

UNA PALEOSPIAGGIA TRA VOLTRI E PALMARO (GENOVA): EVIDENZE SEDIMENTOLOGICHE E MORFOLOGICHE

L. Carobene - M. Firpo

Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Genova, Genova

RIASSUNTO - *Una paleospiaggia tra Voltri e Palmaro (Genova): evidenze sedimentologiche e morfologiche.* - Il Quaternario, 7(1), 1994, 123-138. Durante i lavori di sbancamento per la costruzione del nuovo svincolo autostradale tra Voltri e Palmaro (Autostrada Genova - Savona) sono stati condotti rilevamenti geologici e morfologici ed esaminate le stratigrafie di dodici perforazioni. L'analisi morfologica del substrato ha evidenziato due distinte piattaforme di abrasione marine fossili; esse sono intagliate in rocce verdi metamorfiche appartenenti al "Gruppo di Voltri" e indicano due antiche linee di riva. L'esame stratigrafico e sedimentologico dei depositi ghiaioso-sabbiosi messi in luce dagli scavi sulla piattaforma più alta ha permesso di riconoscere una spiaggia fossile e la sovrastante copertura continentale. Sono state effettuate poi considerazioni sull'età dei due livelli marini, corrispondenti alle due piattaforme di abrasione, tenendo conto delle attuali conoscenze sulle antiche linee di riva della Liguria, e quindi sui tassi di sollevamento subiti fino ad oggi. L'esame dei sedimenti marini e continentali ha permesso infine di ricostruire a grandi linee la storia evolutiva dell'area durante il Pleistocene medio-superiore.

ABSTRACT - *A paleobeach between Voltri and Palmaro (Genoa, Italy): sedimentological and morphological evidence.* - Il Quaternario, 7(1), 1994, 123-138. During the excavation works for the construction of the highway new turn-off between Voltri and Palmaro (tract between Genoa and Savona in Liguria, northern Italy), geological surveys were carried out and cores of 12 boreholes were examined. Morphological investigations in the field and on maps were also made. Stratigraphical and sedimentological analyses of the deposits come to light during excavations, have allowed to recognize a paleobeach and the overlying continental cover. A sand-and-gravel deposit (maximum thickness in the order of 5 m) forms the beach: the continental deposit is made up of sand-and debris-flows, changing upward into colluvium and talus breccia. Morphological analyses of the substratum have shown the presence of two marine fossil abrasion platforms and of another one of present age. The highest platform can be seen between 12 and 16 m a.s.l.; the other between 5 and 7 m a.s.l. Fossil platforms, carved on metamorphic green rocks of the "Voltri Group" evidence two ancient coastlines which correspond to distinct interglacial periods. As to the age of the old marine deposits, it can be assumed, on the basis of present knowledge on the Liguria ancient shorelines and on the uplift rates recorded up to now, that the highest deposit corresponds to stage 11 (or 11 + 9) and the lowest one to stage 5. The evolutionary history of the area from middle-upper Pleistocene to now-a-days has been traced on the basis of analyses on marine and continental deposits.

Parole chiave: Paleospiaggia, antiche linee di riva, morfologia costiera, sedimentologia, Pleistocene, Liguria.
Key words: Paleobeach, abrasion platform, ancient shorelines, morphology, sedimentology, Pleistocene, Liguria

1. PREMESSA

Lo studio delle morfologie e dei depositi legati all'azione del mare risale in Liguria al secolo scorso: è del 1883 infatti la nota di Issel dal titolo "*Antiche linee litorali della Liguria*", uscita sul primo volume del Bollettino della Società Geologica Italiana. "...La loro cognizione", scrive l'autore, "...mi sembra un elemento non lieve per rintracciare le vicende subite dal territorio..."; egli riprenderà l'argomento nel 1911, con la nota "*L'evoluzione delle rive marine in Liguria*". L'interesse per questo argomento è confermato successivamente dal Rovereto nella ponderosa Memoria del 1939 "*Liguria geologica*", dove sono raccolti e descritti, oltre ai dati precedenti, le sue personali osservazioni riguardanti grotte, solchi, fori di litodomi, terrazzi e depositi marini costieri.

Nonostante questa antica tradizione, e per quanto altri ricercatori abbiano successivamente fornito ulteriori elementi descrittivi, l'unica linea di riva effettivamente datata rimane in Liguria il Tirreniano a *Strombus bubonius* delle grotte dei Balzi Rossi presso Ventimiglia.

Bisogna pertanto constatare che, a tutt'oggi, la conoscenza sulle antiche linee di riva è ancora molto scarsa. Purtroppo l'intensa urbanizzazione della fascia costiera, massima sulle superfici piane (terrazzi), non favorirà certo le future ricerche.

Debbono quindi essere ripresi gli studi che Issel aveva con genialità iniziato già nel secolo scorso, rinnovandone le metodologie; queste ultime dovranno comprendere anche collegamenti con gli altri aspetti morfologici del paesaggio e con l'evoluzione geodinamica dell'intera area. Occorre abbandonare i vecchi criteri classificativi e tenere maggiormente conto del grande ruolo delle oscillazioni eustatiche del Quaternario legate alle variazioni climatiche globali, come ha evidenziato l'analisi delle carote marine profonde.

Lo studio della spiaggia fossile di Voltri vuole essere pertanto un tentativo di adeguamento a questa nuova ottica di lavoro; purtroppo la mancanza di fossili marini non ha permesso né osservazioni paleontologiche, né analisi geochimiche utilizzabili per determinazioni cronologiche.

2. ASPETTI MORFOLOGICI E GEOLOGICI DELL'AREA IN ESAME

2.1 Morfologia

In base alle evidenze morfologiche è stato possibile evidenziare la paleospiegna di Voltri - Palmaro (Tav. 1); essa si estende per circa 5 km tra un lungo tratto di costa alta che, ad occidente, inizia subito a SW del T. Cerusa, ed il breve tratto di costa alta, ad oriente, in corrispondenza del versante meridionale del Bric Castellaccio, oltre il quale, si sviluppa la piana di Pegli-Sestri Ponente.

