

GIAN CAMILLO CORTEMIGLIA, RENZO MAZZANTI & GIAN CLEMENTE PAREA (*)

GEOMORFOLOGIA DELLA BAIA BARATTI (Livorno-Toscana) E DELLA SUA SPIAGGIA (**)

ABSTRACT: CORTEMIGLIA G. C., MAZZANTI R. & PAREA G. C., *Geomorphology of the Baratti Bay and its beach (Leghorn, Tuscany)* (IT ISSN 0084-8948, 1983).

Some information about the wave climate and the geological setting of the bay and of its vicinity is given and the Stratigraphy and sedimentological characteristics of Pliocene to Recent deposits of the bottom of the bay and of the surrounding area are dealt with.

The ten meter high cliff bordering the North-Eastern part of the bay is cut in three sandy beach deposits of Tyrrhenian age, alternating with red muddy sands of colluvial origin. The cay sands and pebbly sands are locally cemented to form a beach rock. Here the lower beach lies directly on the calcareous and arenaceous rocks of the « Alberese » and « Macigno » groups and contains pebbles and boulders of these rocks, while on the West toe of the Poggio della Fornace there is a layer of red muddy sand between the lower beach sand and the rocks of the basement.

During the regressive fluctuations of the Tyrrhenian transgression, the red muddy sands were colluviated and the eolian sands of the Fosso delle Fate and Fosso delle Grotte were accumulated.

Large amounts of iron minerals and slags derived from the Etruscan metallurgical industry, which flourished near Baratti from the VI to the II century B.C., are mixed with the sand of the beach and are included in the younger level of cemented beach sand outcropping in the low tide terrace.

The results of the detailed bathymetric and geological survey of the bottom of the bay are shown in figs. 1 and 4.

The textural analysis of the bottom sands of the bay showed a slight longshore drift of the coarser materials from S to N and a migration of the finer ones towards the centre of the bay where the slag and sand deposit rich in iron minerals is thicker than 1 meter.

The evolution of the bay during the Quaternary may be outlined as follows: Baia Baratti is developed in a valley draining the Piombino head, cut since lower Pliocene and partially filled by beach and wind-blown sediments during the Quaternary transgressions.

Since the last glaciation the sea has been sapping the bay which at present is not fed by any sediments, neither from the

land nor from the surrounding coasts. The Etruscans modified the regular arcuate shape of the coast by making harbour facilities near Baratti. The sea has almost completely eroded the Etruscan build-up and therefore the present shape of the coast should be in equilibrium with the sea. A very slow erosion of the whole beach may be forecast simply as a consequence of the grinding-up of the beach materials.

RÉSUMÉ: CORTEMIGLIA G. C., MAZZANTI R. & PAREA G. C., *Géomorphologie de la Baie de Baratti et de sa plage (Livorne, Toscane)* (IT ISSN 0084-8948, 1983).

Les auteurs, après avoir donné un aperçu sur les caractéristiques météomorphiques du littoral et sur la Géologie du substratum, décrivent la Stratigraphie et les aspects sédimentologiques des dépôts quaternaires sous marins et non de la Baie Baratti.

La plage nord-orientale de la Baie Baratti présente une falaise de dix mètres à peu près d'hauteur formée en sédiments pléistocènes représentés par une succession de trois niveaux sableux de plage séparés entre eux par des autres niveaux d'argile rouge colluviale. Ces trois niveaux sableux de plage résultent souvent bien cimentés et sont appelés « panchina »; le niveau inférieur pose sur un substratum constitué par des calcaires et des grès des formations nommées « Gruppo dell'Alberese » et « Macigno » et présente une base à cailloux et galets dérivés de ces formations.

Vers l'Ouest du « Poggio della Fornace » on observe au contraire la succession, de bas en haut, Macigno-niveau colluvial de sable rouge avec écailles de grès-niveau sableux de plage. Ces trois paleoplages correspondent au trois pulsations de la transgression tyrrhénienne au contraire des dépôts colluviaux qui représentent les phases régressives pendant les quelles prirent à s'accumuler les sables eoliennes dans le « Fosso delle Fate » et dans le « Fosso delle Grotte ». La présence des scories de fer dans les sédiments de la plage actuelle et dans les formations de « panchina » qui affleurent dans la Baie Baratti pendant la basse marée proviennent de l'accumulation sur le littoral des scories de fer dérivées de l'exploitation minière mise en oeuvre par les Étrusques à partir du VI siècle av. J.-C. jusqu'à la fin du II siècle av. J.-C.

Les levées bathymétriques et géologiques de la Baie Baratti sont reportées dans les figs. 1 et 4. L'analyse granulométrique des sédiments du fond mobile de la Baie Baratti a montré la présence d'un écoulement des granulométries les plus grossières du S au N à côté de la plage émergée et des granulométries les plus fines vers le centre où on a pu aussi signaler l'existence d'un dépôt qui montre des scories au moins sur un mètre de son épaisseur.

Sur la base des observations géologiques, morphologiques et sédimentologiques on a pu reconstruire l'évolution de la Baie Baratti pendant le Pliocène: cette baie se trouve en correspondance d'une vallée d'approfondissement pliocène inférieur

(*) Si ringrazia lo studente Antonio DE CARLO per i conteggi di granuli nelle Sabbie rosse e per le granulometrie, la dott. Daniela FONTANA per le utili discussioni sulle sezioni sottili di « Panchina », il dott. Sergio GRASSI per le ricognizioni subacquee nel fondale di Baia Baratti e la prof. Maria Pia MANTOVANI UGUZZONI per l'aiuto fornito nella classificazione dei clasti di origine organogena.

(**) Progetto Finalizzato Conservazione del Suolo Sottoprogetto Dinamica dei Litorali. Pubblicazione n. 200 e Pubbl. n. 44 del Centro di Studio per la Geologia Strutturale e Dinamica dell'Appennino.

qui a subi un partiel colmatage en sediments éoliens et de plage pendant les transgressions quaternaires.

Depuis la dernière glaciation la mer a commencé à entamer cette Baie Baratti qui ne reçoit aucun apport soit du continent soit du littoral voisins. L'accumulation des scories minières produites par les Étrusques pendant les siècles, qui a déformée la morphologie régulière du littoral, est désormais à peu près éliminée tant qu'on peut affirmer que l'actuelle ligne de rivage rejoint ses conditions d'équilibre.

RIASSUNTO: CORTEMIGLIA G. C., MAZZANTI R. & PAREA G. C., *Geomorfologia della Baia Baratti (Livorno-Toscana) e della sua spiaggia* (IT ISSN 0084-8948, 1983).

Vengono descritte, dopo una succinta esposizione delle caratteristiche meteomarine del paraggio e della natura geologica del substrato, la Stratigrafia ed i caratteri sedimentologici dei depositi quaternari recenti circostanti la baia e sul fondo di essa. Lungo la parte nordorientale della baia, la spiaggia orla una falesia alta una decina di metri, intagliata in sedimenti pleistocenici costituiti da tre successivi livelli di sabbie di spiaggia, spesso ben cementate (« panchina »), alternati a tre livelli colluviali di sabbie argillose rosse. La paleospiegia inferiore poggia direttamente sul substrato costituito da calcari e arenarie del Gruppo dell'Alberese e del Macigno e contiene alla base grossi ciottoli di queste rocce.

Ad W di Poggio della Fornace la paleospiegia inferiore poggia su di un livello colluviale di sabbie rosse con scaglie di arenaria che a sua volta poggia su strati di « Macigno ». Le tre paleospiege devono corrispondere alle tre pulsazioni della trasgressione tirreniana, mentre gli accumuli colluviali si riferiscono alle fasi regressive durante le quali dovettero anche accumularsi le sabbie eoliche nel Fosso delle Fate e nel Fosso delle Grotte. Dal VI secolo a.C. iniziò l'accumulo di scorie della lavorazione del ferro da parte degli Etruschi, lavorazione che cessò praticamente con la fine del II secolo a.C. Notevoli quantità di queste scorie sono presenti nella spiaggia attuale e sono anche inglobate nei lembi, che affiorano a bassa marea, di quelle che sono state chiamate « arenarie con scorie ferrose e clasti fittili ».

Il rilievo batimetrico e geologico particolareggiato del fondo della baia ha portato alla compilazione delle carte di cui alle figg. 1 e 4. L'analisi tessiturale dei campioni del fondo mobile della baia ha messo in evidenza un flusso sedimentario delle frazioni più grossolane da S verso N prevalentemente a ridosso della spiaggia emersa e di un flusso delle frazioni più fini verso il centro della baia ove le sabbie fini con minerali di ferro e scorie superano il metro di spessore.

Basandosi sulle osservazioni geologiche, morfologiche e sedimentologiche è possibile delineare l'evoluzione della baia nel corso degli ultimi milioni di anni. La Baia Baratti è impostata in corrispondenza di una valle che scende dal promontorio di Piombino, approfonditasi dopo il Pliocene inferiore e parzialmente colmata da sedimenti di spiaggia ed eolici durante le trasgressioni quaternarie.

Dall'ultima glaciazione il mare sta approfondendo verso terra questa baia che non riceve apporti né dalle coste vicine né dal retroterra. Gli Etruschi deformarono la regolarità dell'arco della spiaggia con discariche di materiale presso Baratti; il mare ha quasi del tutto abraso tali discariche, per cui si può ritenere che l'andamento attuale della spiaggia sia in equilibrio con l'azione delle onde. Si può prevedere in futuro un lento avanzamento del mare verso il retroterra, come conseguenza del continuo logorio dei materiali che costituiscono la spiaggia.

INTRODUZIONE GEOGRAFICA

La Baia Baratti si estende lungo il versante settentrionale dei Monti di Piombino per un tratto di circa 1 800 m fra la Punta delle Pianacce (42° 59' 40" di latitudine Nord e 1° 57' 25" di longitudine Ovest da Monte Mario) e la Punta di Poggio San Leonardo (43° 00' 02" di latitudine Nord e 1° 56' 32" di longitudine Ovest da Monte Mario). Verso SW è delimitata dal Poggio di Populonia, alto e roccioso (181 m); verso NE dai poggi,

anch'essi rocciosi, di San Leonardo (45 m) e del Podere della Fornace (40 m); verso Est e SE, cioè al fondo, si chiude con una sottile spiaggia, leggermente arcuata e lunga circa 1 900 m; verso NW si apre al mare (fig. 1).

Uno spartiacque irregolarmente trilobato (figg. 1 e 2) borda questa baia dal Poggio di Populonia, attraverso i poggi Guardiola (196 m), Pecorino (254 m), Malassarto (139 m), al Pero (49 m), al Finocchio (65 m), Piovanello (68 m), Grattalocchio (62 m), delle Granate (62 m), fino ai poggi della Fornace e di San Leonardo. Esso si discosta di poco dall'andamento arcuato della baia, raggiungendone la maggiore distanza (circa 3 km) in corrispondenza del Poggio Pecorino e sottende un bacino imbrifero di soli 519 ha. Per questa ragione e per la poca elevazione dei rilievi di questo spartiacque i brevi corsi d'acqua che sfociano nella baia (Botro di Sant'Antonio, due botri discendenti dal Poggio Guardiola, Fosso delle Grotte, Fosso di Valgranita, Fosso delle Casine, Fosso di San Leonardo) sono normalmente pressoché privi di acqua, salvo dopo piogge di una certa intensità che abbiano investito il piccolo bacino imbrifero sotteso dallo spartiacque stesso.

L'allineamento Poggio Malassarto - Torre Baratti suddivide due aree ben differenziabili dal punto di vista morfologico e paesaggistico: a Ovest la zona « montana », completamente rocciosa e ricoperta di bosco di leccio e castagno, salvo l'estremità settentrionale del Poggio di Populonia, sopra la quale si estende un'oliveta; a Est la zona bassocollinare e pianeggiante, in prevalenza impostata su sabbie e su alterabili scisti argillosi, tenuta a coltivi tranne una fascia di macchia mediterranea che ammantava il Poggio della Granate e l'orlo superiore della falesia costiera, di nuovo rocciosa, che da questo stesso poggio si estende fino al Poggio San Leonardo.

Un sistema dunare, lungo poco più di 500 m e non più largo di 100, borda il retro della parte centrale della stretta spiaggia che si estende al fondo della baia. Una bella pineta artificiale ammantava completamente queste dune; fu impiantata nella prima metà del XIX secolo per volere di Leopoldo II Granduca di Toscana.

La cittadella di Populonia, stretta nel piccolo recinto delle mura medioevali costruite dagli Appiani, domina dall'alto del poggio omonimo il fianco SW della baia. Molto più ampi sono i recinti delle mura ellenistiche e dell'arce etruschi. Questi si estendono lungo tutto il crinale del fianco destro della valle del Botro di Sant'Antonio fino alla sommità del Poggio Guardiola per raggiungere, più verso SW, la Cala San Quirico, sul versante opposto del medesimo poggio (fig. 2); circondano inoltre completamente il Poggio di Populonia intorno alla quota di 150 m; un ultimo tratto di queste mura unisce i precedenti, più o meno in corrispondenza del crinale dei poggi fra la Baia Baratti e la Cala San Quirico. Un così ampio recinto di mura testimonia l'importanza che questa città ebbe nel periodo etrusco. Ciò è confermato dal grandissimo numero e dalla ricchezza dei sepolcreti che sono stati rinvenuti intorno a tutta la baia e nelle colline circostanti.

In questo studio la presenza dei sepolcreti può servire sia per dare una misura dell'avanzamento della linea

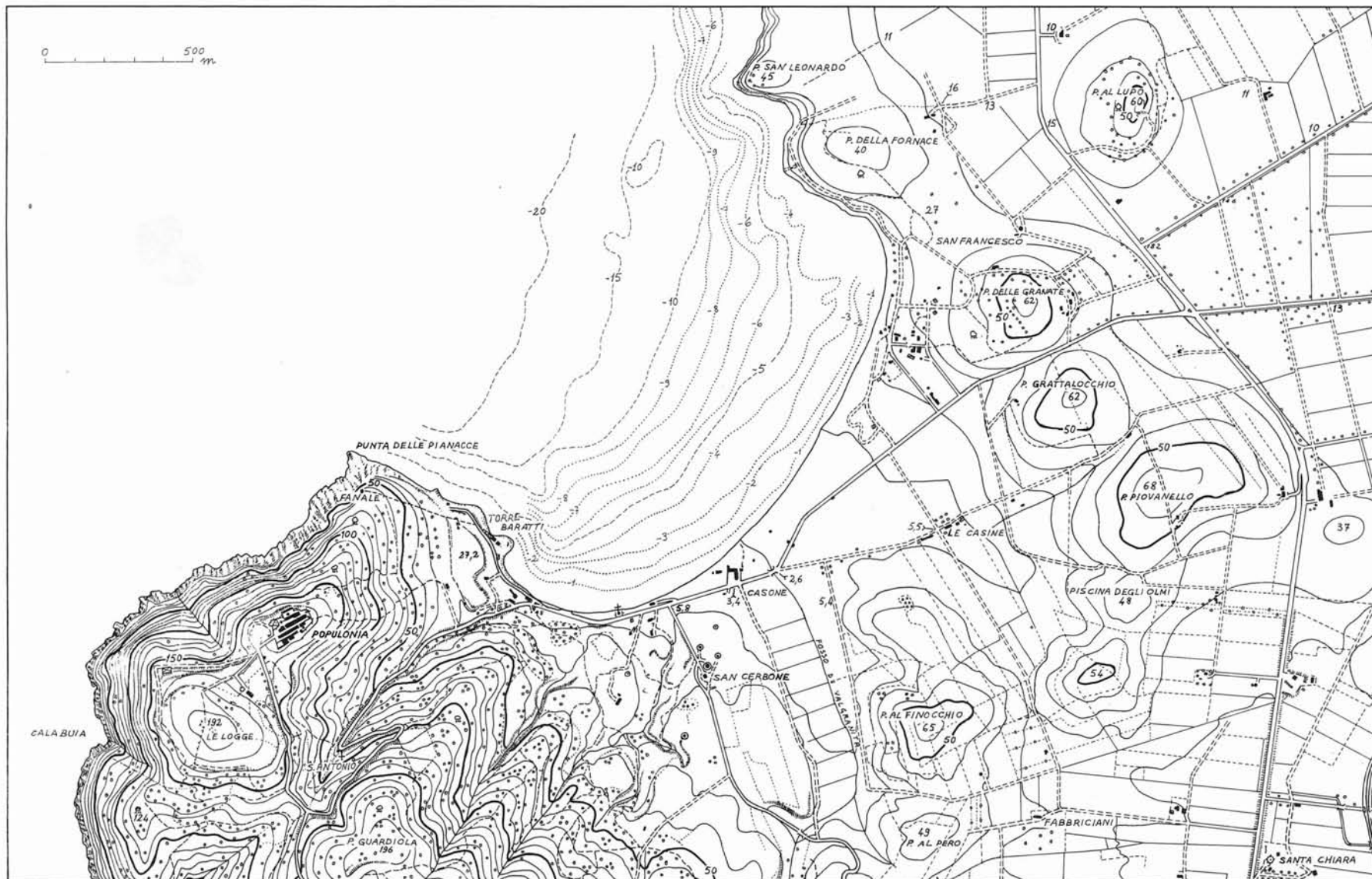


FIG. 1. - La Baia Baratti.

