Sight of Valle dei Molini gorge, cut in the limestones, in correspondence of the medium terminal portion of the stream.

In figura 19 è riportato uno schema geomorfologico del promontorio, in cui sono evidenziate le forme citate. Al centro è evidente il bacino del torrente Valle dei Molini, caratterizzato dalla presenza di vari elementi morfologici significativi quali la particolare forma romboidale, la presenza di una forra piegata ad "esse" e la superficie spianata del Poggio Paladino.

Da notare infine la presenza di linee tettoniche trascorrenti riconosciute in base all'analisi delle forme (Grauso, in Anselmi *et al.*, 1990).

Malatesta e Zarlenga (1986; 1988) in una sintesi sul Pleistocene medio delle coste laziali, toscane e calabresi, riconoscono l'esistenza di due cicli sedimentari medio pleistocenici sovrapposti, correlati con gli "stages isotopici" 9 e 11, che raggiungono circa 130 m s.l.m. in Toscana, 50 m circa nel Lazio e 110 m in Calabria. È notevole la similitudine esistente con i due cicli più antichi dell'Argentario, (che si prevede di datare con metodi geochimici in seguito), anche se emerge un certo contrasto riguardo ai valori assoluti di sollevamento. Rispetto a quelli riscontrati per le coste toscane p.e., risulta una differenza di circa 40 m.

5. LE PALEOFRANE

L'origine delle paleofrane è connessa ad un abbassamento del livello marino per cause glacio-eustatiche. Infatti, i cumuli presentano molluschi continentali che attestano una deposizione subaerea che può essere avvenuta, fra l'altro, in presenza di condizioni climatiche diverse dalle attuali.

Tali fenomeni si sono inoltre esplicitati contemporaneamente ad un sollevamento (III e IV fase) del blocco costituente il promontorio dell'Argentario. La risultante di questi fattori ha determinato, entro un breve intervallo di tempo, un notevole dislivello fra le cime delle dorsali ed il mare. Ciò unitamente all'assetto litologico-strutturale, dato sia dall'orientazione della superficie di sovrascorrimento del "Cavernoso" sulle formazioni scistose, conforme all'andamento dei versanti, sia dall'elevato grado di alterazione dei litotipi e dalla presenza di una fitta rete di fratturazioni, può aver determinato condizioni di notevole instabilità anche in profondità, con conseguente mobilitazione di ingenti masse rocciose.

Il fatto che i fenomeni di instabilità siano tutti concentrati sul versante meridionale ed occidentale sembra quindi collegarsi al sollevamento differenziale che ha concentrato la massima energia di rilievo in questo settore del promontorio.

Per quel che concerne l'età delle paleofrane è da rilevare come quella dello Sbarcatello sia la più antica, essendo posteriore al III ciclo marino e quindi probabilmente contemporanea alla III fase di sollevamento, in quanto è interessata da una spianata a circa 65 m s.l.m.

Il cumulo di paleofrana del Podere Ficaie è caratterizzato dalla presenza di una spianata d'erosione al piede a 25 m s.l.m. ed è quindi contemporanea alla IV fase di sollevamento.

La paleofrana di Forte Stella non presenta invece alcuna relazione con linee di riva e pertanto è da considerarsi post-tirreniana e correlabile con una fase di abbassamento del livello marino durante l'ultimo glaciale.

6. MORFODINAMICA ATTUALE

Data l'instabilità d'insieme e la notevole energia di rilievo, tali zone sono ancora soggette ad evoluzione per frana, anche se attraverso fenomeni di più limitate dimensioni, rispetto ai movimenti gravitativi descritti. Data la presenza di manufatti ed insediamenti, tuttavia, tali fenomeni, che sono spesso innescati proprio da interventi antropici non ottimizzati, come tagli e sovraccarichi di versante, obliterazione della rete idrica di deflusso superficiale, possono raggiungere la soglia di pericolosità. Vedasi ad esempio la frana che ha interrotto la strada panoramica immediatamente sotto il F.te Stella, cui vanno aggiunti i vari episodi di dissesto che costellano la stessa strada lungo tutto il suo percorso.