Appare evidente il parallelismo tra la paleospiegna e la configurazione geografica antecedente ai lavori per la costruzione del porto di Voltri (Fig. 1), in quanto (come risulta bene dalle vecchie carte IGM al 25000) lungo questo tratto di costa si estendeva una spiaggia continua di età olocenica che era ed è alimentata da numerosi corsi d'acqua. A partire da occidente ricordiamo il T. Cerusa e T. Leiro (i più importanti), il Rio Madonette, T. Branega, T. Foce, R. San Michele e il R. Sant'Antonio (Fig. 2).

A due chilometri dalla costa la quota dei crinali, che costituiscono gli spartiacque tra i sopraccitati corsi d'ac-

qua, varia tra 250 e 370 m; i corsi d'acqua sono molto incisi e scorrono in valli a "V" generalmente molto strette. A occidente, i torrenti Cerusa e Leiro, separati da uno stretto crinale rettilineo con andamento circa NW-SE, hanno fondovali abbastanza larghi e molto bassi (circa 15 m sul livello del mare ad 1 km dalla foce); sul crinale sono riconoscibili spianate a circa 114 m sul livello del mare (Villa Galliera).

Procedendo verso Est, un altro importante corso d'acqua è il torrente Branega; il suo alveo è più stretto e più inclinato dei precedenti: a 1 km dal mare la sua quota è infatti di circa 35 m. Tra il T. Branega e il T. Leiro sfociano due corsi d'acqua minori che delimitano la zona studiata (Fig. 2); essi scendono dal versante meridionale del M. Amandolo (351 m) con alveo molto inclinato (circa 125 m sul livello del mare ad 1 km dalla costa). Ancora più ad Est il T. Foce, meno importante del T. Branega, risulta dalla fusione di due corsi d'acqua minori che scorrono in valli strette e profonde; il crinale che li separa presenta una culminazione a quota 117 m (Torrazza). Il crinale tra i torrenti Branega e Foce si sviluppa per un lungo tratto suborizzontale, con culminazione a quota 125 m (Bric Bacciocco). Infine il settore più orientale dell'area



Fig. 1 - Fotografia aerea obliqua dell'area studiata eseguita nel 1991. I simboli sono gli stessi della Fig. 3: a = Autostrada; f = Ferrovia; 2 = zona a monte dell'Autostrada, in cui è visibile lo scavo s1 parallelo alla costa; 3 = area compresa tra Autostrada e Ferrovia, in cui è ancora parzialmente visibile lo scavo s2, ortogonale alla costa; 4 = area di riempimento con materiale di riporto; la situazione è modificata rispetto a quella raffigurata in Fig. 3. Sullo sfondo l'abitato di Palmaro.

Oblique aerial photograph of the study area in 1991. Symbols as in Fig. 3: a = highway; f = railroad; 2 = the zone upstream of the highway with excavation s1, which is that parallel to the coast; 3 = the zone between highway and railroad where excavation s2, that was located normal to the coast is partially visible, 4 = area filled with embankment material for the construction of the Voltri new harbour; this morphological configuration is modified with respect to the one shown in Fig. 3. In the background the built-up areas of Palmaro.

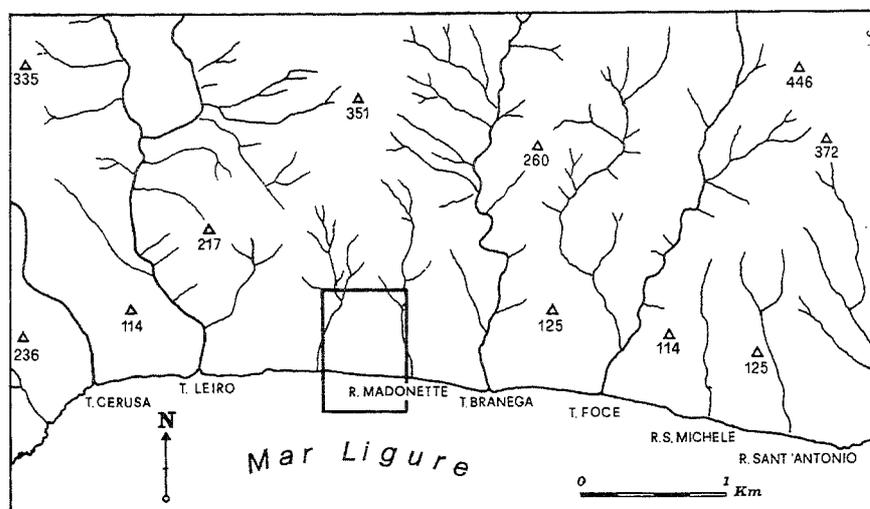


Fig. 2 - Idrografia dell'area dove è stata riconosciuta la paleospiegna pleistocenica. I corsi d'acqua (ricavati dalla vecchia carta IGM al 25000) presentano forti differenze tra loro per quanto riguarda l'inclinazione e la lunghezza del profilo longitudinale, la larghezza dell'alveo, la pendenza dei versanti vallivi. I caratteri morfologici della rete idrografica e la presenza di relitti di superfici terrazzate a 125 m sul mare testimoniano il sollevamento pleistocenico dell'area.

Drainage pattern of the area of the Pleistocene paleobeach (Plate 1) Watercourses (as drawn on the 1:25,000 IGM map) greatly differ from one another in slope and length of longitudinal profile, riverbed width, and slope of valley sides. Morphological features of the hydrographic net and relics of a terrace at the elevation 125 m a.s.l. suggest an uplift of the area in Pleistocene times. The inset shows the location of the study area (detail in Fig. 3).

esaminata presenta ancora due corsi d'acqua minori, il Rio S. Michele, molto inciso e privo di affluenti, e il Rio Sant'Antonio che ha la particolarità di avere la "valle sospesa": a 400 m dal mare la quota dell'alveo è infatti a circa 55 m; ad 1 km dal mare la quota è di circa 90 m. Un crinale stretto e allungato lo separa dal Rio S. Michele, con culminazione a 125 m sul livello del mare.

Il quadro morfologico sopra delineato, anche se schematico e sintetico, evidenzia uno sviluppo dell'idrografia disomogeneo, probabilmente perché differenziato nel tempo. Inoltre l'inclinazione dei versanti vallivi indica una forte energia del rilievo, legata con molta probabilità a sollevamenti recenti dell'area. Questa ipotesi è del resto confermata dai relitti di una superficie terrazzata a 125 m sul livello del mare.