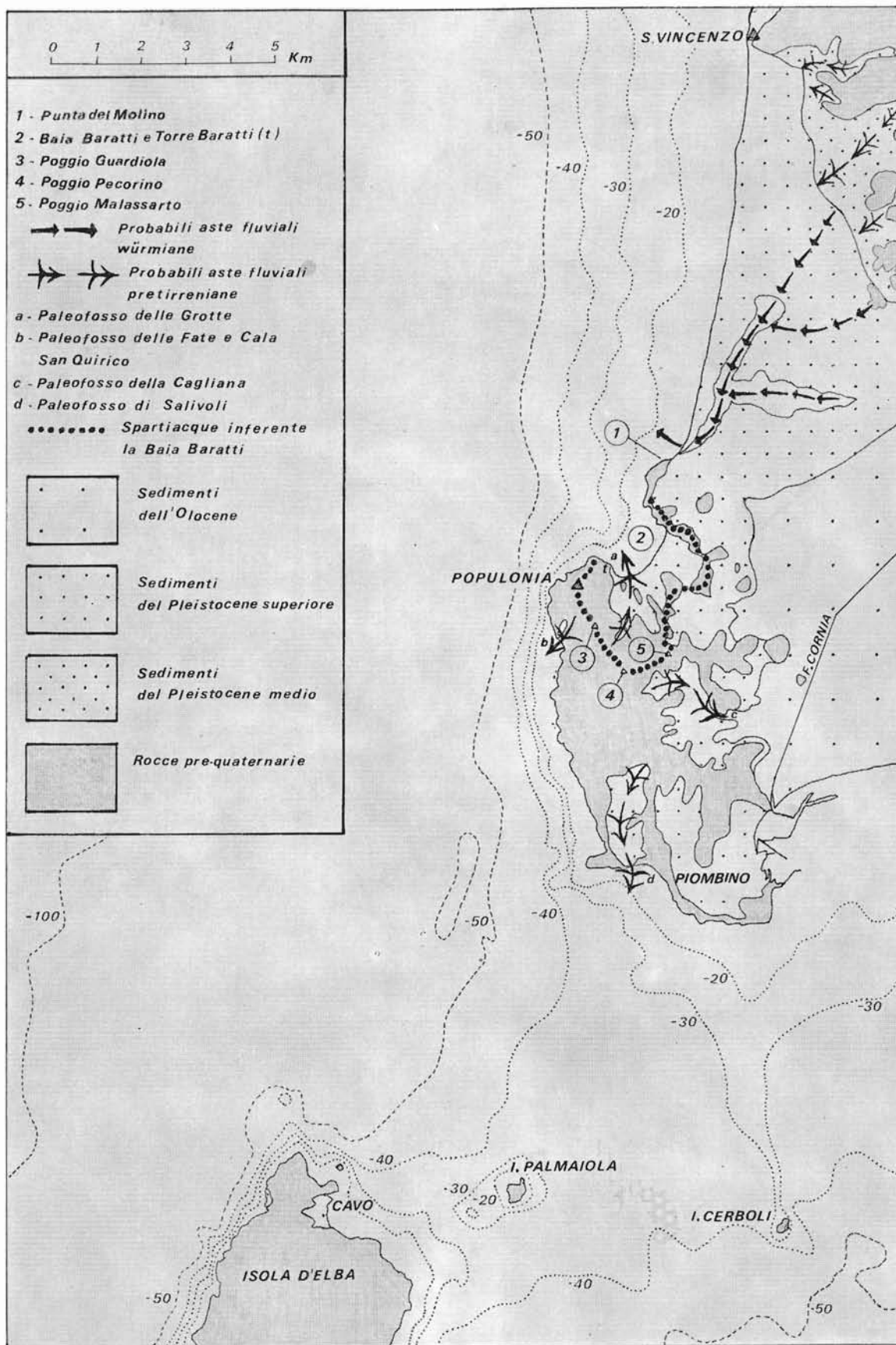


FIG. 2. - Lineamenti geomorfologici schematici dei dintorni della Baia Baratti.

di riva (quando siano stati messi in luce dall'erosione marina), sia per datare il momento di maggiore sviluppo dell'attività fusoria del ferro i cui residui li ricoprono. Questa ingente quantità di scorie fornisce a sua volta un elemento particolarissimo per seguire lo sviluppo della sedimentazione e dell'erosione nella baia dall'epoca etrusca in poi.

CARATTERISTICHE METEOMARINE

I caratteri del clima della zona ove è situata la baia in esame, uniti alle modalità del moto ondoso ed alla forma del paesaggio, condizionano gli apporti di sedimenti alla costa ed il loro rimaneggiamento e logorio sulla spiaggia e sul fondo della baia stessa.

IL CLIMA

Nel ventennio 1954-73, la media annua delle precipitazioni, misurate al pluviometro di Populonia, è risultata di 786,97 mm, con 71,70 giorni piovosi all'anno; ne deriva un valore di 10,98 mm per l'intensità media annua delle precipitazioni nello stesso ventennio. Alla stazione termometrica di Portoferraio (Isola d'Elba), da considerare fra le vicine la più simile alle condizioni della Baia Baratti, sempre nel ventennio 1954-73, la temperatura media è risultata di 16,80 °C, la media della temperatura minima (gennaio) di 10,2 °C, la media della temperatura massima (luglio) di 24,2 °C, con un valore medio dell'escursione annua di 14 °C.

MORI (1955) annovera il clima della Baia Baratti nel tipo « submediterraneo » con minimo di precipitazioni estive (dal 10 al 15 % nel ventennio 1931-50) e con un massimo principale autunnale e uno secondario invernale.

Da quanto riportato da BERRIOLO (1980) risulta che i venti dominanti nella zona di Piombino sono quelli meridionali e occidentali da Aprile a Settembre e quelli nord-orientali e meridionali da Ottobre a Marzo. Risulta inoltre che le burrasche di vento più violente (forza 7-12) provengono da SE e da Ovest. Queste burrasche avvengono in preferenza da Ottobre ad Aprile.

IL MOTO ONDOSO

La Baia Baratti, da un punto di vista fisiografico generale, si colloca nel tratto di litorale tirrenico che, tra Vada e il Promontorio di Piombino, presenta complessivamente una certa uniformità di esposizione al moto ondoso. Il settore di traversia di questo tratto di litorale, individuato da CELESTRE & alii (1974), è scomponibile nelle seguenti quattro falde di arrivo dei treni d'onda verso riva:

- falda da S-SSW, o mare di Mezzogiorno, con *fetch* di 30 km;
- falda da SW, o mare di libeccio, con *fetch* di 100 km;
- falda da Ovest, o mare di ponente, con *fetch* di 85 km;
- falda da NW, o mare di maestrale, con *fetch* di 230 km.

Risultano dominanti i mari del IV quadrante e regnanti quelli del III, per cui, in particolare nel tratto meridionale del litorale sopra definito, è determinante, per la direzione della deriva litoranea netta, l'azione dei mari di ponente e di maestrale.

L'andamento dei piani d'onda tracciati da BERRIOLO (1980) per il citato tratto di litorale, mostra chiaramente che la forma dei fondali al largo influenza uniformemente i treni d'onda in arrivo verso la costa, mentre nelle zone di Vada, a Nord, e del Promontorio di Piombino, a Sud, è la forma complessa della costa che produce sostanziali e marcati fenomeni di rifrazione.

L'andamento al largo, prodotto dalle caratteristiche fisiografiche generali della piattaforma continentale antistante il precipitato tratto compreso tra Vada e Baratti, subisce modificazioni selettivamente diversificate, allorché l'onda di traslazione raggiunge le acque basse antistanti il litorale. In particolare ciò avviene per la Baia Baratti, dove la disposizione ad arco ben accentuato, con corda orientata secondo l'azimutale 46° e con relativa saetta a direzione azimutale 136° toccante la linea di battaglia 250 m a Nord del Casone, mette in chiara evidenza un settore di traversia del paraggio, con angolo di apertura di 78°, dalle caratteristiche mareometriche assai peculiari. Infatti, mentre i mari dominanti di maestrale pervengono alla corda della Baia Baratti con direzione di spostamento conforme alla sua saetta (quindi sostanzialmente con angoli di incidenza nulli o modestissimi) tutti i mari delle altre falde subiscono una decisa azione di rifrazione che, addirittura, per quelle dei mari di mezzogiorno-libeccio, arriva ad un fenomeno di espansione attorno al promontorio di Punta delle Pianacce (fig. 3). Ne consegue sostanzialmente che, mentre i mari di maestrale provocano la formazione di un sistema correntizio di efficaci *rip-currents* tendenti ad evacuare parte del materiale detritico della spiaggia verso il centro della baia, tutti gli altri mari attivano un sistema correntizio comprendente una debole *longshore current* che segue la riva da Sud verso Nord.

Il settore meridionale della baia risulta così, dal punto di vista delle caratteristiche mareometriche, interessato da fenomeni erosivi tendenti a trasferire i materiali detritici prevalentemente in direzione da Sud verso Nord lungo riva e da Sud verso NW sulla spiaggia sommersa. Tale situazione generale, deducibile sulla base della semplice indagine meteomarina, risulta per altro confermata dalle variazioni recenti della linea di riva, segnalate da AIELLO & alii (1980), con sensibili arretramenti nel periodo 1938-1954 soprattutto nel settore meridionale della baia stessa. Arretramento dovuto anche al fatto che i rinterri di scorie avevano alterato la forma di equilibrio della baia, ora quasi ristabilito grazie alla demolizione parziale della costa meridionale.

IL SUBSTRATO GEOLOGICO

La natura del substrato geologico della Baia Baratti e dell'immediato retroterra è in parte direttamente osservabile sul fondo e, per il resto, agevolmente ricostruibile, nelle linee generali, da quella dei rilievi che la orlano. Si

FIG. 3. - La Baia Baratti vista dalle falde orientali del poggio di Popolonia durante una libeccciata; si noti come la rifrazione renda i treni d'onda paralleli alla linea di riva in ogni punto della costa.



tratta, nell'ordine di sovrapposizione: del « Macigno » della « Serie Toscana », di sedimenti riferibili al Gruppo dell'Alberese⁽¹⁾, di sedimenti pleistocenici. A questi si sovrappongono sporadicamente esili spessori di alluvioni e detriti; molto più imponenti sono invece gli accumuli di scorie ferrose, dovute all'ingente quantità di materiali trasportati, in epoca etrusca e romana, per la lavorazione siderurgica. Una porzione di questi materiali è successivamente entrata a far parte dei sedimenti del fondale e della spiaggia.

« MACIGNO » DELLA « SERIE TOSCANA »

Rocce appartenenti a questa formazione costituiscono le parti emerse e buona parte di quelle sommerse dei fianchi SW e NE della baia e sono state ampiamente descritte da GASPERI (1968) in uno studio su tutto il Promontorio di Piombino. Questo Autore riconosce nel « Macigno » cinque tipi diversi, variamente ricorrenti in una massa di almeno 600 m di spessore:

— « Macigno » tipico (torbido); con « ... gradazione verticale degli elementi, anche se talora poco riconoscibile, convoluzioni, fogliettatura obliqua, ripple-marks e lenticelle di argille » e, ancora, con *slump structures* interessanti un solo strato o un pacco di strati; molto diffuso compare alla Punta delle Pianacce e a San Leonardo.

⁽¹⁾ Gruppo dell'Alberese, secondo la Stratigrafia tracciata nelle Note Illustrative del f. 119 Massa Marittima (BRANDI & alii, 1968). Preferiamo riferirci alla Stratigrafia di questo foglio, disposto al margine settentrionale di quello 127 Piombino, invece che alla Stratigrafia esposta nelle Note Illustrative di quest'ultimo (BERTINI & alii, 1969), al quale spetta la zona di Baratti. Ciò perché non possiamo accettare quanto ivi asserito da questi ultimi Autori:

— « ... il rapporto di sovrapposizione sedimentaria tra il Macigno e le serie in facies di flysch » (p. 31);

— « Rimane, come fatto fondamentale, l'età almeno in parte oligocenica del Macigno e la normale sovrapposizione a questo delle "serie in facies di flysch" » (p. 40).

Infatti, come ampiamente noto, le serie in facies di « flysch » hanno sempre fornito fossili di età più antiche che non quelli del « Macigno » ad esse sottoposto.

— « Macigno » siltoso; formato da strati sottili (5-15 cm) « ... di arenaria molto fine, siltosa, fogliettata a convoluzioni e gradati », ricchi di argilla e comunemente intercalati a sottili letti di pelite nera; compaiono a Punta delle Pianacce.

— « Macigno » a granulometria irregolare; formato da bancate di potenza sempre superiore ai 4 m. Queste si differenziano da altri strati, oltre che per lo spessore, per mancanza di gradazione e per presenza di « nubi » o lenti di elementi a granulometria varia, fino a quella di un conglomerato minuto; presente sul lato SW della baia.

— Intercalazioni ciottolose; qui non interessanti perché non compaiono nell'area in studio.

— « Macigno » con intercalazioni olistostromiche; formato da strati degli altri tipi di questa formazione che contengono « ... frammenti isolati di calcari detritici fini con Radiolari, piccolissime Globigerine e talora piccoli Globigerinoidi di color grigio, ben diversi dai normali componenti clastici del Macigno ». Per questi strati GASPERI ritiene valida « .. l'ipotesi avanzata da ELTER & SCHWAB (1959) per le giaciture intraformazionali di Pontremoli » secondo la quale « ... tali intercalazioni sono da interpretarsi come accumuli causati da frane sottomarine che interrompevano di quando in quando il deposito del materiale sabbioso e proveniente, a orogenesi iniziata, dal fronte dei « complessi liguri » finendo nell'area di sedimentazione del Macigno ». Ciò in completo accordo con quanto ampiamente osservato in zone più vicine della Toscana quali Sassetta (GIANNELLI & alii, 1965) e Gerfalco (LAZZAROTTO & MAZZANTI, 1976), nei fogli 119 e 120. Intercalazioni olistostromiche di questo tipo riteniamo compaiano alla base occidentale di Poggio al Finocchio (fig. 4). In termini più aggiornati si tratta di depositi di conoide interna localizzati presso il margine tettonicamente attivo del bacino dal quale provenivano gli olistostromi di « complessi liguri ».

Riguardo alla composizione mineralogico-petrografica del « Macigno » di Piombino (particolarmente interes-

sante nel nostro lavoro come base dell'origine di tutti i sedimenti più recenti) GASPARI osserva che è « ... formata in prevalenza da granuli di quarzo a cui si accompagnano muscovite, biotite spesso cloritizzata, plagioclasio e secondariamente calcite e zircone; il cemento è di natura calcitico-cloritica, con un contenuto in carbonati che varia tra il 7 e il 25 % (in media 10-11 %) ».

Per la determinazione dell'età di questa formazione, ancora GASPARI (1966) ha rinvenuto fra Torre Baratti e Punta delle Pianacce una bella microfauna attribuibile all'Oligocene medio-superiore (si veda anche in GASPARI, 1968); ciò in ottimo accordo con quanto era risultato dagli studi stratigrafici nel f. 119 per il « Macigno » di Sassetta (GIANNELLI & *alii*, 1965).

LE STRUTTURE TETTONICHE NEL « MACIGNO »

Ai due fianchi della Baia Baratti gli strati di « Macigno » mostrano per lo più immersioni verso i quadranti orientali (esattamente fra i 95° ed i 125°), nel Poggio San Leonardo e a NW della faglia che divide Le Logge dal Poggio Guardiola (fig. 4); a SE della medesima faglia mostrano invece generalmente immersioni limitate al I quadrante (precisamente fra i 66° ed i 75°); nelle immediate vicinanze di quest'ultima si trovano poi direzioni molto variabili (fig. 4). Le inclinazioni degli strati non sono maggiori in genere di 25°, salvo raggiungere i 35-40° al Poggio San Leonardo e raddrizzarsi in verticale nella breve fascia (circa 250 m in tutto) corrispondente ai fianchi della stretta piega a Ω , visibile lungo la falesia, immediatamente a NW di Populonia.

Quest'ultimo elemento tettonico sembra⁽²⁾ avere un asse circa N-S; mostra una tendenza al rovesciamento degli strati sul fianco occidentale che è seguito da una serie di strette, piccole pieghe minori a Z; il pacco di strati implicato in questa struttura ha uno spessore di un centinaio di metri, per cui si può ritenere che la struttura stessa non si prolunghi in profondità ma sia in pratica tutta visibile lungo la falesia e risulti da uno scorrimento suborizzontale, verosimilmente lungo una delle intercalazioni di laminati argillose più plastiche della massa del « Macigno », nel suo insieme immergente a ESE con leggera inclinazione di 10-20°.

Nella descrizione di GASPARI (1968) questa struttura è collegata a una faglia a direzione appenninica, passante a SW di Populonia (si veda la carta geologica nel lavoro citato). A noi non è sembrato di vedere faglie strettamente associate a questa struttura, tuttavia ripetiamo che le condizioni di esposizione generale sono assai cattive. Ci sembra, piuttosto, verosimile un collegamento della piega in questione con la faglia, ad essa trasversale, già indicata come passante fra Le Logge e il Poggio Guardiola, segnalata anche da GASPARI e nella 2ª edizione del f. 127 della C.G.I. Infatti le frequenti variazioni di direzione negli strati del « Macigno » ai lati di questa faglia potrebbero essere legate a piccole pieghe e indicarne il carattere di *decrôchement*.

(2) Le osservazioni, possibili principalmente sulla falesia, sono rese difficili dalla sua quasi totale impraticabilità, per cui risultano in gran parte eseguite a distanza, da imbarcazioni.