Oltre ai movimenti di versante, si evidenziano fenomeni di erosione dovuta allo scorrimento delle acque superficiali, soprattutto nell'area dello Sbarcatello. Qui in alcuni punti, ove la macchia mediterranea è assente, o per disboscamento o per sentieramenti, le acque di dilavamento hanno rapidamente inciso il livello superficiale poco resistente composto dalla coltre di alterazione degli scisti o dagli ammassi caotici di frana, producendo solchi e vallecole di scorrimento concentrato, destinati ad approfondirsi col tempo.

Il perimetro costiero è costellato da fenomeni di instabilità ed erosione, sia in corrispondenza dei cumuli di paleofrana, dove il mare facilmente aggredisce un materiale già di per sé poco solido, sia in corrispondenza degli affioramenti di roccia molto fratturata, come sulla P.ta dell'Avoltore e a Sbarcatello, dove sono evidenti segni di crolli recenti. Tali fenomeni di instabilità costiera possono provocare conseguenze anche sulla stabilità degli ammassi caotici più a monte.

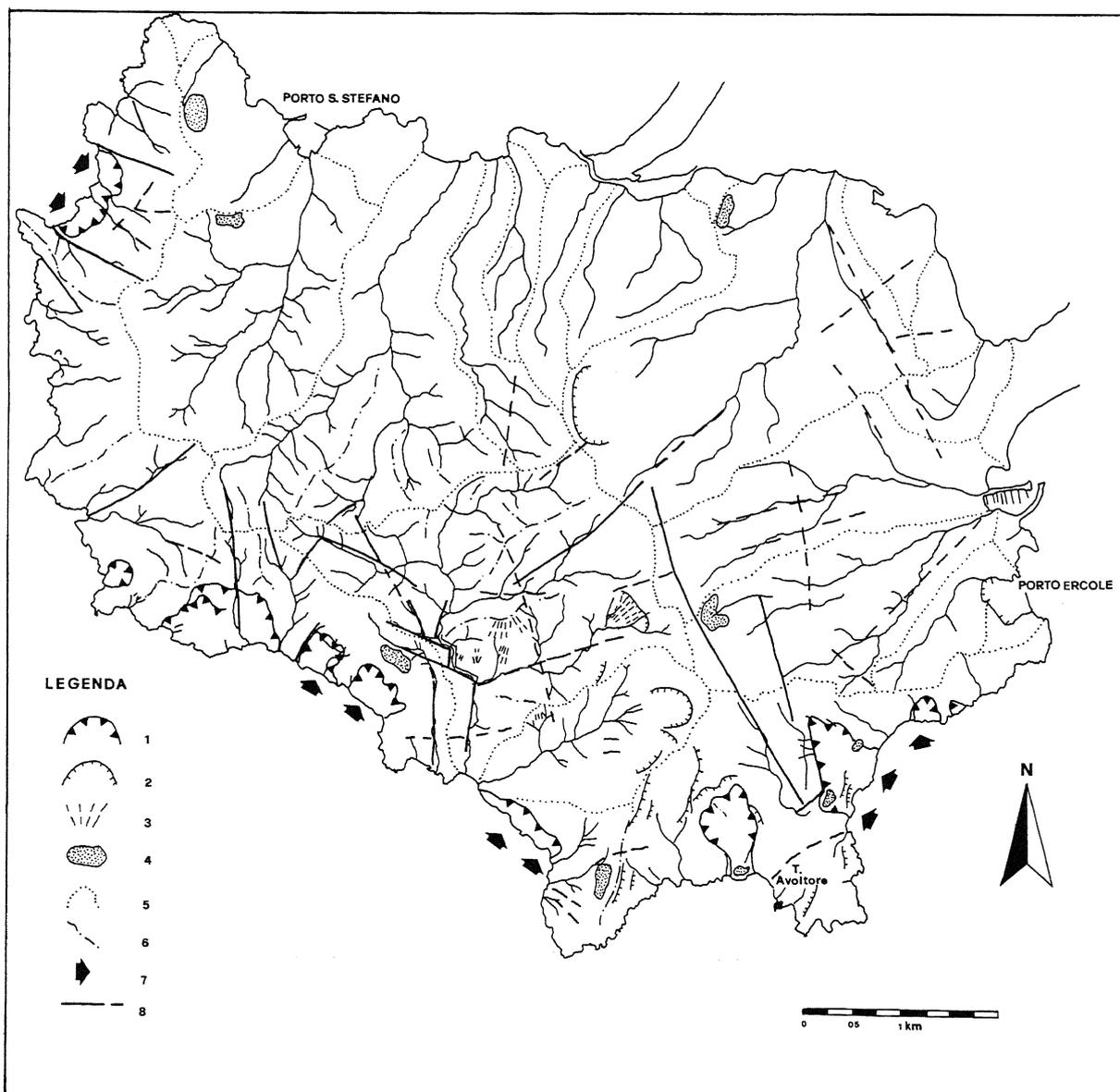


Fig.19 - Schizzo geomorfologico del Promontorio dell'Argentario. 1) scarpate principali di paleofrana; 2) gradini di versante (probabili scarpate di paleofrana); 3) detriti di versante attuali; 4) superfici d'erosione; 5) spartiacque principali; 6) dorsali secondarie; 7) aree costiere in erosione; 8) lineamenti tettonici.