Un altro aspetto interessante dell'area è stato il riconoscimento di più episodi pedogenetici. In particolare la pedogenesi interessa i depositi marini più recenti affioranti al punto s4 (Fig. 3), i depositi marini più antichi dell'unità D affioranti al punto s1 (Fig. 3) e i depositi continentali affioranti al punto s2 (Fig. 3 - Fig. 16).

2.2 Geologia

L'area è caratterizzata dalla presenza di litotipi appartenenti al Gruppo di Voltri, segmento più meridionale delle Alpi Liguri, all'interno del quale ritroviamo numerose "Unità strutturali elementari" (Chiesa *et alii*, 1975) individuate in base ai "caratteri petrografici e alle relazioni tettoniche"; tutte le litologie sono riconducibili ad una classica associazione ofiolitica a peridotiti, gabbri e basalti, trasformata a seguito di una complessa serie di eventi metamorfici in serpentiniti, metagabbri e metabasiti.

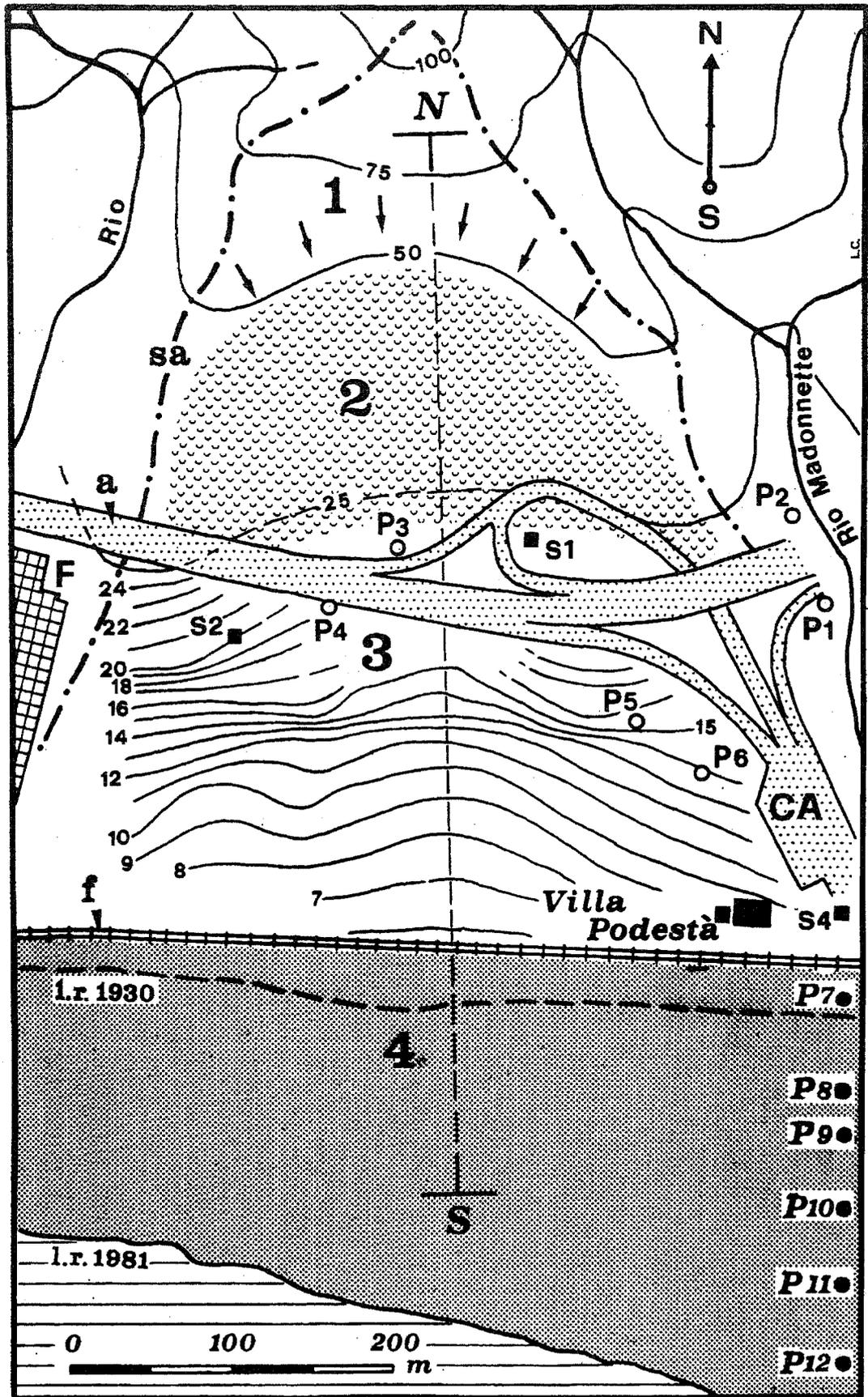
La copertura sedimentaria di età Giurassico-Cretacea, costituita da pelagiti silicee e carbonatiche, viene anch'essa trasformata in quarzoscisti e calcescisti. Il sito in esame poggia sull'unità Palmaro-Caffarella rappresentata soprattutto da metabasiti e calcescisti s.l.

La tettonica quaternaria che emerge dall'analisi bibliografica ligure indica, a grandi linee, un regime di subsidenza nelle aree a mare, caratterizzata dalla presenza di faglie dirette che originano Horst e Graben (Fanucci & Nosengo, 1979); viceversa l'entroterra manifesta (o ha manifestato) sollevamento, probabilmente crescente verso l'interno e differenziato in settori da faglie circa N-S o perpendicolari alla costa. Mentre la piattaforma continentale ligure indica una sedimentazione plio-quaternaria molto attiva, dalla quale si possono evidenziare anche diversi cicli correlabili con le regressioni e trasgressioni pleistoceniche (Fanucci *et alii*, 1977), la fascia costiera si presenta invece terrazzata e i depositi marini (escluse le ridotte coperture dei terrazzi) sono praticamente assenti.

L'analisi geomorfologica e le quote di affioramento del Pliocene fanno ritenere che l'innalzamento costiero sia (o sia stato) crescente verso Ovest; anche la sismicità del Mar Ligure è più evidente a Occidente che a Ponente (Fanucci & Nicolich, 1986).