Faglie di distensione di piccolo rigetto e direzione NNW-SSE sono visibili lungo la falesia in prossimità del Fanale e di Cala Buia (fig. 4). Esse testimoniano che anche i dintorni della Baia Baratti sono stati interessati dalla Tettonica post-parossismale che, dal Tortonianiano superiore, è stata la principale modellatrice dei bacini di sedimentazione neogenici e quaternari nella Toscana Marittima.

Nella 2ª edizione del f. 127 della C.G.I. è segnata una lunga faglia, a direzione parallela a queste sopra ricordate, congiungente Torre Baratti con il Poggio Malasartò; una faglia analoga è segnata come probabile anche nella carta geologica di GASPARI (1968). A nostro avviso non esiste alcuna indicazione concreta della presenza di questa faglia; al contrario, l'uniformità delle immersioni e delle inclinazioni degli strati fra il Poggio Guardiola e il fianco occidentale del Poggio al Finocchio (fig. 4) e la presenza di successioni sempre più siltose (con comparsa di olistostromi), lasciano supporre di essere in presenza di una normale monoclinale della parte sempre più alta del « Macigno » lungo la trasversale fra le due località sopra citate.

Per riassumere e concludere: nelle immediate vicinanze della Baia Baratti è possibile individuare motivi di Tettonica plastica attribuibili alle fasi compressive parossismali che hanno interessato l'Orogene Appenninico; è probabile che a queste fasi sia collegabile la faglia che sblocca la zona de Le Logge nei riguardi di quella del Poggio Guardiola e che potrebbe arrivare fino al versante Sud di Poggio della Fornace; sono inoltre individuabili piccoli elementi riferibili alla Tettonica tardiva di distensione che, tuttavia, non sembrano di entità tale da aver guidato i grandi lineamenti morfologici della baia.

GRUPPO DELL'ALBERESE

È possibile distinguere in questo gruppo la « Formazione delle argille siltose grigio-scure con intercalazioni calcaree e arenacee » (*alb* delle Note Illustrative del f. 119) e la « Formazione dei calcari compatti grigio-chiari e calcareniti » (*al* delle Note Illustrative del f. 119).

I sedimenti della prima di queste formazioni compaiono nella parte inferiore del complesso (Poggio della Fornace, Poggio al Finocchio, Poggio al Pero, Poggio Grattalocchio, Poggio Piovanello e Piscina degli Olmi). La presenza di questa prima formazione è stata accertata anche sul fondo della baia, a Sud di Poggio della Fornace fino a 4 m di profondità. I sedimenti della seconda formazione si trovano in gran parte del Poggio delle Granate e al Poggio al Lupo, verosimilmente al di sopra dei precedenti (fig. 4).

Gli spessori di queste formazioni non sono valutabili per la disposizione degli affioramenti, sempre circondati da depositi quaternari e per la probabile presenza di laminazioni e piccole ripetizioni tettoniche.

GASPARI (1968) ha rinvenuto microfaune sicuramente eoceniche al Poggio Grattalocchio e al Poggio Piovanello in sedimenti riferibili alla formazione *alb* e nella cava di Poggio al Lupo in sedimenti riferibili alla

formazione *al*. Ciò in ottimo accordo con le datazioni eseguite nell'area del f. 119 nelle stesse formazioni che abbracciano appunto tutto l'Eocene con maggiore frequenza dell'Eocene medio-superiore (GIANNELLI & *alii*, 1965; DALLAN in BRANDI & *alii*, 1966; LAZZAROTTO & MAZZANTI, 1966; LAZZAROTTO, 1967).

LE STRUTTURE TETTONICHE NEL GRUPPO DELL'ALBERESE

I sedimenti di questo gruppo si sovrappongono al « Macigno » sui fianchi occidentali del Poggio della Fornace, di Poggio al Finocchio e di Poggio al Pero (fig. 4); è evidente che questa linea di accavallamento continua, al di sotto dei sedimenti pleistocenici e olocenici fra i primi due poggi di cui sopra; per un certo tratto questo accavallamento è poi seguibile anche nel fondale sottomarino (fig. 4) dell'angolo NE della Baia Baratti, a Sud del Poggio della Fornace.

I particolari di questo accavallamento non affiorano in buona evidenza per la copertura boschiva del Poggio della Fornace e per le lavorazioni agricole sopra gli altri due poggi. Comunque i primi strati che compaiono, al di sopra del « Macigno », sono riferibili alla formazione *alb*. Lungo la falesia a Sud del Poggio della Fornace è possibile vedere che nella massa di quest'ultima formazione sono inglobate alcune piccole lenti di « Macigno ». Non è chiaro se si tratta di riprese sedimentarie di questa arenaria dopo l'arrivo di alcuni olistostromi, come ipotizzato da GASPERI (1968) per la falesia a Sud di Piombino, oppure di vere e proprie piccole scaglie tettoniche « pizzicate » alla base del complesso sovrascorso, oppure, ancora, se si tratta di una riduzione tettonica in lenti degli ultimi strati di « Macigno » deposti sopra olistostromi formati da materiali dell'*alb*.

Oltre a queste strutture della parte inferiore tutta la massa della formazione *alb* appare notevolmente scompaginata da stiramenti e piegature direttamente visibili.

Le cave di Poggio al Lupo mettono in evidenza che anche la formazione *al* presenta notevoli laminazioni, stiramenti e pieghe, sia pure in un assetto generale che può sembrare meno minutamente sconvolto di quello della formazione precedente. Ciò è dovuto alla presenza dei grossi banchi di calcare marnoso nei quali le pieghe hanno raggi di curvatura più ampi rispetto a quelli, ristretti e quindi direttamente osservabili, dei poco potenti strati della formazione precedente. La rottura delle pieghe in tanti tronconi, e il successivo isolamento di questi per fenomeni di scorrimento, possono trarre in inganno su una certa regolarità apparente dell'assetto generale. Ma la frequenza con la quale appaiono cerniere troncate di pieghe e strati rovesciati deve mettere in guardia sulla reale complicazione tettonica delle strutture che si sono sviluppate anche in questa formazione e che non sono osservabili nella loro interezza per mancanza di sezioni capaci di comprenderne completamente le dimensioni.

La superficie di contatto fra il « Macigno » e i Complessi Liguri ai poggi al Pero e al Finocchio, in base all'andamento rispetto alle isoipse, risulta ripidissima e ciò può essere dovuto o ad un raddrizzamento della su-

perficie di scorrimento o al fatto che su quei poggi il contatto non è per sovrascorrimento ma per faglia. In ogni modo il tratto di scorrimento (o faglia che sia) mal si raccorda con il segmento di contatto visibile al Poggio della Fornace. Il collegamento verrebbe facilitato ammettendo uno sbloccamento di questo contatto da parte della faglia del Botro di Sant'Antonio.

SEDIMENTI PLEISTOCENICI

Molto diffuse sono, entro il bacino imbrifero della Baia Baratti ed ancor più al di fuori di esso nel vicino entroterra, le sabbie rosse, indicate nella fig. 4 come « Sabbie di Donoratico » in conformità con le recenti istituzioni formazionali nel Pleistocene superiore della Toscana Marittima (MAZZANTI & *alii*, 1980; GALIBERTI & *alii*, 1980; MAZZANTI, in stampa). Si tratta di sabbie prevalentemente fini e medie con passate grossolane ed anche qualche lenticella o livello ricco di ciottolini ben arrotondati. Queste sabbie sono sempre più o meno ricche di matrice siltosa o siltoso-argillosa. Nei campioni studiati la frazione inferiore ai 63 μ oscilla fra 11 % e 44%.

Questi depositi si estendono dalla base dei poggi fino alla spiaggia, ove sono tagliati dalle onde nella falesia subverticale alta fino a 9-10 m, al fondo della baia dal fianco Sud del Poggio della Fornace alla duna centrale (fig. 4).

In generale queste sabbie sono uniformi e prive di strutture sedimentarie, raramente contengono accenni di lenti o straterelli di materiale più grossolano con i contorni sfumati. Non troviamo altra spiegazione plausibile per la messa in posto di questi materiali che un accumulo per semplice soliflusso o per riomogenizzazione da soliflusso di modesti accumuli da dilavamento di versante.

Solo entro pochi centimetri dalla superficie topografica sono state talvolta osservate in queste sabbie strutture da acqua corrente a regime inferiore. Non è probabile che il processo di omogenizzazione sia avvenuto entro un suolo ad opera di organismi, data la totale assenza di resti di materia organica. La frazione pelitica con gli ossidi di ferro ed una parte della frazione grossolana derivano certamente dal suolo rosso che copriva i rilievi. Almeno una parte però della frazione sabbiosa deve essere costituita da materiali prelevati dal vento sulle spiagge della baia. In prossimità della costa questi depositi colluviali sono stati rimaneggiati a più riprese dalle onde del mare nel corso di successive fasi trasgressive molto vicine fra loro. Precisamente tre sono le fasi successive oggi registrabili e documentate da altrettanti livelli di paleospiegata (« Panchina » I, II e III). Questi si presentano cementati, praticamente privi di matrice siltoso-argillosa, e di colore giallastro. Il loro carattere di spiaggia è provato dalle strutture sedimentarie, in essi conservate e messe in evidenza dalla cementazione. Si tratta di laminazioni piane su grandi estensioni debolmente inclinate verso mare prodotte da onde distruttive, lamine curve a concavità verso l'alto, immerse verso mare con angoli fino a 12-15°, e, anche se molto meno frequenti, lamine a immersione verso terra legger-

mente convesse verso l'alto, o quasi piane, con inclinazioni fino a 25-27°. Qua e là sono anche osservabili frammenti di Lamellibranchi inglobati nella sabbia. Il livello di spiaggia inferiore, a diretto contatto con le rocce del substrato è costituito prevalentemente da ciottoli di varie dimensioni e blocchi fino a 30-40 cm di diametro. Gli elementi calcarei entro questo conglomerato sono fittamente forati da Litodomi ed altri organismi litofagi operanti fori di piccole dimensioni.

Le Sabbie rosse e le paleospiege appaiono molto diverse come aspetto e stato di litificazione: le prime sono rosse, incoerenti, poco o niente permeabili, ricche di matrice e prive di strutture sedimentarie; le seconde sono invece giallastre, abbastanza ben cementate nell'insieme (anche se in modo molto disuniforme), piuttosto permeabili, prive di matrice e ricche di strutture sedimentarie di origine sia fisica sia organogena. In realtà la caratteristica fondamentale che le distingue è la mancanza di matrice nelle sabbie di spiaggia, ciò che conferisce loro il colore chiaro e che ne ha permesso la cementazione. Inoltre i due sedimenti hanno, a parte naturalmente la matrice, caratteristiche granulometriche molto simili ed ugual composizione litologica per quanto riguarda la frazione non carbonatica. La frazione carbonatica è presente solo nelle paleospiege ed è totalmente di origine bioclastica.

Tutte le caratteristiche qui descritte permettono di interpretare le sabbie delle paleospiege come derivate dal rimaneggiamento e dilavamento, da parte delle onde, dei sedimenti colluviali. Dilavamento contemporaneo ad un arricchimento di bioclasti calcarei forniti dal mare.

LA SEZIONE DELLA FALESIA AL FONDO DELLA BAIÀ

Una bella sezione naturale della successione stratigrafica quaternaria si offre, per circa 500 m, lungo la falesia che orla la spiaggia al fondo della baia, a partire

dal fianco Sud del Poggio della Fornace fino alla duna centrale (fig. 4 e 5). Questa successione, dolcemente immergente verso il centro della baia, è rappresentata nella ricostruzione stratigrafica di fig. 6 e comprende i seguenti termini: « Panchina » I, Sabbie rosse I, « Panchina » II, Sabbie rosse II, « Panchina » III, Sabbie rosse III, Sabbie miste a ceneri, carboni e frammenti fittili. Ne diamo la descrizione secondo l'ordine di sovrapposizione dal basso.

« Panchina » I

Questo livello, spesso 1,50 m e piuttosto ben cementato, poggia sopra gli strati della formazione *alb* molto alterati e arrossati all'estremo nord-orientale della spiaggia ove è possibile, per un breve tratto, osservarne la base. Il terzo inferiore è conglomeratico grossolano con ciottoli e blocchi fino a 30-40 cm di dimensione (fig. 7). Questi elementi provengono tutti dalla formazione del « Macigno » e da quelle del Gruppo dell'Alberese ed il loro grado di arrotondamento è molto vario. Quelli calcarei sono fittamente perforati da organismi litofagi di vario tipo. La parte superiore di questo livello è arenacea con ancora qua e là alcuni ciottolotti di pochi centimetri di dimensioni rapidamente rarefacentesi verso l'alto. Sono presenti scarsi frammenti di gusci di Lamellibranchi fra cui è stato possibile riconoscere *Pecten*, *Glycimeris* e *Cardium*.

Tutta la massa di questa « Panchina » contiene belle concrezioni intrasedimentarie orizzontali; solo alla sommità compaiono, a tratti, brevi concrezioni verticali, secondo la nomenclatura proposta per la « Panchina » di Rosignano e Livorno (MAZZANTI & PAREA, 1977).

Al microscopio le sabbie risultano costituite da elementi molto angolosi associati ad altri molto arrotondati. I più arrotondati sono generalmente quelli quarzosi o quelli più grossolani costituiti da frammenti di siltite.

FIG. 5. - Schizzo panoramico d'insieme mostrante la sezione della spiaggia e della falesia sul fondo della Baia Baratti: 1) « Panchina » I; 2) Sabbie rosse I; 3) « Panchina » II; 4) Sabbie rosse II; 5) « Panchina » III; 6) Sabbie rosse III; 7) Sabbie miste a ceneri, carboni e frammenti fittili; 8) Sabbie superiormente pedogenizzate; 9) Arenarie con scorie ferrose e clasti fittili; 10) spiaggia; 11) lame d'acqua in espansione sulla spiaggia (*uprush*); 12) flutto frangente (ultima linea dei frangenti).



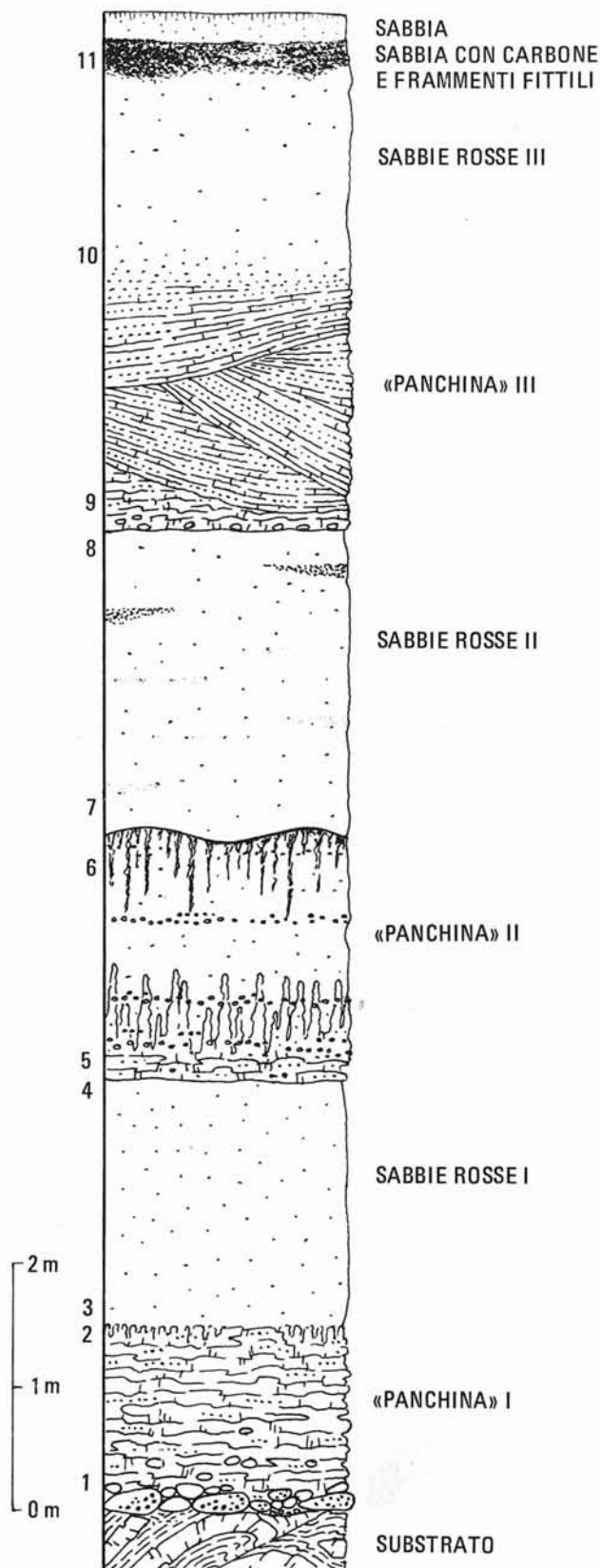


FIG. 6. - Colonna stratigrafica della sezione di fig. 5, dove i numeri riportati sulla sinistra indicano i punti di prelievamento dei campioni descritti nel testo.