Geomorphologic sketch map of the Argentario promontory. 1) main old landslide scarps; 2) slope breaks (probable old landslide scarps); 3) present slope debris; 4) erosional surfaces; 5) main divides; 6) secondary ridges; 7) eroded coastal zones; 8) tectonic lineaments.

7. CONCLUSIONI

Nell'area di Torre dell'Avoltore sono stati riconosciuti tre cicli di sedimentazione marina, dei quali i due più recenti risultano coevi al vulcanismo peritirrenico e pertanto sono correlabili al Pleistocene medio. A questi s'intercalano e/o si sovrappongono brecce continentali.

I sedimenti sono stati interessati da 5 fasi di *uplift* il cui risultato finale è consistito in un basculamento verso N e NE di tutto il Promontorio.

Durante la terza e la quarta fase tettonica ed in probabile concomitanza con fasi di basso stazionamento del livello marino per cause glacio-eustatiche, si sono prodotte le paleofrane (probabili DGPV) di Sbarcatello e Scorpacciate rispettivamente, mentre quella di Forte Stella sembrerebbe ascrivibile all'ultimo glaciale. Attualmente i cumuli di paleofrana sono interessati da movimenti locali prodotti per lo più da attività antropica non mirata, infiltrazione di acque superficiali ed erosione marina.