Nell'area di Voltri, in particolare, il sollevamento ha originato sistemi di faglie N-S, E-W, NW-SE riconoscibili anche da un'analisi geomorfologica; la loro età, in mancanza di studi di dettaglio, è genericamente plio-quaternaria.

L'esistenza del sollevamento è dimostrata da lembi terrazzati relitti che, nell'area di Voltri, sono sicuramente riconoscibili fino a 160 m di quota (Rovereto, 1939); secondo questo Autore la loro età è "siciliense" (*sensu* Doderlein, 1872), come per il più noto terrazzo di Aren-



zano. Ma l'Autore segnala per la Liguria anche terrazzi più alti, fino a 450 m, che assegna al "calabrense" (*sensu* Gignoux, 1910). Secondo Cortemiglia (1983), invece, i terrazzi a +120 m sono del "calabriano". In ogni caso l'analisi dei terrazzi evidenzia un sollevamento più o meno marcato durante il Pleistocene.

3. LA STRATIGRAFIA DEI DEPOSITI

La successione stratigrafica è stata ben osservata in coincidenza di due sbancamenti s1 ed s2 (Fig. 3) dove è affiorato anche il basamento metamorfico; numerose altre osservazioni, effettuate in tutta l'area dei lavori, hanno inoltre permesso di acquisire ulteriori dati sia sui depositi marini sia su quelli continentali. La descrizione delle strutture sedimentarie è stata favorita dal fatto che la sezione s1 era costituita da una parete di scavo lunga circa 50 m disposta E - W, cioè parallelamente alla paleolina di riva; la sezione s2 al contrario era costituita da due pareti di scavo (trincea) lunghe circa 30+40 m e disposte NNE - SSW e NS (Fig. 1). Strutture sedimentarie simili a quelle osservate sono state descritte da Parea e Valloni (1983), da Massari *et al.* (1986) e da Massari & Parea (1988); a questi pertanto si è fatto particolare riferimento per l'interpretazione del deposito.

La stratigrafia, data la buona omogeneità delle ca-

ratteristiche osservate, è rappresentabile con un'unica successione suddivisa, per comodità descrittiva, in quattro unità marine (A, B, C, D) ed una continentale (E) (Fig. 4 e 5).

Unità A - Costituisce la base del deposito marino che ha trasgredito sul substrato metamorfico (Fig. 6). L'orizzonte ha spessore variabile, anche superiore al metro. È costituita da clasti di rocce metamorfiche e subordinatamente, da calcari, aventi un buon arrotondamento e discreta sfericità; il deposito non è classato e presenta i clasti più grossi alla base, con diametro fino a 30 cm, che riempiono tasche nella superficie irregolare del substrato (Fig. 7). La matrice è costituita da ciottolotti eterometrici con diametro variabile da 2 mm a 1 cm; la sporadica embriciatura dei ciottoli è prevalentemente verso mare, verso l'alto il deposito diventa chiaramente stratificato (Fig. 5) con frequenti ciottoli appiattiti disposti parallelamente agli strati. Questa unità dovrebbe costituire la base della trasgressione, quando il moto ondoso selezionava e arrotondava i clasti, di natura anche diversa dal substrato. La rapida diminuzione granulometrica verso l'alto dovrebbe inoltre testimoniare una diminuzione dell'energia nel tempo e quindi un approfondimento del fondale.

Unità B - Lo spessore di questo orizzonte è di circa 2 m nella sez. s2 (Fig. 8) e di circa 1.5 m nella sez. s1;

Fig. 3 - Caratteristiche geomorfologiche ed ubicazione degli elementi utilizzati per lo studio dell'area compresa tra i due spartiacque (sa) e la Ferrovia (f). Legenda: 1) Area a monte, in cui affiorano rocce verdi del Gruppo di Voltri, che ha fornito il materiale detritico accumulatosi nell'area 2. Le frecce indicano le direzioni di movimento del detrito. L'inclinazione massima di questo tratto di versante (compreso tra 50 e 100 m di quota) è di 45°. 2) Area di massimo accumulo del materiale detritico, che può raggiungere i 10 m di spessore. Il deposito è più ricco in matrice limosa nella parte bassa, dove ha caratteristiche di colluvium. Attualmente la zona è fortemente antropizzata (Fig. 1). L'inclinazione di questo tratto di versante (compreso tra 25 e 50 m di quota) varia tra 10° e 12°. 3) Area interessata dai lavori del nuovo svincolo autostradale di Voltri; dalle carte al 5000 e dai rilievi del Cantiere è stato possibile tracciare isoipse con equidistanza di 2 m. Scavi e perforazioni a carotaggio hanno permesso di riconoscere il substrato roccioso e la copertura sedimentaria costituita in basso da ghiaie e sabbie marine (vedi Fig. 4) e da detrito limoso continentale in alto. L'inclinazione media tra le isoipse 6 e 25 m è di circa 4°; 4) Area di accumulo recente di materiale detritico di riporto, causato da discariche effettuate per la costruzione del Porto di Voltri a partire dal 1988. La spiaggia esistente prima dell'inizio di questi lavori è quella che compare nella vecchia tavoletta IGM. a) Autostrada Genova-Savona prima dei lavori per il nuovo svincolo. CA) Casello autostradale di Voltri, che delimita l'area a Est. F) Fabbrica che delimita l'area a Ovest. f) Linea ferroviaria Genova-Ventimiglia; immediatamente a Nord della Ferrovia corre la S.S. Aurelia. l.r. 1930). Linea di riva ricavata dalla Tavoletta Voltri F. 82 II N.O. dell'IGM, Ediz. 3. l.r. 1981). Linea di riva ricavata dalla Carta Tecnica al 5000 n. 213 144 della Regione Liguria. N-S). Traccia della sezione geologica (vedi Fig. 14). P1, P2, ..., P6) Perforazioni a carotaggio continuo eseguite dalla ditta SPEA nel 1990, e utilizzate per la valutazione della quota del substrato roccioso (vedi Fig. 14). P7, ..., P10) Perforazioni a carotaggio continuo eseguite nel 1989. s1, s2, s4) Scavi effettuati per le opere autostradali; gli scavi s1 ed s2 hanno raggiunto il substrato roccioso. sa) Traccia degli spartiacque dei due rii che delimitano l'area a occidente e ad oriente.