Dal punto di vista granulometrico questo livello risulta composto da sabbie unimodali e bimodali con diametri più frequenti compresi fra i 200 ed i 900 μ , con una quantità di cemento fra il 28 ed il 32 % ed una percentuale di clasti silicei variabile fra il 23 ed il 41 %. Gli elementi calcarei sono tutti bioclastici e costituiti da frammenti di Alge Corallinacee, Foraminiferi e Briozoi alla base del livello e da frammenti di Lamellibranchi e Foraminiferi alla sommità. Nella parte basale il cemento che unisce i granuli è costituito da calcite spatica mentre nella parte superiore compare anche del cemento micritico fra le plaghe di quello spatico. Molti clasti sono inoltre stati sostituiti da calcite spatica.

L'esame delle sezioni sottili a luce riflessa rivela che i granuli non calcarei dotati di una certa porosità, come per esempio quelli costituiti da siltite o da quarzo pollicristallino o feldspatici leggermente alterati o fessurati, hanno subito una sensibile impregnazione da parte di ossidi di ferro. Questo carattere denuncia la loro provenienza da suoli intensamente arrossati.

Sabbie rosse I

Questo livello ha uno spessore di circa 2 m, è assolutamente privo di macrofossili e di loro frammenti, così come di Foraminiferi. Non sono riconoscibili in esso strutture sedimentarie, dato che si presenta molto omogeneo. Dal punto di vista granulometrico si tratta di una sabbia medio-fine, nettamente bimodale con massima frequenza delle classi 125 μ e 500 μ . La matrice silteso-argillosa oscilla fra il 30 ed il 44 % e presenta un diametro efficace, dal punto di vista della permeabilità nel senso di CASTANY (1967, p. 116), di 10 ÷ 20 μ con il più basso di questi valori proprio verso la sommità del livello. In un sedimento sabbioso è evidentemente la qualità e la finezza di grana della matrice che condiziona la permeabilità. Secondo l'Autore citato è la dimensione delle particelle che delimita superiormente il 10 % della frazione più fine di un sedimento a caratterizzare la sua permeabilità e tanto più fine sarà questa dimensione



FIG. 7. - Estremità NE della Baia Baratti con il conglomerato trasgressivo di base del livello di « Panchina » I. Il martello poggia sulla formazione calcarea del Gruppo dell'Alberese presentante blocchi forati da organismi litofagi.

tanto più sarà impermeabile il sedimento. Fra tutti i livelli di sabbie rosse studiati a Baia Baratti, questo è l'unico dotato di un diametro efficace che non supera i 20 μ e risulta quindi il più impermeabile.

Il colore rosso è dato sostanzialmente dalla matrice ma anche molti dei granuli sabbiosi sono rossi perché ricoperti da una patina di ossidi di ferro. Questa patina è spesso di colore rosso cupo o nerastra, probabilmente per la presenza di ossidi di manganese. Molti fra i granuli di queste sabbie non sono ricoperti da una patina completa ma sono solo incrostati di ossidi di ferro nelle fessure e nelle screpolature superficiali.

Esistono però anche granuli che non presentano assolutamente tracce di arrossamento ed in questo livello basale raggiungono percentuali dell'80 % circa. La presenza di questi granuli privi di alterazione dimostra che queste « sabbie rosse » sono dovute al rimaneggiamento di paleosuoli arrossati con l'aggiunta di materiali freschi e non possono essere considerate paleosuoli arrossati in posto. Infatti alcuni esami fatti su paleosuoli sicuramente in posto hanno rivelato una percentuale molto più bassa di granuli non arrossati. Il grado di arrotondamento dei granuli è molto vario; assieme ad individui nettamente angolosi sono presenti altri perfettamente arrotondati, opachi o lucidi. Da tutti i punti di vista quindi questi sedimenti risultano composti da un accumulo di elementi a grado di evoluzione molto diverso.

« Panchina » II

Questo secondo livello di « Panchina », dello spessore di 2 m, è separato dalle Sabbie rosse I da una netta superficie d'erosione e presenta un grado di cementazione piuttosto variabile verticalmente e lateralmente. Nel punto ove affiora meglio è ben cementato alla base per i primi 20-30 cm di spessore ed è costituito da concrezioni infrasedimentarie suborizzontali. Al di sopra di questa fascia basale la cementazione è solo parziale in

quanto concentrata entro concrezioni intrasedimentarie verticali di forma piuttosto irregolare che si estendono verso l'alto per 50-80 cm inserendosi in un sedimento poco dilavato, e quindi tendente al rosso, e poco cementato. Verso la sommità la sabbia di questo livello tende ancora ad essere meglio selezionata e quindi meglio cementata e termina con una superficie erosiva molto netta che tronca alcuni calchi di radici osservabili nelle sabbie ben cementate del livello stesso (fig. 6).

Piccoli livelli discontinui e lenticelle di ciottoletti, tipici di una spiaggia mista di ghiaia e sabbia, come d'altronde è tuttora quella di Baia Baratti, sono presenti qua e là nella fascia a concrezioni verticali e alla base delle zone rossastre e poco dilavate di questa « Panchina ». Nelle parti meglio dilavate e cementate della quale sono stati osservati frammenti di *Turritella* e altri Gasteropodi, Lamellibranchi e *Ditrupa*.

Al microscopio questo sedimento mostra la notevole varietà di dimensioni dei granuli già osservata nella prima « Panchina ». Si tratta ancora di sabbie bimodali prevalentemente medie e fini con locali arricchimenti di sabbie grossolane e, come è stato già detto, di ciottoletti. Il cemento è presente in percentuali di poco superiori al 30 % ed i clasti silicei oscillano fra il 49 % alla base ed il 31 % alla sommità.

La frazione carbonatica è totalmente bioclastica e costituita prevalentemente da frammenti di Echinodermi, Gasteropodi, Lamellibranchi e Foraminiferi nella parte inferiore; alla sommità prevalgono Molluschi e Foraminiferi. Le Alghe Corallinacee sono molto scarse. I granuli sono cementati da plaghe di calcite spatica fra le quali si estendono plaghe di cemento micritico nella parte bassa; verso la sommità il cemento è sostanzialmente micritico con successivo riempimento spatico fine dei pori residui. Sono abbastanza frequenti nella parte bassa clasti sostituiti da calcite spatica ed in tutto il livello granuli recanti tracce più o meno evidenti di arrossamento.



FIG. 8. - La falesia verso l'estremo NE della Baia Baratti, dove sono visibili i tre livelli di « Panchina », rispettivamente indicati con i numeri 1, 2 e 3, ed i tre livelli di « Sabbie rosse » colluviali, segnalati con i numeri 1', 2' e 3'.

Sabbie rosse II

Si tratta di sabbie rosse di 2,50 m di potenza, prive di tracce di macro e microfossili e di strutture sedimentarie, salvo alcune lenticelle di ciottolini più frequenti verso la parte alta del livello. Queste lenti rappresentano il riempimento di solchi poco profondi scavati da acque di ruscellamento che concentrano i ciottoletti nei loro alvei. Le sabbie sono mal selezionate, con due mode ben distinte attorno a 250 μ ed 1 millimetro e sono meno ricche di matrice del livello rosso sottostante. Infatti la frazione di clasti con dimensioni inferiori ai 63 μ non supera il 19 % alla base ed il 27 % alla sommità. Il diametro efficace per controllare la permeabilità è attorno ai 30 μ in tutta la massa di questo sedimento. La percentuale di granuli sabbiosi non arrossati varia dal 74 % alla base al 62 % verso la sommità. Come il livello precedentemente descritto, anche questo deve essere stato messo in posto da soliflusso e solo in parte ridottissima da acque dilavanti o debolmente incanalate. Nell'insieme queste Sabbie rosse II sono meno impermeabili delle Sabbie rosse I.

« Panchina » III

Questa « Panchina » è la meno uniformemente rielaborata dalle onde e di conseguenza le sabbie che la costituiscono contengono ancora qua e là una certa quantità di matrice, non diffusa uniformemente ma a plaghe e a livelli variamente anastomizzati. In relazione inversa alla distribuzione della matrice è la cementazione che quindi è molto variabile sia verticalmente sia lateralmente. Lo spessore misurato nel punto di più favorevole affioramento è di circa 2 m, ma la sua sommità affiora per poco in tutto l'arco della baia.

Nel punto misurato (figg. 9 e 10) la base della Panchina III è costituita da sabbie mal selezionate, zeppe di piste di limivori che hanno cancellato ogni altra struttura sedimentaria. Questo livello è interpretabile come un deposito di spiaggia sommersa ed è nettamente troncato erosivamente da un deposito di battigia con lamine

incrociate concave verso l'alto nettamente immergenti verso mare. Si tratta di sabbie medio-fini con ciottoletti sparsi fino a 2 cm di dimensioni. Nelle parti meglio litificate il cemento raggiunge il 33 % del totale della roccia, i clasti silicei ne rappresentano il 37 %. Il cemento è costituito da calcite spatica fine e non sono stati osservati clasti sostituiti da calcite spatica (camp. 9). I clasti calcarei inalterati sono tutti costituiti da resti di Alghe Corallinacee, che tornano ad essere importanti, e di Echinodermi, Lamellibranchi e Foraminiferi.

Questo livello di « Panchina » è il meno esteso lateralmente lungo l'arco di costa della baia e ciò può dipendere oltre che dalla cementazione meno sviluppata anche dal fatto che verso il centro della baia l'erosione marina è avanzata (nelle fasi intertirreniane o in quella versiliana) sino a distruggere le vecchie spiagge.

Sabbie rosse III

Queste Sabbie rosse hanno uno spessore di 1,70 m e si sovrappongono alla sottostante « Panchina » senza una superficie netta rilevabile sul terreno in base ad un contrasto di litificazione. Però ove l'affioramento è favorevole è piuttosto netto il contrasto di colore e di selezionatura dei materiali detritici costituenti i due diversi livelli a contatto reciproco. Si tratta di sabbie fini e finissime, unimodali con classe più rappresentata fra i 63 ed i 125 μ (camp. 10). La percentuale di matrice è molto limitata rispetto agli altri livelli, aggirandosi attorno all'11 %, contemporaneamente il diametro efficace è di 60 μ per cui questo sedimento risulta sensibilmente permeabile. Tutti questi caratteri fanno pensare ad una prevalenza dell'apporto eolico su quello di dilavamento di suoli e colluviale. In questo sedimento non sono stati osservati ciottolini né strutture sedimentarie. La percentuale di granuli sabbiosi non arrossati è del 72 % nel campione esaminato.

Sabbie miste a ceneri, carboni e frammenti fitili

Si tratta di un sedimento spesso 25 cm, omogeneo e costituito da due livelli distinti separati da alcuni cen-

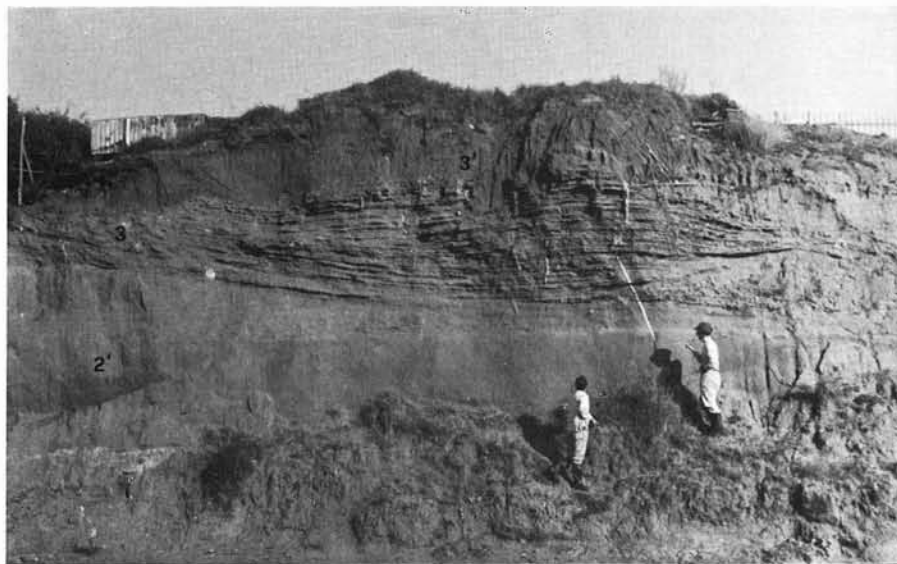


FIG. 9. - « Panchina » III posta alla sommità della falesia all'incirca all'altezza di Poggio delle Granate. Sono evidenti le laminazioni curve di battigia che si immergono dolcemente verso l'osservatore. Appena sopra la testa della persona più a destra sono visibili tracce di fossatori in sabbie di spiaggia sommersa troncate dalle soprastanti lamine di battigia (sequenza regressiva). Foto dell'Ottobre 1970. 2') Sabbie rosse II; 3) « Panchina » III; 3') Sabbie rosse III.

Fig. 10. - Stesso punto di fig. 9, ripreso nel Marzo 1983. In corrispondenza del cerchio nero si è staccata dalla parete una placca di qualche metro quadrato di superficie e di 25÷30 cm di spessore, i cui resti si osservano accumulati alla base della falesia. Rispetto alla situazione del 1970 (fig. 9) risulta arretrata di almeno 20 cm anche una parte della parete sita a sinistra del cerchio nero. Compensando le aree più arretrate con quelle meno si può valutare su tutta la falesia, per il periodo di 12 anni intercorrente tra le due fotografie, un'erosione media di circa 10÷12 cm. Tale valutazione erosiva corrisponde a quella dell'arretramento della linea di costa negli ultimi 2 000 anni.



timetri di materiale sabbioso analogo a quello delle Sabbie rosse sottostanti. È costituito da sabbie fini e finissime del tipo di quelle sottostanti miste a carboni di legna e ceneri per un ammontare di almeno il 25 % del totale. Sparsi in questo sedimento si trovano frammenti fittili di tipo piuttosto primitivo.

Tutta l'area compresa fra il tratto di falesia qui in esame e il Poggio e il Piano delle Granate è stata ampiamente frequentata nella Antichità, come documentato dalle tombe dell'Età del Ferro (IX-VIII secolo a. C.) e di epoca ellenistica (IV-III secolo a. C.) che vi sono state rinvenute numerose in più occasioni (FEDELI, 1983, con bibliografia completa). Questo livello ricco di ceneri e carboni è legato senza dubbio a queste (o anche a queste) presenze umane ed è quindi da riferire all'Olocene e non al Pleistocene.

Al di sopra di questo livello nero vi sono ancora 25 cm di sabbie superiormente pedogenizzate in un magrissimo suolo di pochi centimetri con stentata vegetazione erbacea. Quest'ultimo livello sabbioso è evidentemente legato al soliflusso negli ultimi 2 000 anni, ma potrebbe anche essere prevalentemente il frutto del disboscamento e delle colture che si sono intensificate negli ultimi secoli.

LA SEZIONE SULLA FALESIA AD OVEST DEL POGGIO DELLA FORNACE

Un'altra buona esposizione dei rapporti tra « Panchina » e Sabbie rosse appare al limite settentrionale degli affioramenti di « Panchina » nella baia, sulla falesia ad Ovest del Poggio della Fornace.

Qui si è conservato un lembo della antica costa pleistocenica, impostata sul « Macigno » disposto a reggipoggio (fig. 4), cui sono rimasti addossati i sedimenti della seguente successione, che dolcemente immergono verso SW (cioè verso il mare che parzialmente li sommerge) (fig. 18):

— banco basale di sabbia rossa piuttosto grossolana, con sparse nella parte basale scaglie angolose o poco arrotondate del sottostante « Macigno » (80 cm);

— « Panchina » ben cementata, puramente arenacea, a frammenti di *Pectinidae* e concrezioni intrasedimentarie suborizzontali (10 cm);

— « Panchina » con concrezioni intrasedimentarie verticali (2 m).

Non ci sono dubbi che questa « Panchina » corrisponda al I livello della successione precedente; ma qui si trovano sabbie rosse anche alla sua base e rappresentano quindi un deposito colluviale precedente la trasgressione che ha portato alla formazione del sedimento di ambiente litorale all'origine della « Panchina » stessa. Evidentemente in questo punto della baia lo spessore dell'accumulo colluviale era tale che la trasgressione tirreniana non arrivò a rielaborarlo tutto fino a raggiungere la roccia del substrato come avvenne nel punto ove fu rilevata la sezione precedentemente descritta. Infatti questo punto è proprio alla base di un colle dal quale poteva scendere facilmente e rapidamente una quantità notevole di *colluvium* al quale inizialmente si aggiunse una quantità non trascurabile di scaglie di roccia. Questo livello rosso non può in alcun modo rappresentare una alterazione in posto poiché il « Macigno », sul quale poggia e nelle fessure del quale frequentemente si insinua, non è affatto arrossato e così pure alcune delle scaglie presenti alla base del deposito rosso.

DEPOSITI EOLICI

Oltre alle sabbie eoliche miste in varia misura con i depositi fini colluviali, nel retroterra di Baia Baratti sono presenti depositi eolici puri, dovuti cioè solo all'azione del vento. Non si può parlare di dune vere e proprie ma di accumuli d'ostacolo, addossati cioè alle pendici montuose circostanti la baia. Alcuni lembi di sabbie abba-

stanza ben cementate (ancora, quindi, tipo « Panchina ») nelle quali sono riconoscibili chiari caratteri dei depositi eolici sono conservati, insieme a notevoli accumuli di Sabbie rosse, entro due paleovalli che si aprono su due versanti opposti dello spartiacque Poggio Guardiola-Poggio Pecorino. Questi depositi sono attualmente solcati dai due corsi d'acqua: Fosso delle Grotte, che scorre verso NE, e Fosso delle Fate, che scorre verso SW, i quali ricalcano l'antica idrografia. Nonostante la diversa esposizione il significato dei due depositi sabbiosi è il medesimo. Evidentemente quelli del Fosso delle Fate furono accumulati dai venti meridionali e occidentali che durante fasi glaciali, e quindi di mare basso, raccoglievano le sabbie dalle grandissime spiagge che si estendevano ad Ovest del Promontorio di Piombino, mentre quelli del Fosso delle Grotte furono accumulati dai venti settentrionali che raccoglievano le sabbie a Nord del promontorio stesso, al fondo dell'attuale Baia Baratti e su tutta l'estesissima piattaforma continentale antistante San Vincenzo, allora largamente emersi.