BIBLIOGRAFIA

- Alberti A., Bertini M., Del Bono G.L., Nappi G. & Salvati L. (1970) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000. Foglio 136-142 (Toscana-Civitavecchia)*. Serv.Geol.d'It.
- Anselmi B., Blasi L., Brandimarte U., Bucci M., Catalano F., Cautilli F., Crovato C., Giacani G., Grauso S., Polizzano C., Sensi L., Siragusa G., Tassoni E. & Zarlenga F. (1990) - *Fenomeni di instabilità dei versanti nel Promontorio di Monte Argentario. Studi di base e primi interventi*. RT/ENEA. In corso di stampa.
- Anselmi B., Catalano F. & Zarlenga F. (1991) - *La distribuzione dei minerali pesanti nelle arenarie quaternarie del Promontorio dell'Argentario*. In corso di ultimazione.
- Barberi F., Innocenti F. & Mazzuoli R. (1967) - *Contributo alla conoscenza chimico-petrografica e magmatologica delle rocce intrusive, vulcaniche e filoniane del Campigliese (Toscana)*. Mem. Soc. Geol. It., **6**, 643-681.
- Coticelli S., Francalanci L., Manetti P., Peccerillo A. & Santo A. (1986) - *Caratteristiche composizionali dei prodotti dell'apparato di Latera (Monti Vulsini) e loro significato vulcanologico*. Mem. Soc. Geol. It., **35**, 715-726.
- Cocco G. (1959) - *Considerazioni geochimico-petrografiche sulla granodiorite dell'Isola del Giglio (Arcipelago Toscano)*. Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., S. A, **66**, 273-336.
- Decandia F.A. & Lazzarotto A. (1980) - *Le unità tettoniche del Monte Argentario (Toscana Meridionale)*. Mem. Soc. Geol. It., **21**, 385-393.
- Fairbridge R.W. (1971) - *Quaternary shoreline problems at INQUA 1969*. Quaternaria, **15**, 7-18.
- Gasperi G. & Gelmini R. (1973) - *Ricerche sul Verrucano 1. Il Verrucano di Monte Argentario e dei Monti dell'Uccellina in Toscana*. Boll. Soc. Geol. It., **92**, 115-140.
- Gianniello G., Lazzarotto A. & Mazzanti R. (1962) - *Carta geologica del Monte Argentario e del Promontorio del Franco (Isola del Giglio)*. CNR, Pisa.
- Lazzarotto A., Mazzanti R. & Mazzoncini F. (1964) - *Geologia del Monte Argentario (Grosseto) e del promontorio del Franco (Isola del Giglio-Grosseto)*. Boll. Soc. Geol. It., **83**, 1-124.
- Malatesta A. & Zarlenga F. (1986) - *Cicli trasgressivi medio-pleistocenici sulle coste liguri e tirreniche*. Geol. Rom., **25**, 1-8.
- Malatesta A. & Zarlenga F. (1988) - *Evidence of Middle Pleistocene marine transgressions along the Mediterranean coast*. Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoecol., **68**, 311-315.
- Mazzanti R. (1982) - *Il punto sul Quaternario della fascia costiera e dell'arcipelago di Toscana*. Boll. Soc. Geol. It., **102**, 419-556.
- Mc Bride E.F., Picard D.M., Fontana D. & Gelmini R. (1987) - *Sedimentology, petrography and provenance of the Triassic Verrucano Group, Monte Argentario (Tuscany, Italy)*. Giorn. Geol., **49**, 73-92.
- Merciai G. (1910) - *Mutamenti avvenuti nella configurazione del litorale tra Pisa e Orbetello dal Pliocene in poi*. Stab. Tipolit. Nistri, Pisa.
- Metzeltin S. & Vezzoli L. (1983) - *Contributi alla geologia del Vulcano di Latera (Monti Vulsini, Toscana meridionale-Lazio settentrionale)*. Mem. Soc. Geol. It., **25**, 247-271.
- Pasquarè G., Chiesa S., Vezzoli L. & Zanchi A. (1983) - *Evoluzione paleogeografica e strutturale di parte della Toscana meridionale a partire dal Miocene superiore*. Mem. Soc. Geol. It., **25**, 145-157.
- Radtke U. (1983) - *Genese und Altersstellung der marinen Terrassen zwischen Civitavecchia und Monte Argentario (Mittelitalien) unter besonderer Berücksichtigung der Elektronenspin-Resonanz-Altersbestimmungsmethode*. Düsseld. Geog. Schr., **22**, 179 pp., Düsseldorf.
- Romagnoli L. (1964) - *I suoli del Monte Argentario (Grosseto)* - Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., S.A., **71**, 436-463.
- Segre A. G. (1959) - *Giacimenti pleistocenici con fauna e industria litica a M. Argentario*. Riv. It. di Sci. Preistoriche, **14**, 1-4.

Manoscritto ricevuto il 7.11.1991
 Inviato all'Autore per la revisione l'11.7.1991
 Testo definitivo ricevuto l'11.9.1991