Geomorphological features and location of the elements used in studying the area between the two watersheds (sa) and the railroad (f). Legend: 1) upstream area where green schists and calcschists of "Voltri Group" outcrop. The "Voltri Group" is the debris source in area no 2. Arrows indicate the debris displacement direction. The maximum inclination of this slope element (between 50 and 100 m) is 45°. 2) Zone of maximum debris accumulation; thickness may be up to 10 m. The lower part of the deposit is rich in a silty matrix resembling a colluvial deposit. At present, the area is densely populated (Fig. 1). Inclination of this portion of slope (between 25 and 50 m) is 10°-12°. 3) Zone covered by the construction works of the Voltri highway new turn-off. Two-meter equidistant contour lines have been obtained from the 1:5,000 maps prepared on the basis of road yard levelling. Excavation and coring have given details on the rocks of the substratum and on the sedimentary cover; this is made up (from bottom to top) of marine gravel and sand (see Fig. 4) and continental silty debris deposits. Average inclination between contour lines 6 and 25 m is about 4°. 4) Infilling area of recent dump waste material from the construction of Voltri port since 1988. The beach present in the site before the beginning of the highway works is shown in the IGM old topographic map. a) the Genoa-Savona Highway before the beginning of works for the new turn-off; CA) the Voltri toll gate delimiting the area on the east. F) factory delimiting the area on the west. f) Railway line Genoa-Ventimiglia; S.S. Aurelia develops just north of the railway. l.r. 1930) coastline, acc. to the I.G.M. Sheet 82 II NW Voltri, ed. 3. .r. 1981) coastline, acc. to the technical Map no. 213144 of "Regione Liguria". P1, P2, P6) coring boreholes drilled by SPEA Co. in 1990 used to evaluate the depth of the bed rock (see Fig.14). P7, P10) coring boreholes drilled in 1989. s1, s2, s6) excavations carried out for the highway works; excavations s1, and s2 crossed the substratum. sa) watershed line of the two rivers bordering the study area on the west and on the east.

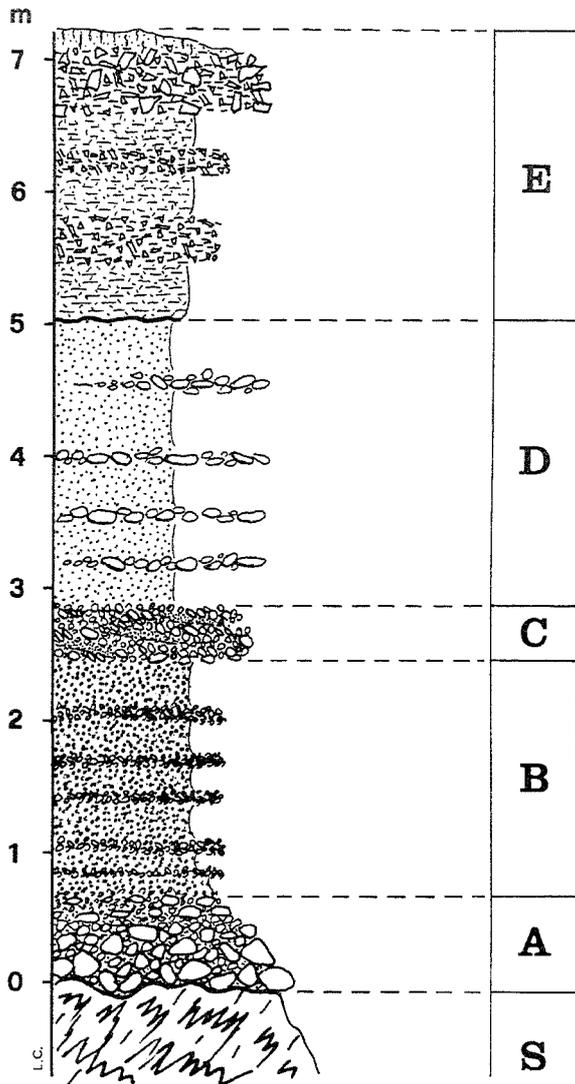


Fig. 4 - Colonna stratigrafica rappresentativa dei depositi marini e continentali quaternari, messi in luce dagli scavi per il nuovo svincolo autostradale di Genova - Voltri (1991). S rappresenta il substrato, costituito da metagabbri. A, B, C costituiscono la spiaggia sottomarina; in particolare in A compaiono ruditi trasgressive; in B alternanze ghiaiose di shoreface clinostatificate verso mare; in C ruditi a ciottoli spesso appiattiti ed embriciati di battigia (beachface). D rappresenta la spiaggia emersa sabbiosa con sottili livelli di tempesta; E è la copertura continentale costituita da alternanze di limi sabbiosi e di breccie limose; verso monte lo spessore aumenta ed il deposito passa a breccie di versante.

Stratigraphic log showing Quaternary marine and continental deposits brought to light by excavations carried out during the construction of the highway new Genova-Nervi turn-off in 1991. S is the metagabbro bedrock. A, B, C are the submarine beach: in A there is a transgressive rudite; in B shoreface gravel alternations controlled by wave motion; in C there is a rudite with beachface imbricated and (in general) flat pebbles. D is the emerged sandy beach displaying thin storm beach layers; E is the continental cover formed by alternated sandy silt and silty breccia deposits; the thickness of the deposit increases upwards, and the deposit itself changes into colluvium and slope breccia.

lo spessore diminuisce infatti verso monte. E' costituito da alternanze fitte di sabbie molto grossolane, passanti a ghiaietto fine con diametro di 2-4 mm, con ghiaie aventi diametri prevalenti inferiori a 2 cm; la diminuzione granulometrica rispetto all'orizzonte A è quindi evidente. Gli strati ciottolosi hanno spessore variabile da 5 a 15 cm, e tendono a chiudersi verso monte con una clinostatificazione verso mare a basso angolo (pochi gradi); in sezione parallela alla paleolinea di costa (sez. s1) hanno andamento a lente (Fig. 5). Gli strati presentano scarsa matrice e sono costituiti da clasti con arrotondamento e sfericità non molto elevata ma generalmente ben classati. I ciottoli appiattiti presentano embriciatura verso mare; a volte sono verticalizzati. Si tratta di un deposito di spiaggia sommersa (shoreface), in ambiente ad alta energia, dove gli strati più grossolani rappresentano episodi di tempesta.