Il significato geologico e le caratteristiche sedimentologiche di questi depositi di origine eolica sono identici come è stata l'utilizzazione che ne è stata fatta nell'Antichità in quanto vi furono aperte cave importanti di « Panchina » eolica e numerose tombe ipogee del periodo ellenistico (IV-III secolo a. C.).

Il foltissimo manto boschivo che ricopre queste località ostacola le ricostruzioni generali delle successioni stratigrafiche; tuttavia da osservazioni frammentarie si può affermare che le Sabbie rosse si trovano più frequentemente sopra la « Panchina » eolica, anche se qualche lembo isolato ne è conservato al di sotto.

Le uniche osservazioni sulle strutture sedimentarie di questa « Panchina » sono effettuabili su alcune pareti delle antiche cave e delle tombe a ipogeo. Ovunque nel Fosso delle Grotte ciò sia stato possibile questo sedimento arenaceo è risultato fittamente laminato con lamine piane estese anche diversi metri, inclinate da 25 a 30° mediamente verso Est, con una deviazione di $\pm 10^\circ$. Sono state osservate lamine inclinate verso ESE ed anche verso SE. Qualche misura di inclinazione ha fornito valori compresi fra 40 e 55°, ma si tratta di misure su grandi blocchi leggermente ruotati verso valle probabilmente a causa del cedimento di sottostanti Sabbie rosse incoerenti. I venti che accumulavano le sabbie eoliche dovevano spingerle entro il Vallone delle Grotte verso SW e verso Ovest per cui le lamine risultavano inclinate all'incirca verso Est, cioè lungo la massima pendenza dell'accumulo che andava formandosi. Qualche struttura tipo duna poteva svilupparsi con una faccia orientata verso SE e questo spiega le lamine che si immergono secondo questa direzione.

Tutte le arenarie esaminate sono a grana media con tendenza verso le sabbie fini e talvolta verso le sabbie grossolane; le classi modali sono comprese fra i 180 μ ed i 730 μ . Al microscopio queste arenarie risultano ben selezionate, con trascurabile percentuale di matrice e con un 30-35 % di cemento spatico e qualche granulo molto arrotondato da 2 mm o poco più. Sono frequenti clasti sostituiti da calcite spatica ed i clasti calcarei costitui-

scono dal 40 al 50 % del totale della roccia. Questi ultimi sono prevalentemente di origine organica ma non mancano granuli di micrite calcarea provenienti dalla formazione alb. Gli organismi più rappresentati sono: le Alghe Corallinacee, i Briozoi, seguono i Lamellibranchi, gli Echinidi e i Foraminiferi.

La grande quantità di elementi carbonatici spiega la cementazione di questo sedimento arenaceo (tipo « Panchina ») addossato a rilievi intagliati nel « Macigno » che non possono fornire acque cementanti calcaree.

È possibile che gli attuali corpi arenacei rappresentino solo la parte inferiore degli originari accumuli eolici, cementata dal carbonato di calcio ricavato dall'acqua piovana sciogliendo una parte più o meno importante degli elementi calcarei della zona superiore delle sabbie stesse. La sommità degli originari accumuli, poco o niente cementata, è stata probabilmente asportata dall'erosione prima ancora della ricopertura da parte delle Sabbie rosse. La notevole percentuale di bioclasti in queste sabbie è prova della loro provenienza da sabbie di spiaggia esposte, prive di vegetazione per l'abbassarsi del livello marino durante l'inizio delle fasi glaciali.

CONSIDERAZIONI SULL'ETÀ DEI SEDIMENTI PLEISTOCENICI

Nelle successioni stratigrafiche sopra esaminate non è stato trovato alcun fossile cronologicamente significativo; l'unica constatazione rigorosa e diretta che si può fare è che il III livello delle Sabbie rosse della successione della falesia al fondo della baia è assai più antico dell'Età del Ferro, indicata dalle tombe del livello con ceneri che lo sormonta.

Allargando l'indagine oltre le sezioni esaminate, va tenuto presente che nel retroterra della Baia Baratti è stata rinvenuta industria del Paleolitico medio, del Paleolitico superiore e del Neo-eneolitico nella stazione di Villa Barone (Poggio San Leonardo) e in quella di Piscina degli Olmi (GALIBERTI, 1964).

Queste industrie sono state trovate associate alle Sabbie rosse ma non è chiaro se provengono dal loro interno né, eventualmente, da quale dei tre livelli descritti in precedenza.

Le tre trasgressioni marine, che sono rintracciabili nella successione della falesia del fondo della baia, sono chiaramente collegabili con tre sollevamenti glacioeustatici del livello del mare, ognuno seguito da una fase di ritiro e conseguente sviluppo di depositi continentali (« Panchina » di duna e Sabbie rosse). Fossili marini e spianate di abrasione non sono stati rinvenuti, in tutti i dintorni, oltre i 15 m di quota⁽³⁾. Tutti questi elementi sono indicativi che ci si trovi in presenza di tre episodi sedimentari del Pleistocene superiore; molto probabilmente il primo corrisponde alla trasgressione del Tirreniano a *Strombus*, documentata in Toscana dalle faune

(3) Le due piccole spianate della pendice NW del Poggio di Populonia e di quella del Poggio Guardiola, poste a più di 50 m di quota, non possono avere nessun collegamento con i sedimenti qui in esame. Più verosimilmente esse sono da collegare con terrazzi tipo quello del Podere Pescinoni di San Vincenzo (MAZZANTI & alii, 1980) attribuito, con riserva, all'interglaciale Mindel-Riss.

del bacino di carenaggio della Torre del Fanale a Livorno (BARSOTTI & *alii*, 1974) e della Buca dei Corvi di Castiglioncello (BLANC, 1953). In questo caso le Sabbie rosse sarebbero da riferire alle würmiane « Sabbie di Donoratico », secondo il recente schema stratigrafico messo a punto da MAZZANTI & *alii* (1980) per la zona di San Vincenzo e da GALIBERTI & *alii* (1980) per la zona compresa fra Castiglioncello e San Vincenzo; i livelli di « Panchina » II e III andrebbero riferiti a due trasgressioni minori legate a oscillazioni intertirreniane.

Riteniamo che i due grandi riempimenti di « Panchina » eolica delle paleovalli pre-tirreniane del Fosso delle Grotte e del Fosso delle Fate siano riferibili alle fasi regressive che si intercalano ai tre episodi trasgressivi documentati dalle tre paleospagge; infatti durante le fasi regressive si verificava l'emersione di spiagge piuttosto alte e di grandi estensioni di fondali marini sabbiosi, non difesi dalla vegetazione e sui quali i venti potevano agevolmente esercitare la loro azione di prelievo e di trasporto.

SEDIMENTI OLOCENICI

ALLUVIONI E DETRITI DI FALDA

Data la vicinanza dello spartiacque alla costa e la scarsa elevazione dei rilievi che hanno forme molto arrotondate, questi tipi di deposito hanno scarsa estensione e spessore (fig. 11).

Lungo il lato sud-occidentale della baia i rilievi sono un poco più aspri e rigidi, essendo impostati sulle arenarie piuttosto resistenti del « Macigno ». Qui sono concentrati i detriti di falda, specialmente lungo il Botro di Sant'Antonio che, dalla sella separante Le Logge dal Poggio Guardiola, scende verso Baratti. Qualche altra sottile falda di detriti è osservabile qua e là addossata al piede delle parti più ripide dei pendii.

Sedimenti con caratteristiche alluvionali riconoscibili formano due strette fasce lungo l'alveo del Fosso di Valgranita che è il maggiore dei corsi d'acqua e scende dal poggio più alto (Monte Pecorino) fra quelli racchiudenti la baia. In questo fosso si trovano sabbie e ghiaie fini alluvionali.

Ai lati del Fosso delle Casine sono riconoscibili depositi alluvionali solo a monte della strada che porta a Torre Baratti; a valle di essa, nei sedimenti ai fianchi del piccolo alveo, prevalgono i caratteri dei depositi eolici di copertura su quelli alluvionali salvo che nel solco vero e proprio del fosso.

I rimanenti corsi d'acqua sono decisamente brevi, fortemente incassati nella parte montana del loro tracciato, nella quale blocchi e ciottoli poco elaborati sono presenti solo lungo l'asse del solco vallivo; tendono a scomparire del tutto o a ridursi a ben poca cosa allo sboccare nella pianura costiera. Ciò è dovuto a vari fattori fra cui la scarsa piovosità del luogo, la notevole porosità dei materiali del subalveo e probabilmente il grande spessore di questi materiali almeno in rapporto alle scarsissime portate. Inoltre la piana sulla quale scorrevano questi corsi d'acqua è stata in gran parte sepolta sotto una spessa e porosissima coltre di scorie della lavorazione del ferro.

ACCUMULI DI SCORIE FERROSE ETRUSCHE

Fra la foce del Fosso di Valgranita e Torre Baratti la falesia che orla la spiaggia, divenuta molto stretta, è intagliata prevalentemente in ammassi di scorie residue dell'antica lavorazione di fusione del ferro, di grandi quantità di frammenti fittili, di ceneri e di detriti vari che si estendono per più di 500 m nell'entroterra: è il risultato di una intensa attività che si svolse per secoli con il trasporto del minerale grezzo principalmente dall'Isola d'Elba e con una prima lavorazione e sgrossatura in loco. Questo massiccio ricoprimento di scorie si estende fino oltre la zona del Podere San Cerbone su circa 20 000 m² di terreno. Fra il 1920 e il 1959 queste scorie, perché ancora ricche di minerale, furono parzialmente scavate per rifornire i moderni altiforni. Vennero così in luce le famose necropoli, conservate nel tempo proprio in virtù del loro seppellimento, iniziato con la fase « industriale » della lavorazione antica del ferro.

I sepolcreti in questa località coprono tutto l'arco dal Villanoviano (IX-VIII secolo a. C.) fino all'Ellenismo e tardo periodo etrusco (IV e III secolo a. C.). I primi manufatti in ferro si rinvennero in tombe delle necropoli villanoviane, ma a Populonia la fase « industriale » cominciò attorno all'ultimo quarto del VI secolo a. C., come è stato dimostrato dai recenti scavi eseguiti sul Poggio della Porcareccia (MARTELLI, 1981). Tuttavia le necropoli non dovettero essere sepolte contemporaneamente; nella necropoli del Casone, ad esempio, il rinvenimento di ceramiche ellenistiche all'interno della cella della tomba orientalizzante dei Colatoi dimostra che questa sepoltura non era ancora stata ricoperta dalle scorie nel periodo tra la fine del IV e l'inizio del III secolo a. C. È noto poi che la fase di maggiore attività fusoria del ferro proveniente dall'Isola d'Elba va considerata fra il III e gli inizi del II secolo a. C. quando gli Etruschi, fra i popoli legati ai Romani, furono con essi solidali al momento della venuta in Italia di Annibale con il suo esercito e fornirono ingenti quantità di ferro per le necessità belliche. In seguito l'attività fusoria a Populonia dovette avere un repentino abbandono, come indica Strabone che ci descrive questa città ormai quasi deserta sullo scorcio dell'età di Augusto. Né è stata più ripresa su larga scala.

ARENARIE CON SCORIE FERROSE E CLASTI FITTILI

In corrispondenza del limite inferiore della spiaggia, specialmente durante le basse maree, affiorano, nell'area antistante la duna centrale e in quella prospiciente il Poggio delle Granate, piccoli lembi di un'arenaria, priva di macrofossili, debolmente cementata, con laminazioni prevalentemente di battigia e di retrocresta (cioè inclinate verso il retroterra), caratterizzata dal contenere scorie ferrose e clasti fittili. Già BLANC (1935) aveva notato questo particolare che ha il valore di un termine *post quem* per l'età del sedimento risultato dal rimaneggiamento di parte degli accumuli descritti nel capitolo precedente.

La presenza delle scorie e la minore cementazione rispetto alla « Panchina » pleistocenica permettono una

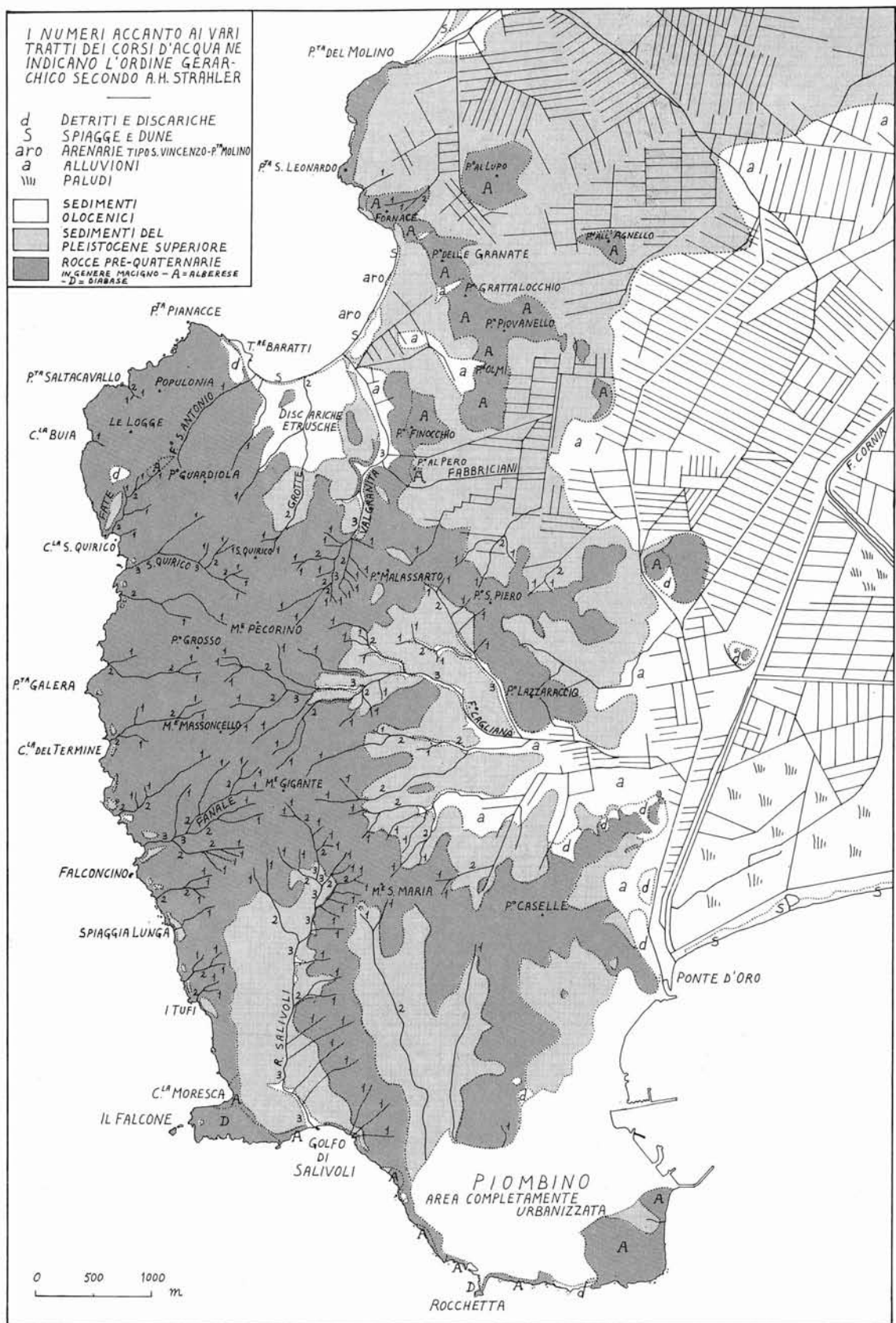


FIG. 11. - Reticolo idrografico del Promontorio di Piombino.

sicura correlazione di questo sedimento con le Arenarie di San Vincenzo - Punta del Molino, recentemente riconosciute lungo alcuni chilometri della spiaggia di San Vincenzo (MAZZANTI & *alii*, 1980) e sicuramente presenti anche lungo gran parte di quella di Follonica (MAZZANTI, in stampa) e nel tratto più settentrionale di quella di Castiglione della Pescaia (BARTOLINI, 1982). Si tratta verosimilmente di un deposito di spiaggia emersa, legato a un livello del mare di circa 1 m più basso di quello attuale in buon accordo con quanto valutato per l'alto Tirreno in età etrusco-romana sulla base di resti archeologici (SCHMIEDT, 1972).

Più incerta rimane l'attribuzione a questo sedimento di alcuni affioramenti rocciosi del fondale della baia (fig. 4), per i quali la ricerca di qualche frammento di scorie si è rivelata praticamente impossibile, vista la copertura di Alghe e la scarsa visibilità in acque molto basse su un fondale prevalentemente di sabbia fine.

LA SPIAGGIA E LA DUNA

La spiaggia attuale di Baia Baratti è prevalentemente sabbiosa, salvo le due estremità. Presso quella di NE la costa è rocciosa e impostata sulla formazione *alb*; la spiaggia inizia prevalentemente con ciottoli (con diametri fino a una decina di centimetri) e scorie ferrose fino a 1 cm. Per alcune decine di metri prevalgono questi materiali misti tuttavia a della sabbia grossolana che aumenta verso Sud. Procedendo verso il centro della baia diminuiscono le dimensioni dei ciottoli e, rapidamente, la loro quantità; anche le sabbie si fanno più fini. Nel punto in cui sulla battigia compare una placca di « Arenarie con scorie ferrose e clasti fittili » (fig. 4) le sabbie della spiaggia sono prevalentemente sui 600 μ di dimensione più frequente; poco oltre questa località si hanno, all'estremo superiore della spiaggia, sabbie di 300 μ forse selezionate dal vento; in corrispondenza all'incirca della fine degli affioramenti della « Panchina » III sopra la falesia (fig. 4), si hanno ancora ghiaia e sabbia grossolana diffuse a coltri su sabbia media da 300-400 μ .

Il tratto centrale della spiaggia, in corrispondenza della duna coperta dalla pineta, è costituito da sabbie sui 300-400 μ con plaghe di ciottoli e ciottolini e sempre più frequenti scorie ferrose in elementi ben arrotondati di dimensioni fino a 5-6 cm. In corrispondenza dell'estremità SW della duna, la sabbia in spiaggia si fa più fine, sempre però con plaghe di sabbia grossolana e ciottoli di scorie.

Alla foce del Fosso di Valgranita i ciottoli arrivano a 20 cm. La sabbia tende a farsi più fine all'altezza del Casone e verso San Cerbone, e, oltre, si ha una barra di bassa marea di sabbia ben selezionata non più grossolana di 300 μ appoggiata su ciottoli molto grossolani e blocchi sommersi ad alta marea. In queste parti la spiaggia emersa è prevalentemente composta da scorie arrotondate e ciottoli di varia composizione fra i quali è infiltrata sabbia medio-grossolana. Verso Torre Baratti la spiaggia è costituita sempre più da ciottoli e blocchi con sabbia fine intercalata e ciottolini nella parte alta.

In tutti i settori della baia le sabbie contengono una notevole percentuale di granuli di minerali di ferro che

localmente possono venire concentrati dal moto ondoso a costituire piccoli accumuli di minerale puro.

A ridosso della spiaggia, nella parte centrale della baia, è presente una duna, o forse più propriamente un gruppo di dune, attualmente deformate e ridotte a un rilievo informe ricoperto dalla pineta (fig. 4). Si tratta di sabbie fini, non eccessivamente ben selezionate nelle quali non sono osservabili strutture sedimentarie in mancanza di sezioni utilizzabili. La scarsa selezionatura di queste sabbie è molto probabilmente attribuibile all'inquinamento da parte di polveri eoliche fini trattenute dalla vegetazione.

IL FONDALE

BATIMETRIA E LITOLOGIA DEL FONDO

Il rilevamento batimetrico del fondale della Baia Baratti è stato effettuato con un ecometro LAZ 72, applicando la tecnica descritta da CORTEMIGLIA (1978 b) ed utilizzando lo strumento, con scala 0-20 m, dotato di un dispositivo addizionale, funzionante da selettore di rappresentazione in modo da fornire un ecogramma con rapporto di rappresentatività di 1,75 cm.

L'andamento batimetrico, riprodotto nella fig. 1, conferma sostanzialmente le caratteristiche morfologiche

TABELLA 1

FORMULE MODALI DEI CAMPIONI DI SEDIMENTO DEL FONDO MOBILE RACCOLTI NELLA BAIÀ BARATTI SECONDO LE UBICAZIONI RIPORTATE NELLA FIG. 12.

1 = (0,342) 100%;
2 = (0,168) 100%;
3 = (0,193) 100%;
10 = (2,900) 2% + (0,232) 98%;
11 = (0,156) 100%;
12 = (0,123) 100%;
13 = (0,166) 100%;
47 = (11,696) 8,5% + (0,960) 91,5%;
48 = (10,000) 32,5% + (2,921) 52,5% + (0,570) 15%;
49 = (0,197) 100%;
50 = (0,179) 100%;
54 = (0,181) 100%;
55 = (0,179) 100%;
56 = (18,000) 3,5% + (0,860) 60,5% + (0,210) 36%;
57 = (0,900) 4% + (0,155) 96%;
58 = (0,800) 6,5% + (0,181) 93,5%;
59 = (0,188) 100%;
65 = (0,183) 100%;
66 = (3,500) 64% + (0,540) 12% + (0,240) 24%;
67 = (0,179) 100%;
75 = (0,940) 76,5% + (0,166) 23,5%;
76 = (1,451) 46,5% + (0,236) 52,5%;
77 = (0,184) 100%;
85 = (0,188) 100%;
86 = (0,553) 100%;
95 = (0,180) 100%;
96 = (0,557) 100%;
97 = (0,304) 100%;
105 = (0,203) 100%;
108 = (0,537) 100%;
109 = (0,980) 46 + (0,561) 54%;
110 = (0,562) 100%.

Formula modale media del sedimento di fondo mobile
(0,179) 40% + (0,236) 16% + (0,561) 28% + (2,900) 16%

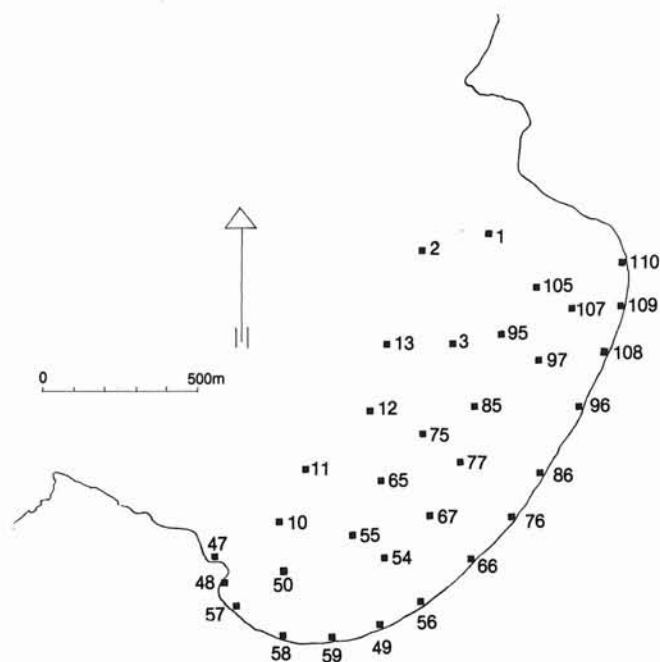


Fig. 12. - Ubicazione dei campioni di fondo mobile prelevati nella Baia Baratti per lo studio della dinamica dei sedimenti.

della parte emersa della baia, descritte nell'introduzione geografica. Infatti i promontori rocciosi della Punta delle Pianacce e del Poggio San Leonardo rappresentano gli ostacoli che hanno obbligato l'azione erosiva marina a svilupparsi soprattutto nei depositi pleistocenici dell'area della baia stessa, cioè verso SE. Si è pertanto impostato un andamento generale della spiaggia sommersa degradante da SE verso NW con pendenze medie di 1,65 % sul lato settentrionale della baia e di 2,08 % su quello meridionale.

Le zone di fondale roccioso antistanti i citati promontori, entro i quali risulta confinata la spiaggia sommersa, rappresentano in sostanza delle piattaforme d'abrasione al piede di falesie vive. Più localizzata e meno sviluppata risulta invece la piattaforma d'abrasione sul lato sud della baia (tra la Punta delle Pianacce e Torre Baratti) in quanto le descrizioni di BIAGI & CORSELLI (1978) e di CORSELLI (1981) rivelano la presenza di una piattaforma d'abrasione molto stretta. Tuttavia l'azione idrodinamica del mare permane intensa, in quanto, sempre gli stessi Autori, segnalano al piede di questa piattaforma d'abrasione un accumulo caotico, dovuto cioè ad azione di regressione per scalzamento alla base, seguito, più in profondità, da un fondale di tipo S.G.C.F., cioè anch'esso legato ad elevata turbolenza delle acque.

Al fine di individuare la natura del fondale della baia nel suo complesso, è stata svolta una campagna di rilevamento con prelievo di campioni, ubicati con stazioni trigonometriche da terra (fig. 12). È stata così eseguita una rete di punti per lo studio delle caratteristiche tessiturali del sedimento di fondo mobile e per l'individuazione della relativa dinamica; è stata poi condotta un'indagine subacquea, con raccolta di campioni, per la pre-

cisazione dei tipi litologici delle rocce affioranti sul fondo.

I risultati di questa campagna sono stati inseriti in fig. 4 che, oltre alla geologia delle aree emerse, riporta la natura del fondale di quelle sommerse. La baia ha, per la massima parte, un fondale mobile. Il fondale roccioso affiora prevalentemente sul lato settentrionale dove è formato da « Macigno », dalla formazione *alb* e da « Panchina »; ancora un affioramento di « Macigno », stretto e ridossato al piede della falesia, si trova a SE della Punta delle Pianacce; infine banchi rocciosi si trovano nella zona più interna e centrale della baia, dall'isobata di 6 m fino a riva. È già stato osservato come resta incertezza sull'attribuzione di questi ultimi affioramenti subacquei alle « Arenarie con scorie ferrose oloceniche » o alla « Panchina » pleistocenica, anche se riteniamo più probabile la prima ipotesi perché confortata da alcuni affioramenti di queste arenarie lungo la battigia di fronte agli affioramenti subacquei di cui sopra (fig. 4). La placca arenacea più estesa potrebbe rappresentare la parte basale cementata di una duna, formatasi col mare ad un livello più basso di quello attuale almeno una decina di metri, e analoga a quella attuale di fondo baia, coperta dalla pineta.

Per quanto riguarda le caratteristiche tessiturali del fondo mobile, la fig. 4 mette in evidenza il prevalere della « sabbia fine » ($0,125 \div 0,250$ mm), ad esclusione della fascia più litoranea del fondo baia, dove, tra le batimetriche di 3 e di 1 m, figura distribuita la « sabbia media » ($0,500 \div 0,250$ mm) e, tra quelle di 1 m e la riva, la « sabbia grossa » ($1 \div 0,5$ mm).

DINAMICA DEL TRASPORTO DETRITICO SUL FONDO

La distribuzione lungo tutto lo sviluppo della Baia Baratti da Nord a Sud, di due fasce litorali di sabbia media ($0,500 \div 0,250$ mm) e grossa ($1 \div 0,5$ mm) con aspetto a lama di falce (fig. 4), la cui ampiezza va crescendo da Sud a Nord, induce già a ritenere una presenza con tale senso di direzione di spostamento del materiale sulla spiaggia sommersa. Tuttavia per mettere più dettagliatamente in evidenza l'aspetto dinamico del trasporto sulla spiaggia sommersa sono state eseguite, sui campioni prelevati (fig. 12), le analisi tessiturali atte a ricavare, con la tecnica descritta da CORTEMIGLIA (1978 a; 1978 b), le subpopolazioni costituenti il sedimento del fondo mobile e partecipanti alla deriva litoranea.

Le analisi modali hanno così permesso di ricavare, per ciascun campione di fondo mobile (fig. 12), le relative formule modali indicate nella tab. 1, da cui si può dedurre la presenza nel sedimento di quattro subpopolazioni, con le caratteristiche riportate nella tab. 2.

TABELLA 2
SUBPOPOLAZIONI COSTITUENTI IL SEDIMENTO DI FONDO MOBILE DELLA BAIÀ BARATTI.

subpopolazioni	intervallo in mm	valore del picco in mm	denominazione granulometrica	frequenza percentuale
4	0,123 + 0,193	0,179	sabbia fine	40
3	0,203 + 0,342	0,236	sabbia media	16
2	0,537 + 0,980	0,561	sabbia grossa	28
1	1,451 + 18	2,900	granuli e ciottoli	16

Dall'insieme dei dati emersi deriva che la formula modale media del sedimento costituente il fondo mobile della baia risulta rappresentata dalla seguente espressione:

$$(0,179) 40 \% + (0,236) 16 \% + (0,561) 28 \% + (2,900) 16 \%$$

dove, preponderante, appare l'apporto alla dinamica litorale della subpopolazione 1 (0,123 ÷ 0,193 mm), mentre

secondario, ma non trascurabile ai fini quantitativi, risulta l'apporto delle altre subpopolazioni.

Tale generica situazione dinamica conferma quindi la generale distribuzione granulometrica evidenziata nella fig. 4, mentre, più specificatamente, il complesso dei vari assi di transito sedimentari, relativi alle diverse subpopolazioni di cui è risultato composto il sedimento di fondo mobile della baia, appare chiaro in tutte le sue componenti principali e secondarie nella fig. 13.

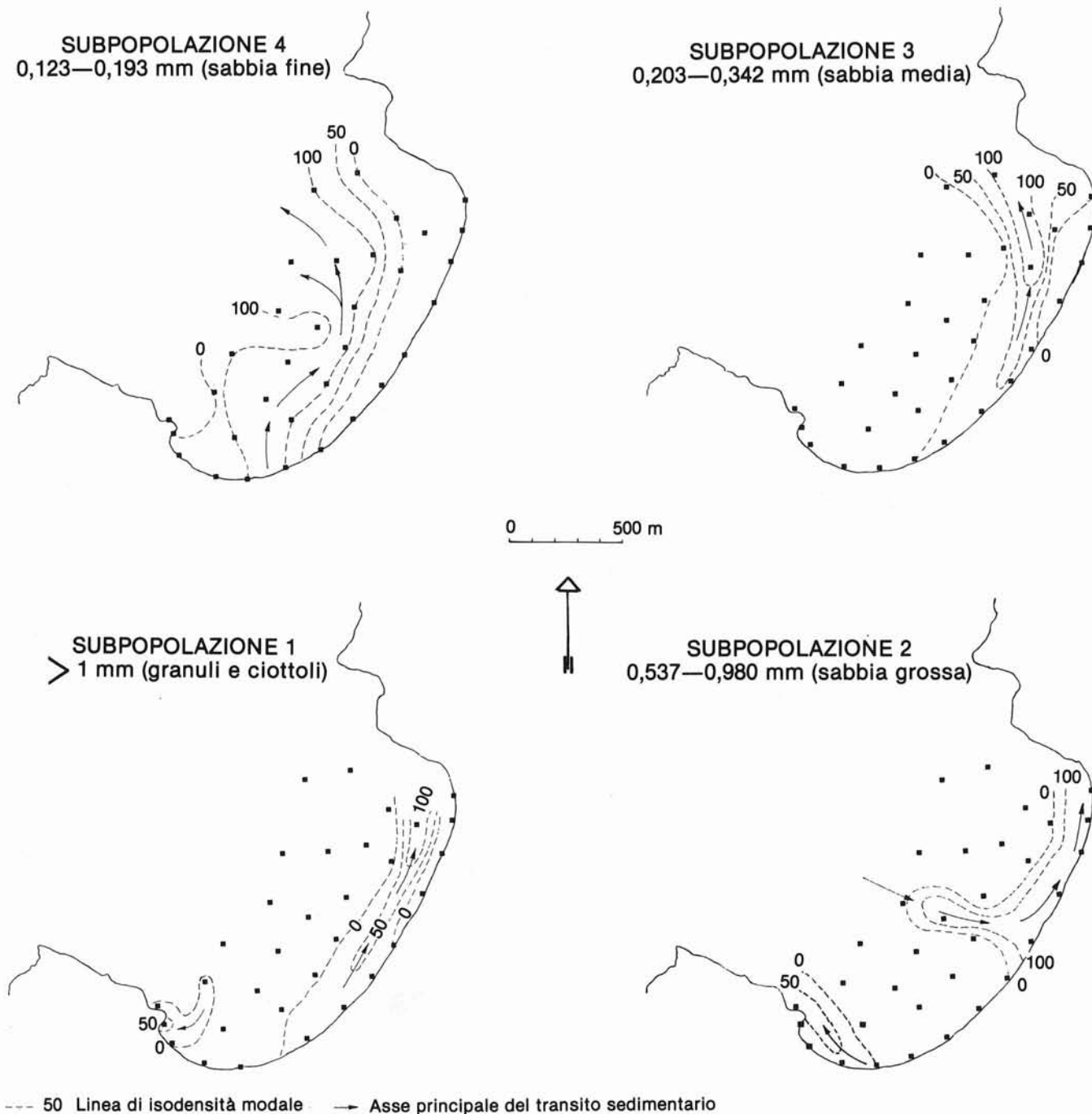


FIG. 13. - Andamento nella Baia Baratti delle linee di isodensità modale relative alle varie subpopolazioni in cui è suddivisibile (tab. 2) il sedimento di fondo mobile ed indicazione, per ciascuna di esse, degli assi di transito principali; i punti indicano i campioni prelevati, la cui numerazione è riportata nella fig. 12.

Questa stessa figura evidenzia che l'asse di trasporto principale della « sabbia fine », ($0,123 \div 0,193$ mm) si sposta dalla zona di battigia, posta subito a Sud del Casone (zona della chiesetta di San Cerbone), verso il centro della baia, distribuendo così la « sabbia fine » sui fondali della spiaggia sommersa compresi tra le batimetriche di 6 e 15 m.