Unità C - Orizzonte ruditico di spessore variabile, non superiore a 0.5 m nelle sezioni viste, che sembra diminuire verso monte. Il diametro prevalente dei ciottoli è di 5 cm; il diametro massimo è di 10 cm, con arrotondamento buono, ma scarsa sfericità; i ciottoli sono spesso appiattiti, con netta embriciatura verso mare (Fig. 9). Il deposito si presenta bimodale, in quanto all'interno di questo orizzonte si sviluppano sottili livelli lentiformi di sabbie grossolane o di ghiaietto fine, con ciottoli fino a 5 mm; verso l'alto la dimensione dei ciottoli diminuisce. Buono l'addensamento (Fig. 10); quasi assente la matrice. La facies descritta è indicativa di una battigia ciottolosa (ambiente di beach-face), dove l'azione del moto ondoso ha ben selezionato il materiale sia sotto l'aspetto della dimensione che della forma. I relitti di livelli sabbiosi all'interno del corpo ruditico testimoniano episodi di calma.

Unità D - Deposito prevalentemente sabbioso, con spessore massimo visibile di circa 2 m. Le sabbie sono grossolane, abbastanza ben classate, di color giallo ocra, disposte in strati di 30-40 cm, separati da sottili livelli ciottolosi che si chiudono verso monte. I clasti di questi livelli (Fig. 11) hanno diametri di 10-15 cm (al massimo 20 cm), forma spesso appiattita o allungata, e sono disposti paralleli alla stratificazione o embriciati verso mare (con angoli di 7° - 8°); non mancano tuttavia anche embriciature verso terra. Si tratta di un deposito con strutture di washover, dove cioè i livelli ciottolosi rappresentano episodi di mareggiate che andavano a ricoprire per un certo tratto la spiaggia emersa sabbiosa, lasciando sottili tappeti ghiaiosi.

Unità E - Essa ricopre, al di sopra di una superficie erosiva, il deposito marino descritto precedentemente, ed è sostanzialmente costituita da alternanze di limi sabbiosi e breccie limose (Fig. 12 e 13). Gli strati costituiti da limo sabbioso, di color ocra, hanno abbondante scheletro a clasti spigolosi di 1-3 mm di diametro e sono privi di gradazione. Gli strati costituiti da breccie hanno ab-

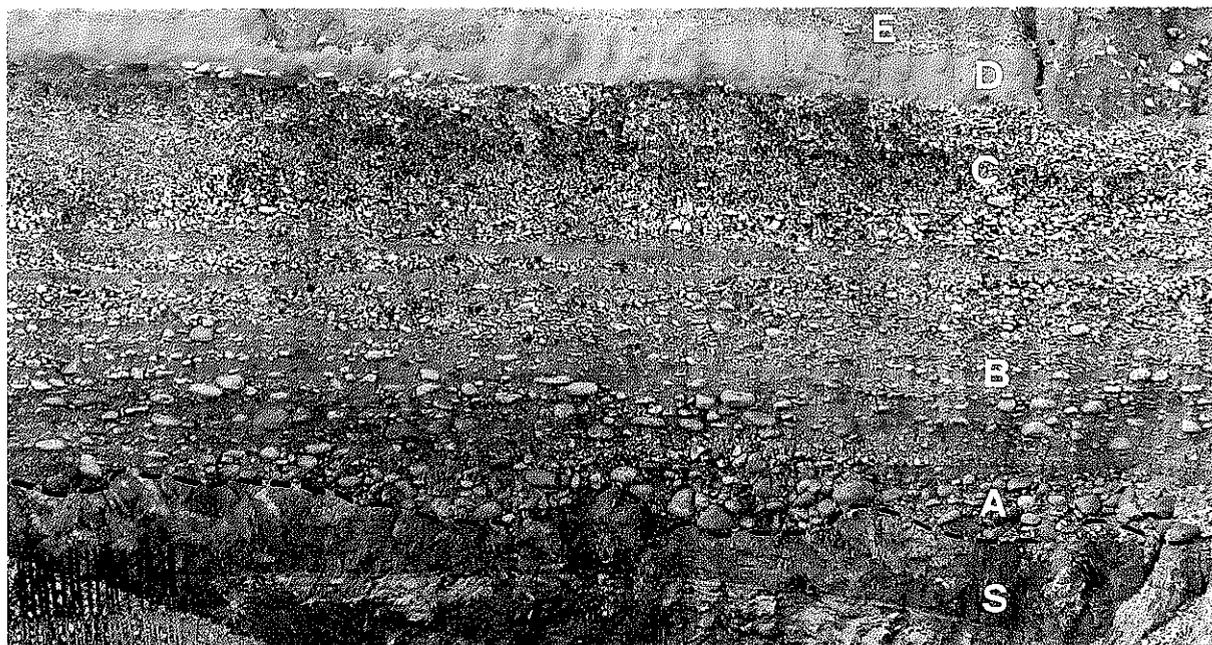


Fig. 5 - Veduta parziale dello scavo s1. La parete è orientata all'incirca E-W (sinistra-destra), cioè parallelamente alla paleolinea di costa; lo spessore dei sedimenti è di 4 m. Con riferimento alla Fig. 4: S = substrato metamorfico; A = ruditi basali trasgressive; B = alternanze di sabbie grossolane con livelli di ciottoli; C = orizzonte di ghiaie di battigia; D = sabbie grossolane pedogenizzate troncate in alto da una superficie erosiva; E = deposito continentale (*debris-flow*).

Partial view of excavation s1. Excavation wall is east-west oriented (left-right), i.e. parallel to coastline. Thickness of deposits is 4 m. Referring to Fig. 4: S = metamorphic bedrock; A = transgressive basal rudite; B = alternations of coarse sand and fine gravel with pebbles; C = layer of beach face gravel; D = pedogenized coarse sand; E = continental deposit (debris-flow).

bondante matrice limoso-sabbiosa; i clasti, costituiti da rocce metamorfiche del basamento, sono spigolosi ed hanno diametri di 1+2 cm, al massimo 3 cm; la gradazione è assente. Questa alternanza può ripetersi più volte, con strati di spessore variabile da 10 a 30 cm; la successione sembra chiudersi con un episodio più potente e più grossolano, costituito da brecce eterometriche, con clasti aventi dimensioni fino a 20 cm.

La potenza complessiva del deposito diminuisce verso mare (come documentato dai sondaggi); verso monte raggiunge probabilmente il valore massimo di 10 m (Fig. 14).- Le caratteristiche litologiche e strutturali fanno ritenere che il deposito descritto si sia formato da una successione di colate subaeree di fango e di detrito (*mud-flow* e *debris flow*) provenienti dal rimaneggiamento di depositi colluviali e detritici (brecce di versante) estesi più a monte. Questi flussi detritici si spandevano sulla superficie terrazzata ricoprendo il deposito marino, ormai parzialmente troncato dall'erosione, probabilmente in coincidenza con forti eventi piovosi.

4. MORFOLOGIA DEL SUBSTRATO ROCCIOSO METAMORFICO E VARIAZIONI EUSTATICHE

La morfologia del substrato, sul quale poggiano sedimenti marini e continentali, ha potuto essere ricostruita grazie soprattutto ai numerosi pozzi esplorativi e alle trincee s1 ed s2 (Fig. 3); tutte le osservazioni e le misure

sono state effettuate su una mappa alla scala 1:500 fornita dal Cantiere. I dati stratigrafici e le quote relative ai pozzi e agli scavi sopra citati sono stati riportati su una sezione N-S (Fig. 14), secondo una direzione di proiezione parallela alla linea di riva del 1930, supponendo tale linea parallela a sua volta a quelle più antiche; questa approssimazione sembra lecita osservando l'andamento generale della costa (Tav. 1).

Le quote del tetto del substrato desunte dai pozzi P2, P3, P4, P5 e misurato nelle due trincee s1 ed s2 hanno fornito 6 punti disposti su una retta inclinata di 1,6°, corrispondente ad una superficie molto regolare estesa tra 12 e 16 m circa di quota ed immergente verso mare (superf. I di Fig. 14).

Il pozzo P6 ha fornito un valore del *top* del substrato molto più basso del previsto (6,5 m s.l.m.), non allineato quindi con i punti precedenti; inoltre in corrispondenza dello scavo s4 è stato osservato un deposito ciottoloso, pedogenizzato, a circa 7 m s.l.m., con clasti arrotondati aventi diametri prevalenti di 5+10 cm. Si è ritenuto questo deposito simile all'unità A (Fig. 4), cioè un conglomerato trasgressivo poggiante direttamente sul substrato; del resto la stratigrafia del pozzo P6 mostra, al di sopra della roccia metamorfica del basamento, circa 1,4 m di ruditi, seguite da sabbie e ghiaietto fine. In base ai dati riportati è stata pertanto riconosciuta una seconda superficie (II in Fig. 14), sviluppata tra 6 e 7 m s.l.m., alla quale si è attribuita una inclinazione uguale a quella



Fig. 6 - Ruditi dell'Unità A (vedi Fig. 5) trasgressiva sul substrato metamorfico. I ciottoli, con dimensione massima di 10 cm nella foto, tendono ad appiattirsi ed a stratificarsi verso l'alto, passando all'Unità B.

Unit A rudite transgressive over the metamorphic bedrock (detail of Fig. 5). Pebbles, which have maximum size of 10 cm in the picture, become flatter and tend to a layered arrangement upwards. In this zone thickness of Unit A is less than 50 cm.

della superficie I.

Infine i sondaggi da P7 a P12 (Fig. 3) hanno fornito 6 punti quotati, misurati al passaggio tra roccia metamorfica e ghiaie sovrastanti, perfettamente allineati secondo una retta, inclinata verso mare di 1°, indicativa della superficie III di Figura 14 (in detta figura non sono riportati i due sondaggi più a mare). Le tre superficie sopra descritte sono state interpretate come altrettante piattaforme di abrasione marina.

In generale, la formazione delle piattaforme si può riferire ad una delle quattro cause sotto riportate:

1) azione di taglio operata dalle onde durante un lungo e stabile stazionamento marino;

2) fase finale del periodo trasgressivo cataglaciale, quando il livello marino tende lentamente a raggiungere la sua massima altezza;

3) oscillazioni di lieve entità, attorno ad una quota media, durante la fase di alto livello interglaciale. E' questo il caso attuale, con un alto livello che dura da circa 6000 anni, ma che ha subito nel tempo variazioni di alcuni metri dovute a modificazioni climatiche globali;

4) sovrapposizione di due o più alti livelli eustatici alla stessa quota.

A causa di queste diverse possibili origini, sembra logico ritenere che il rapporto altimetrico tra livello del mare medio (durante un periodo interglaciale) e la corrispondente piattaforma di abrasione non sia univoco e costante. Nel caso della piattaforma III (tardo-olocenica o postversiliana), si osserva come il margine interno sia più basso di 2÷3 m rispetto al mare medio attuale; nel caso della piattaforma I l'analisi dei rapporti tra il paleoli-