La fig. 13 evidenzia altresì che l'asse di transito principale della « sabbia media » ($0,203 \div 0,342$ mm) tende a trasportare quest'ultima dalla zona di battigia, posta al centro della baia, verso Nord, in direzione del Poggio di San Leonardo, distribuendola così, mediamente, sui fondali compresi tra le isobate di 5 e 6 m.

La fig. 13 mostra inoltre chiaramente come la « sabbia grossa » ($0,537 \div 0,980$ mm) tenda a spostarsi, lungo la spiaggia sommersa, a ridosso della battigia (isobate tra 0 e 2,5 m), dalla zona centrale della baia verso il limite Nord della spiaggia emersa, accumulandosi così nella zona di fondale posta al piede del versante meridionale del Poggio della Fornace.

La fig. 13, relativa all'individuazione del transito della frazione > 1 mm (subpopolazione 1), mostra infine come i granuli ed i ciottoli migrino lungo la spiaggia sommersa compresa tra la battigia e l'isobata di 3 m, dalla zona del Casone verso il limite Nord della spiaggia emersa, accumulandosi così sullo stesso fondale interessato dall'arrivo della subpopolazione 2.

In conclusione, nella Baia Baratti si assiste sia a un flusso sedimentario del materiale a granulometria $> 0,200$ mm (sabbia media, sabbia grossa, granuli e ciottoli) da Sud verso Nord, soprattutto interessante la fascia di spiaggia sommersa a ridosso della battigia, sia ad un importante smistamento, nella zona centrale, del sedimento fine (sabbia fine), il tutto complessivamente a scapito della parte di litorale posta tra la Torre Baratti ed il Casone.

L'azione di smantellamento degli accumuli di scorie etrusche del litorale tra il Casone e Torre Baratti, con la messa a giorno, ad opera dell'erosione marina, di resti archeologici nel tratto tra il Casone e San Cerbone (si veda per i particolari dei ritrovamenti: FEDELI, 1983) risulta, pertanto, una conseguenza di questa dinamica che tende a trasferire i sedimenti litorali grossolani o fini ma idraulicamente equivalenti⁽⁴⁾ verso Nord e quelli fini verso il centro della baia. Tale situazione comporta, sulla base delle conoscenze archeologiche ricordate qui sopra e di quelle generali esposte in precedenza, un'erosione e un trasporto delle scorie, accumulate in questa zona sud della baia a partire almeno dal III secolo a. C. In conseguenza di ciò e al fine di confermare o meno la presenza di scorie nei sedimenti ed indagare sullo spessore della sedimentazione a partire da tale periodo storico, si è ritenuto opportuno prelevare delle carote di fondale nei punti indicati con i numeri 1, 2, 10, 11, 12 e 13 nella fig. 12.

La lunghezza delle carote è risultata mediamente di 1 m e la presenza di materiale scoriaceo ferroso è stata

⁽⁴⁾ Come dimostra la dispersione di sabbie magnetico-ematiche fino all'estremità settentrionale della spiaggia.

praticamente accertata su tutto il loro sviluppo verticale, per cui almeno 1 m di sedimento si è depositato in corrispondenza dell'attuale isobata dei 10 m posteriormente all'accumulo delle scorie, cioè almeno a partire dal III secolo a. C.

La tab. 3 mostra le caratteristiche tessiturali del tetto (attuale fondo mobile) e della base (1 m di profondità dalla batimetrica del fondale indicato sulla fig. 1) di ciascuna carota, da cui, sostanzialmente, si ricava un aumento del granulo medio con l'età del sedimento ed un'equivalenza delle caratteristiche modali per l'intervallo temporale cui si riferiscono. Se ne può pertanto concludere, almeno indicativamente, che il sedimento della base delle carote è stato in sostanza depositato da una dinamica analoga all'attuale, intesa come modalità di messa in posto, però più intensa come velocità della corrente di trasporto e di smistamento.

TABELLA 3
CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE DI CAMPIONI DEL TETTO E DELLA BASE DI CAROTE LUNGHE 1 M PRELEVATE NELLA BAIÀ BARATTI SECONDO L'UBICAZIONE RIPORTATA NELLA FIG. 12.

campione	profondità dal l.m.m.	granulo medio in mm	formula modale
1	top	5,85	(0,342) 100%
	base	7,35	(0,369) 100%
2	top	10,50	(0,168) 100%
	base	12,00	(0,189) 100%
3	top	7,60	(0,193) 100%
	base	9,10	(0,820)15% + (0,320)85%
10	top	8,00	(2,900)2% + (0,232)98%
	base	9,50	(8,400)17,5% + (0,250)82,5%
11	top	9,75	(0,156) 100%
	base	11,25	(0,171) 100%
12	top	9,80	(0,123) 100%
	base	11,30	(0,134) 100%
13	top	10,15	(0,166) 100%
	base	11,65	(0,175) 100%

Rispetto ad un passato, di cui non è possibile per ora dare una più precisa datazione assoluta, l'azione erosiva del mare nella zona tra il Casone e Torre Baratti, appare quindi piuttosto attenuata, ancorché continua e persistente (figg. 14 e 15). Tale situazione dinamica appare peraltro sostanzialmente conforme anche ai ritrovamenti ed alle osservazioni archeologiche svolte in più occasioni e delle quali vien dato il più ampio ragguaglio nella recentissima pubblicazione di FEDELI (1983). Tra il Casone e la chiesetta di San Cerbone e nel tratto di mare immediatamente antistante, la presenza di resti archeologici anche di notevoli dimensioni, specialmente fino su fondali di circa 2 m, ma pure oltre, permette di ipotizzare per l'epoca etrusco-romana una linea di riva più avanzata verso mare di quella attuale.



FIG. 14. - Ripresa fotografica dell'Ottobre 1970 con al centro la casetta, sita tra S. Cerbone a destra ed il Casone a sinistra appena fuori visuale, raggiunta dall'erosione marina.

EVOLUZIONE DELLA BAIÀ BARATTI NELL'AMBITO DEL SUO ENTROTERRA

Nei capitoli precedenti abbiamo esposto gli elementi stratigrafici, tettonici e morfologici che siamo stati in grado di raccogliere sulla Baia Baratti e sulle immediate vicinanze, abbiamo inoltre cercato di definire lo stadio attuale evolutivo della sua spiaggia e del fondale; si tratta ora di tentare un'interpretazione integrale nell'ambito del Promontorio di Piombino e della Toscana Marittima. Gioverà, a questo proposito, prima di tutto allargare la ricerca sulla tettonica, visto anche che gli elementi che si possono raccogliere in loco sono piuttosto scarsi. Per riepilogare, questi ultimi si limitano ad alcune faglie, circa appenniniche, di distensione, dai rigetti molto modesti, osservabili sulla falesia fra Cala San Quirico e Punta delle Pianacce ed a una faglia, circa antiap-



FIG. 15. - La stessa casetta ripresa nella fig. 14, parzialmente demolita dalle onde, come si presenta nel Marzo 1983. A sinistra è visibile ancora la fondazione del muro perimetrale lato mare crollato sotto l'azione delle onde. La finestra sulla facciata è stata aperta successivamente al 1970, dopo il crollo del muro perimetrale lato mare, al fine di utilizzare la parte ancora rimasta in piedi.

penninica, che, ancora da Cala San Quirico si allunga verso Torre Baratti con leggero abbassamento del labbro NW; non è improbabile che a quest'ultima sia associata la piega ad Ω che si vede sulla falesia sotto Populonia. In questo caso l'insieme di questa struttura avrebbe prevalentemente un rigetto orizzontale e carattere trascorrente.

Il Promontorio di Piombino non si presta a osservazioni precise sulla struttura tettonica per la foltissima copertura vegetale, per l'abbondanza della coltre di sedimenti eolici e colluviali del Pleistocene superiore, per essere costituito prevalentemente dalla omogenea formazione del « Macigno ». Basterà mettere a confronto le due carte geologiche moderne attualmente esistenti (GASPERI, 1968; 2ª edizione del f. 127 della C.G.I. a cura di BERTINI & alii, 1968) per capire come il loro rilievo, per quanto riguarda la tettonica, è stato affidato in prevalenza alla fotointerpretazione con risultati molto diversi, che, in un certo senso, denunciano la scarsa affidabilità di questo metodo d'indagine nel caso specifico. Un altro elemento, purtroppo non certo chiarificatore, lo si può poi trarre dalla carta di GASPERI nella quale su tutto il Promontorio di Piombino le immersioni e inclinazioni negli strati del « Macigno » (di quelle nelle formazioni del Gruppo dell'Alberese sarà meglio non parlare neppure, vistone l'assetto « caotico ») sono variabilissime e non indicative di una struttura semplice ed omogenea.

Un'ultima osservazione, nell'ambito del Promontorio di Piombino, riguarda il fatto che i maggiori affioramenti di rocce del Gruppo dell'Alberese (sovrapposto tettonicamente al « Macigno » della « Serie Toscana ») si trovano tutto intorno al promontorio stesso, salvo il lato nord-occidentale che, però, è il più esposto all'abrasione marina. Questa disposizione, insieme alla posizione isolata del rilievo in oggetto fra i fondali marini a Ovest e la Pianura del Cornia a Est, indicano ovviamente la presenza di un alto tettonico.

È noto che nella Toscana Marittima molti alti tettonici sono separati dalle zone di fossa per mezzo di faglie distensive di notevole rigetto. La Pianura del Cornia, per l'ampiezza che la caratterizza e la complessità della stratigrafia (MAZZANTI, in stampa), ha senza dubbio le caratteristiche di una fossa tettonica. Si può così ipotizzare (come già è stato fatto da MAZZANTI, 1980) la presenza di una dislocazione tettonica importante che, sotto al margine occidentale della pianura, sblocchi il rilievo di Piombino dalla fossa. Se poi un'altra dislocazione distensiva esiste al margine occidentale di questo rilievo sotto ai fondali sottomarini che lo separano dall'Isola d'Elba, è una possibilità che può trovare conferma solo da prospezioni geofisiche che, attualmente, non possediamo.

Sull'età dell'eventuale formazione della fossa della Pianura del Cornia è stato fatto osservare recentemente (MAZZANTI, 1980) come, sia pure nella mancanza di informazioni sicure ricavabili da documenti paleontologici diretti, sia attendibile un riferimento al Pleistocene inferiore per analogia con l'età documentata degli sprofondamenti del vicino bacino di Rosignano Solvay - Riparbella - Bibbona e di quello delle Colline Pisane - Pianura di Pisa.

Un'ulteriore osservazione, come allargamento oltre il Promontorio di Piombino, alle conoscenze tettoniche su questo ricavabili, merita la faglia antiappenninica che dalla Cala San Quirico raggiunge Torre Baratti. Non è escluso che questa faglia passi anche immediatamente a SE del Poggio della Fornace, attraversando in questo caso la Baia Baratti per tutta la sua lunghezza. Ciò potrebbe essere indicato dal notevole abbassamento della formazione *alb* a SE del Poggio della Fornace. Questo abbassamento rende difficilmente collegabile, senza una rottura trasversale, l'andamento del piano di sovrapposizione della formazione *alb* sul « Macigno » fra lo stesso Poggio della Fornace e i poggi al Finocchio e al Pero nel retroterra sud-orientale di Baia Baratti.

In questo caso, anche se non è lecito andare oltre per le difficoltà di osservazione dovute alla stessa coltre di sedimenti del Pleistocene superiore, la formulazione di questa ipotesi è necessaria. Infatti se corrispondesse a realtà potrebbe esaurientemente rendere conto dell'innescamento della formazione della Baia Baratti, come legato alla presenza di un corpo della più facilmente erodibile formazione *alb* fra due masse del più resistente « Macigno » (queste avrebbero dato, dopo l'approfondimento della baia, le punte delle Pianacce e di San Leonardo).

Va inoltre fatto rilevare che, sempre secondo questa ipotesi, la Baia Baratti si troverebbe lungo un tratto di un elemento tettonico di primissimo piano da identificarsi nella « fascia trasversale » n. 3 (o « linea Piombino-Faenza ») del lavoro di BARTOLINI & *alii* (1983).

Questa linea tettonica nella fig. 3 dello stesso lavoro, dopo essere stata indicata rasente il piede dei Monti di Suvereto - Campiglia Marittima, è stata segnata a Sud di Piombino con una deviazione piuttosto brusca sotto la Pianura del Cornia perché non era parsa rintracciabile in affioramento negli stessi Monti di Piombino. L'identificazione della faglia Cala San Quirico - Torre Baratti con un tratto della linea Piombino-Faenza eviterebbe questa brusca deviazione e sarebbe confortata dalla presenza di uno scalino nel substrato roccioso del sottosuolo della Pianura del Cornia, proprio in corrispondenza del nuovo tracciato ipotizzabile da Venturina alle vicinanze di Poggio al Lupo (GABBANI, in stampa).

Abbandoniamo i voli un poco ipotetici di cui sopra per scendere ad altre considerazioni che, tuttavia, nella fase iniziale ci sono ancora suggerite da quanto accennato in precedenza. Cioè l'osservazione che la faglia trascorrente ipotizzata avrebbe reso possibile la presenza di una massa della formazione *alb* al centro dell'area sulla quale si sarebbe impostata la Baia Baratti, notoriamente con fianchi in « Macigno ». C'è da chiedersi a questo punto se l'erosione marina può effettivamente essere più veloce sulla prima piuttosto che sulla seconda di queste formazioni. A questo proposito l'unica situazione alla quale possiamo riferirci come completamente analoga è quella della costa livornese di Antignano e Calafuria (f. 111 della C.G.I.) dove affiorano appunto le stesse formazioni e dove la linea di riva in corrispondenza della *alb* è più arretrata di circa 500 m rispetto a quella in corrispondenza del « Macigno ». D'altra parte nello stesso Promontorio di Piombino ci sono due inte-

ressantissimi esempi di arretramento differenziale di una falesia. La fig. 11 mette in evidenza come Il Falcone (completamente in diabase) e la Rocchetta (con un substrato in diabase) si protendono nettamente nei confronti del resto della falesia nei loro dintorni prevalentemente in formazione *alb*.

Alcune delle valli minori che scendono in mare fra la Cala San Quirico e Il Falcone arrivano pensili alla falesia; tutte le valli di questo tratto hanno comunque il loro ultimo percorso incassato fra piccoli terrazzi talora di materiali marini, ma prevalentemente eolici, del Pleistocene superiore. Tutto ciò indica un arretramento notevole e molto recente (trasgressione versiliana) della falesia. Ma è lecito ammettere che l'arretramento di quest'ultima sia tutto versiliano? Già i residui di sedimenti marini del Pleistocene superiore testimoniano che la falesia in questione è stata raggiunta dal mare almeno un'altra volta, anche se ci si può attendere che non fosse esattamente nella posizione attuale.

Per cercare di chiarire questi problemi, vista la mancanza di sedimenti più antichi del Pleistocene superiore (ovviamente scartati quelli del substrato in esame, cioè il « Macigno » oligocenico e la formazione *alb* paleoceanico-eocenica con associate le masse di diabase giurassico in frane sinsedimentarie), si può tentare la via dell'esame del reticolo idrografico su tutta l'area del Promontorio di Piombino e sulla parte occidentale della Pianura del Cornia. La fig. 11 pone in netta evidenza tutta l'area nella quale i corsi d'acqua sono legati all'opera dell'uomo con tracciati rettilinei. Si tratta, in pratica, di tutte le aree alluvionali o di colmata rappresentate nella parte orientale della tavola stessa, occupate in origine da una laguna e da una serie di paduli fino alla chiusura del lido (oggi spiaggia) che si attesta a Ponte d'Oro. Ampiamente canalizzati sono inoltre i corsi d'acqua in molte delle aree più basse nelle quali affiorano i sedimenti del Pleistocene superiore (in prevalenza würmiane Sabbie di Donoratico o loro rielaborazioni coluviali tardive). Nella valutazione dell'ordine gerarchico dei vari corsi d'acqua sarà opportuno non prendere in considerazione tutte queste aree in quanto anteriormente al 1830 avevano i livelli di sbocco in laguna, prosciugata la quale, vennero trasferiti artificialmente al mare.

Se quindi scartiamo i tratti artificiali sopra indicati possiamo constatare che nessun tratto dei corsi d'acqua naturali sul Promontorio di Piombino va oltre il 3° ordine. Anzi raggiungono questo ordine solo cinque torrenti a scorrimento rispettivamente: verso Nord il Valgranita, verso Est il Cagliana, verso Sud il Salivoli e verso Ovest il Fanale e il San Quirico; la regolarità per un rilievo isolato con deflusso prevalentemente radiale non potrebbe essere maggiore.

Se poi passiamo ad osservare a quale punto del loro percorso tutti questi torrenti (eccettuato il San Quirico) raggiungono il 3° grado gerarchico, vedremo che ciò avviene in corrispondenza dell'incontro con i sedimenti (prevalentemente eolici) del Pleistocene superiore e a quote che sfiorano i 100 m senza toccarli. Al di sotto di queste quote la grande uniformità delle valli del promontorio si spezza nettamente perché i corsi d'acqua ri-

volti a Nord, Est e Sud hanno lunghi tratti pochissimo declivi prima di raggiungere il mare (o la pianura ex laguna-palude) mentre quelli rivolti a Ovest ne sono totalmente privi. Successioni di colline piuttosto basse separano questi lunghi tratti inferiori delle valli: la successione dei poggi al Pero, al Finocchio, Piscina degli Olmi, Piovanello divide le valli che confluiscono nella Baia Baratti da quelle che confluiscono nella conca di Fabbriani; quest'ultima è separata dalla conca della Cagliana dalla successione dei poggi di San Piero e Lazzaraccio; la successione dei poggi Santa-Maria e Caselle separa poi la precedente dalla Piana di Piombino, suddivisa, a sua volta, da un basso rilievo da quella di Sallivoli.

La mancanza di basse successioni radiali di colline sul fianco occidentale del Promontorio di Piombino non sembra originaria, per quanto considerato in precedenza sul reticolo idrografico; se è indotta c'è da chiedersi quale ne può essere stata la causa. Il lato occidentale, anche se il promontorio in certi momenti è stato certamente circondato dal mare, è senza dubbio quello più esposto all'azione delle mareggiate; tuttavia se in origine esistevano bracci collinari del tipo di quelli che si sono conservati sugli altri lati è difficile immaginare un'abrasione completa salvo un'esposizione all'azione del mare da tempi piuttosto remoti. L'alternativa non può essere che tettonica e rappresentata dall'attività di una dislocazione più o meno parallela alla costa con sprofondamento del blocco occidentale. Questo fenomeno si sarebbe attivato dopo che il reticolo idrografico aveva assunto un'organizzazione del tipo di quella attuale. Le due ipotesi possono coesistere tuttavia, per adesso, non possiamo andare oltre la loro formulazione.

Con l'esame del reticolo idrografico e delle sue relazioni con le varie parti del rilievo abbiamo acquistato la conoscenza che nell'insieme del Promontorio di Piombino esistono almeno altre due « conche » (quella di Fabbriani e quella di Cagliana), riempite in gran parte da sedimenti del Pleistocene superiore, che, se fossero state raggiunte dal mare durante la trasgressione versiliana, avrebbero potuto evolvere in maniera molto simile alla Baia Baratti. Ma la trasgressione versiliana ha sostato all'altezza di Ponte d'Oro, fermata da un esile lido, e le onde della laguna-palude interna non hanno avuto certo la forza di penetrare in profondità nei teneri sedimenti del Pleistocene superiore né, tanto meno, di spianare i capi formati dal substrato roccioso di questi ultimi.

L'ipotesi di un'origine della Baia Baratti in qualche modo collegata con un elemento tettonico che taglia trasversalmente tutto l'Appennino, sia pure in una preparazione « remota » delle masse rocciose sulle quali avrebbero poi agito forze completamente differenti da quelle tettoniche, può quindi essere scartata? Non ci sentiamo ancora di farlo, tanto più che anche l'altra ipotesi cui abbiamo accennato presenta i suoi lati oscuri. A questo punto sarà più opportuno lasciare questo argomento, pur fondamentale, delle possibili cause che stanno alla base della formazione della baia in attesa che qualche elemento nuovo si aggiunga a quelli esposti. Intanto cercheremo di concludere su quale sia stata la sua evoluzione e a quale stadio sia giunta.

Nell'insieme la Baia Baratti è una tipica insenatura di forma simile ad un semicerchio, con spiaggia al fondo, che non riceve attualmente rifornimenti di sedimenti dai tratti di costa adiacenti né dal retroterra dal quale gli apporti sedimentari sono praticamente nulli. Come tutte le altre valli che scendono verso Est e verso Sud del Promontorio di Piombino anche quella di Baratti è stata parzialmente colmata da sedimenti colluviali, alluvionali ed eolici che ne hanno molto addolcito e mascherato le forme originali. Tutte queste valli si svilupparono e approfondirono in un periodo assai antico, non ben indicabile con precisione, sicuramente tuttavia post-Messiniano e [per ammettere il passaggio dei fiumi dall'area dell'Elba che trasportavano i ciottoli di eurite in Maremma (BRANDI & *alii*, 1968; MAZZANTI, 1980; BARTOLINI & *alii*, 1983)] non anteriore anche a tutto il Pliocene inferiore, cioè alle fasi tettoniche di collasso fortemente responsabili del modellamento fluviale della regione. Durante le fasi cataglaciali del Pleistocene l'innalzarsi del livello del mare spingeva le spiagge sempre più in alto entro queste valli sollevando il livello di base dei corsi d'acqua che le drenavano. Questo innalzamento favoriva il colmamento delle valli stesse con sedimenti alluvionali e colluviali e conferiva loro la forma appiattita e l'idrografia incerta che attualmente le caratterizza.

Decisamente dovuta solo all'azione del mare è la forma arcuata molto regolare della spiaggia. Le piccole irregolarità di curvatura della quale sono dovute ad accumuli di sabbia o a più ridotta erosione in punti riparati da placche di arenarie oloceniche con scorie ferrose, in spiaggia, o ad affioramenti di rocce del substrato, sulla battigia, come avviene lungo i due promontori che delimitano la baia.

Attualmente l'andamento batimetrico del fondo della baia è tale che le onde di qualsiasi mare che entrano in essa subiscono una rifrazione (fig. 3) capace di renderle praticamente parallele alla spiaggia. In queste condizioni il trasporto lungo costa è molto ridotto e così pure l'erosione della spiaggia in quanto la deriva dei sedimenti con onde da Sud o da Ovest compensa quella dei mari da Nord o NW. Nell'insieme la parte più riparata della baia è il segmento compreso fra San Cerbone e Torre Baratti. Qui, seppure miste a ciottoli e blocchi, vi sono le sabbie più fini e meglio selezionate di tutta la spiaggia e qui infatti vengono riparate le imbarcazioni. Da quanto riferiscono AIELLO & *alii* (1980) fra il Casone e la Torre Baratti si ebbe dal 1938 ad oggi una sensibile erosione della costa. Ciò può essere dovuto al riadattamento del profilo della baia a quello regolare di equilibrio, dopo la turbativa introdotta dagli Etruschi con la discarica delle scorie, miste a terriccio e frammenti fittili che attualmente costituiscono la bassa falesia che si estende dal Casone a Baratti.

I materiali scaricati dagli Etruschi poggiano su depositi colluviali rossi presso il Casone e sul « Macigno » verso Baratti, mentre su tutto l'arco di costa fra questi due estremi sembrano poggiare su sedimenti di spiaggia. Ciò può essere dovuto al fatto che la spiaggia precedente l'insediamento e le lavorazioni etrusche corresse all'incirca in corrispondenza di quella attuale al Casone e si

addentrasse poi leggermente nel retroterra fra questo punto e Baratti, probabilmente fino a lambire gli affioramenti di « Macigno » segnati nella fig. 4 alle spalle di S. Cerbone e Torre Baratti.

Gli Etruschi durante la lavorazione del ferro scaricarono a mare scorie e detriti vari sia per disfarsene, sia per guadagnare area su cui lavorare, sia per costruire verso mare una bassa falesia o ripa dalla quale sbarcare ed imbarcare agevolmente i materiali dalle navi. Che i detriti costituenti l'attuale falesia siano stati scaricati sulla spiaggia è provato dalla parziale elaborazione marina subita dai primissimi decimetri basali del deposito e non risulta in contrasto con un probabile livello marino più basso dell'attuale di circa 1 m. Infatti ciò che oggi si trova a 2 o 3 decimetri al di sopra del livello medio del mare veniva allora a trovarsi alla sommità della spiaggia e quindi facilmente raggiungibile dalle onde di tempesta.

Questa discarica di materiali sulla spiaggia permise alle onde di portare le scorie ed i frammenti fittili fino all'estremo NE ove attualmente sono inglobati nella « Panchina » affiorante solo durante le più basse maree (fig. 16). In questo punto ciò che oggi costituisce la « Panchina » doveva risultare ricoperto almeno da qualche decimetro di sabbia per permettere la cementazione diagenetica del sedimento.

Considerando l'ubicazione delle arenarie con scorie etrusche ed estrapolando verso mare il pendio della costa attuale (tenendo anche conto del livello più basso del mare di allora), si è portati a pensare che la costa, alla fine della lavorazione etrusca del ferro, fosse situata una cinquantina di metri più verso il largo di quella attuale. Ciò porta a valutare l'erosione media marina dell'ordine dei 2 ÷ 2,5 cm all'anno.

La spiaggia è destinata ad arretrare assai lentamente ma inesorabilmente a causa del logorio dei materiali operato dalle onde e a una lenta perdita di questi verso



FIG. 16. - Arenarie con clasti di scorie etrusche, ben arrotondate dal mare (ciottoli e granuli neri lucenti), e di materiale fittile. Sia nelle arenarie con scorie ferrose e clasti fittili sia nella sabbia attuale che le circonda è presente una notevole percentuale di minerali di ferro a grana fine. I cerchi indicano frammenti fittili.



FIG. 17. - Estremità NE della Baia Baratti. In occasione delle mareggiate più violente le onde battono direttamente contro il piede della falesia mentre con mare calmo la battigia dista circa una trentina di metri. 1') Sabbie rosse I; 2) « Panchina » II.

il largo; con essa arretra lentamente la falesia retrostante, specialmente dove è aperta sui teneri sedimenti pleistocenici (figg. 8, 9, 10 e 17). La velocità di 2 ÷ 2,5 cm all'anno rappresenta la probabile media degli ultimi 2 000 anni per cui, se il livello del mare rimanesse stabile sulla quota attuale, essa dovrebbe ridursi alla metà circa di tale cifra. Se attualmente la baia non riceve sedimenti dalle coste adiacenti non era certo così durante le fasi glaciali del Quaternario quando un'unica grande spiaggia doveva estendersi dall'Elba verso Nord. In queste condizioni il vento accumulava sabbie nell'attuale baia e durante le fasi di risalita del livello marino le onde spingevano all'interno di essa sedimenti provenienti dalle zone antistanti. Questi apporti di materiale colico e di spiaggia, in media meglio elaborato di quello colluviale e alluvionale, sono rappresentati dai granuli ben arrotondati che si osservano in tutti i sedimenti pleistocenici della baia.



FIG. 18. - Versante occidentale di Poggio della Fornace. Al di sotto dello strato di « Panchina », affiora un livello di sabbie rosse colluviali con scaglie e blocchi arenacei non arrossati, sovrastante al « Macigno » in posto visibile alla base della fotografia.

BIBLIOGRAFIA

- AIELLO E., BARTOLINI C., CONEDERA C., PRANZINI E. & TACCINI S. (1980) - *Il litorale della provincia di Livorno fra Marina di Castagneto e Follonica*. Prov. Livorno, 44 pp.
- BARSOZZI G., FEDERICI P. R., GIANNELLI L., MAZZANTI R. & SALVATORINI G. (1974) - *Studio del Quaternario livornese, con particolare riferimento alla Stratigrafia ed alle faune delle formazioni del bacino di carenaggio della Torre del Fanale*. Mem. Soc. Geol. It., 13, 425-495.
- BARTOLINI C. (1982) - *Studi di Geomorfologia costiera: VIII - Dinamica evolutiva del litorale di Castiglione della Pescaia*. Boll. Soc. Geol. It., 101, 173-210.
- BARTOLINI C., BERNINI M., CARLONI G. C., CASTALDINI D., COSTANTINI A., FEDERICI P. R., FRANCAVILLA F., GASPERI G., LAZZAROTTO A., MARCHETTI G., MAZZANTI R., PAPANI G., PRANZINI G., RAU A., SANDRELLI F. & VERCESI P. L. (1983) - *Carta neotettonica dell'Appennino Settentrionale - Note Illustrative*. Boll. Soc. Geol. It., 101, 523-549.
- BERRIOLO G. (1980) - *Studio meteorologico dell'esposizione marittima del litorale della provincia di Livorno*. Prov. Livorno, 34 pp.
- BERTINI M., CENTAMORE E., JACOBACCI A. & NAPPI G. (1969) - *Note Illustrative della C.G.I. scala 1: 100.000, f. 127 Piombino*. Serv. Geol. It., 66 pp.
- BIAGI V. & CORSELLI C. (1978) - *Contributo alla conoscenza della malacofauna di un fondo S.G.C.F. (Pèrès-Picard)*. 1964. Conchiglie, 14 (1-2), 1-21.
- BLANC A. C. (1953) - *Sull'origine del materiale da costruzione adoperato nella necropoli arcaica di Populonia*. Studi Etruschi, 9, 271-275.
- BRANDI G. P., DALLAN L., LAZZAROTTO A., MAZZANTI R., SQUARCI P., TAFFI L. & TREVISAN L. (1968) - *Note illustrative della C.G.I. scala 1: 100 000, f. 119 Massa Marittima*. Serv. Geol. It., 65 pp.
- BRANDI G. P., SQUARCI P. & TAFFI L. (1966) - *Contributo alla conoscenza delle formazioni alloctone della Toscana Marittima. Il flysch terziario (Formazione dell'Alberese) di Campiglia Marittima (prov. di Livorno)*. Boll. Soc. Geol. It., 85 (3-4), 591-605.
- CASTANY G. (1967) - *Traité pratique des eaux souterraines*. Dünod, Paris, 661 pp.
- CEFFA L. & GNACCOLINI M. (1976) - *Il litorale toscano tra Rosignano Solvay ed il Golfo di Baratti*. In: «Area campione Alto Tirreno, Quad. Ric. Sc.», 92, 64-72.
- CELESTRE P., CORTEMIGLIA G. C. & LUPA PALMIERI E. (1976) - *Meteorologia e mareografia*. In: «Area campione Alto Tirreno, Quad. Ric. Sc.», 92, 12-20.
- CORSELLI C. (1981) - *La tanatocenosi di un fondo S.G.C.F.* Boll. Malac., 17 (1-2), 1-26.
- CORTEMIGLIA G. C. (1978 a) - *Le modificazioni dell'assetto strutturale del litorale di Lavagna quale fattore erosivo della spiaggia*. Mem. Soc. Geol. It., 19, 369-380.
- CORTEMIGLIA G. C. (1978 b) - *Valutazione quantitativa della variazione di fondale tra la foce del Magra ed il porto di Marina di Carrara ed individuazione dei principali assi di transito litoraneo*. Mem. Soc. Geol. It., 19, 407-419.
- FEDELI F. (1983) - *Populonia, storia e territorio*. All'Insegna del Giglio, Firenze, 444 pp.
- GABBANI G. (in stampa) - *Dati preliminari su di una indagine geoelettrica nella Pianura di Piombino (prov. di Livorno)*. Quad. Museol. Storia Nat. Livorno, 4.
- GALIBERTI A. (1964) - *Giacimenti preistorici all'aperto sul Promontorio di Piombino*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat. Mem., 71, 17-32.
- GALIBERTI A., GIANNELLI L., MAZZANTI R., MAZZEI R., SALVATORINI G. & SANESI G. (1980) - *Schema stratigrafico del Quaternario della zona compresa fra Castiglioncello, Guardistallo, S. Vincenzo (Toscana Marittima)*. Atti 23° Riun. Scient. Ist. It. Preist. Protost., Firenze 7-9 Maggio 1980, 499-509.
- GASPERI G. (1966) - *Rinvenimento di una fauna oligocenica nel Macigno del promontorio di Piombino (Livorno)*. Atti Soc. Nat. Mat. Modena, 97.
- GASPERI G. (1968) - *Geologia del promontorio di Piombino (Livorno)*. Mem. Soc. Geol. It., 7, 11-28.
- GIANNELLI L., LAZZAROTTO A. & MAZZANTI R. (1965) - *Stratigrafia delle formazioni alloctone della Toscana Marittima. 2. - Studio geologico e micropaleontologico di una sezione fra Sassetta e Monteverdi Marittimo (f. 119 Massa Marittima)*. Boll. Soc. Geol. It., 84 (3), 1-54.
- LAZZAROTTO A. (1967) - *Geologia della zona compresa fra l'alta valle del Fiume Cornia ed il Torrente Pavone (prov. di Pisa e Grosseto)*. Mem. Soc. Geol. It., 6 (2), 151-197.
- LAZZAROTTO A. & MAZZANTI R. (1976) - *Geologia dell'alta Val di Cecina*. Boll. Soc. Geol. It., 95, 1365-1487.
- MARTELLI M. (1981) - *Scavo di edifici nella zona «industriale» di Populonia*. L'Etruria Mineraria, Atti 12° Conv. Studi Etruschi Italic, 161-172.
- MAZZANTI R. (1980) - *Foglio 127 - Piombino*. Contributi alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia, Pubbl. 356 Progetto Finalizzato Geodinamica, 1120-1122.
- MAZZANTI R. (in stampa) - *Il punto sul Quaternario della fascia costiera e dell'Arcipelago di Toscana*. Boll. Soc. Geol. It., 102.
- MAZZANTI R. & PAREA G. C. (1977) - *Erosione della «Panchina» sui litorali di Livorno e di Rosignano*. Boll. Soc. Geol. It., 96, 457-489.
- MAZZANTI R., PRANZINI E. & TACCINI S. (1980) - *Studi di Geomorfologia costiera: VII - Variazioni della linea di riva dal Pleistocene medio-superiore ad oggi, caratteristiche sedimentologiche e stato delle associazioni vegetali del litorale di San Vincenzo (Toscana)*. Boll. Soc. Geol. It., 99, 341-364.
- MORI A. (1955) - *Il clima d'Italia*. Libreria Goliardica, Pisa, 90 pp.
- SCHMIEDT G. (1972) - *Il livello antico del Mar Tirreno, testimonianze dei resti archeologici*. Arte e Archeologia, studi e testimonianze, 4.