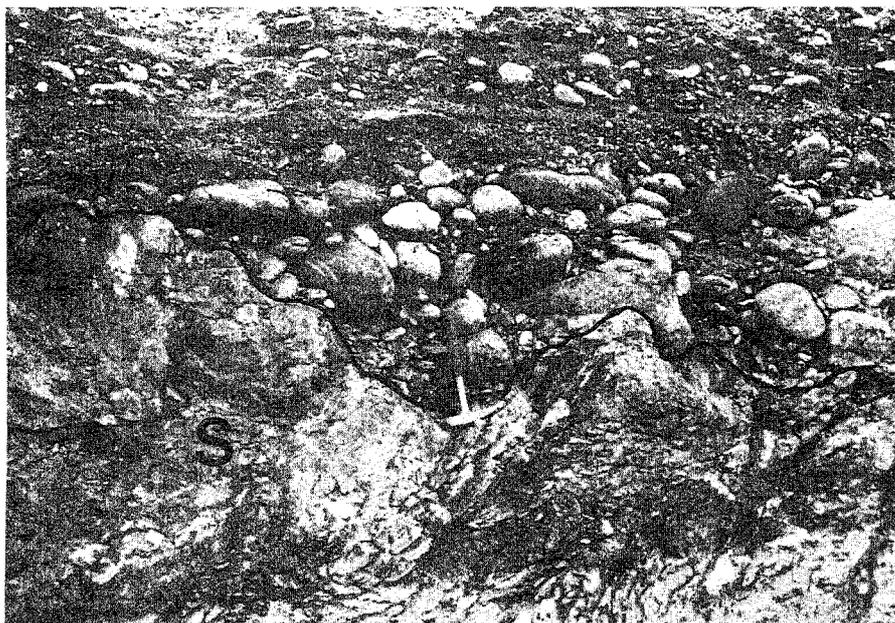


Fig. 7 - Substrato metamorfico S affiorante in corrispondenza dello scavo s1 (vedi Fig. 5). La superficie erosiva (evidenziata con linea nera) presenta tasche riempite da ciottoli arrotondati eterometrici, corrispondenti all'Unità A della Figura 4. Lo spessore dell'Unità A, che in questa zona è ridotto, aumenta verso mare.

Metamorphic bedrock S outcropping in excavation s1 (see Fig. 3) The erosion surface (highlighted by a bold line) shows "pockets" filled by rounded pebbles of various sizes representing Unit A of Figure 4. Thickness of Unit A is reduced in this zone and increases seawards.

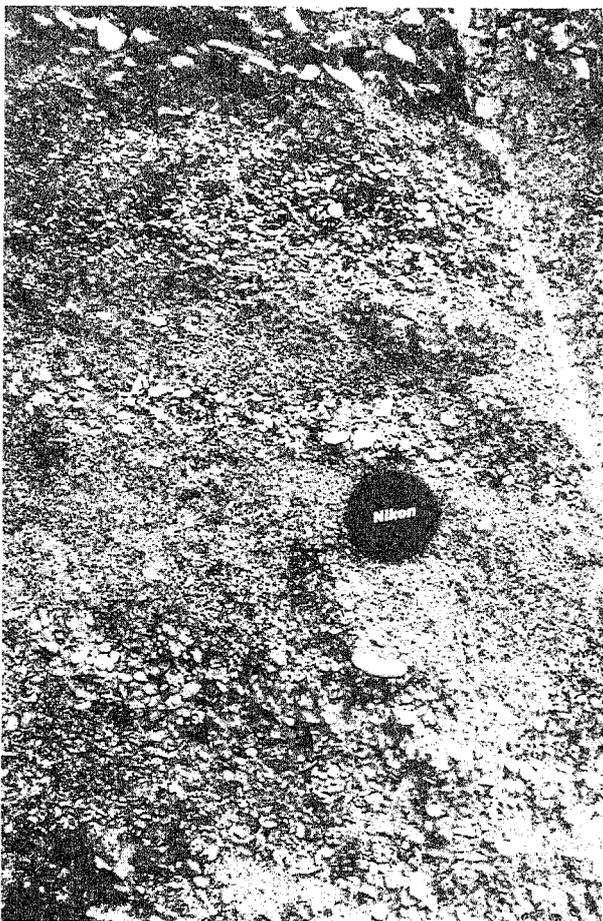


Fig. 8 - Alternanze di ghiaie molto fini con ghiaie a clasti aventi diametro fino a 2+3 cm (Unità B della Fig. 4). Gli strati si presentano privi di matrice, abbastanza classati e leggermente immergenti verso mare (a destra nella foto). In alto si scorgono i ciottoli più grossolani dell'Unità C.

Alternations of very fine-grained gravel and gravel composed of clasts with diameters up to 2+3 cm (Unit B of Fig. 4). Layers are washed out and well classed, they dip seawards 4°-7°. The largest pebbles of Unit C are visible in the upper part of the photo.

vello medio di stazionamento e la piattaforma è più difficile; essa richiederebbe la presenza di sicuri indicatori del livello-mare, come un solco di battente o un *trottoir* organogeno, ma, in generale, anche il margine interno di una piattaforma di abrasione viene ritenuto un buon indicatore del livello di stazionamento durante la fase trasgressiva. Nel caso della piattaforma I, l'intersezione del suo prolungamento con il profilo del versante fornisce una quota del margine interno di 16 m (Fig. 14).

Si può anche estrapolare verso monte il livello ghiaioso di battigia ossevato (unità C in Fig. 4) e misurato in corrispondenza degli scavi s1 ed s2; esso ha un'inclinazione di circa 2° e quindi (nel caso che tale valore sia costante) le ghiaie di battigia terminerebbero contro la paleofalesia (ora sepolta) a circa 18 m di quota. Questa tuttavia è la quota massima ipotizzabile per il paleolivello di stazionamento (quota relativa che dipende anche dal sollevamento subito dal settore costiero).

Un'ultima considerazione morfologica nasce dal-

l'osservazione di una "sporgenza" rocciosa affiorata durante i lavori di sbancamento, poco a monte del punto P5 (Fig. 3). Si tratta di un probabile scoglio, allungato in senso E-W per circa 7 m, radicato al substrato a 11,5 m, avente una quota massima di 16+17 m s.l.m. Il lato verso mare presenta un ampio incavo, con la superficie rocciosa ben lisciata dalle onde (Fig. 15); verso terra invece la parete è irregolare e senza incavo. L'origine dello scoglio è probabilmente imputabile ad una zona di maggior resistenza e durezza della roccia metamorfica.

5. GENESI ED ETA' DEI DEPOSITI MARINI E DELLE CORRISPONDENTI LINEE DI RIVA

La sequenza sedimentaria illustrata in (Fig. 4) evidenzia un deposito costiero trasgressivo-regressivo, che si è formato e che ha progradato durante un alto stazionamento marino; sulla base della sezione geologica (Fig. 14) la corrispondente linea di riva si può oggi collocare a 16 m circa sul l.m. Una conferma indiretta di questa ipotesi è la quota del limite superiore della paleospiegia emersa pari a 21 m. La quota massima dei depositi di spiaggia dipende infatti dall'altezza delle onde di tempesta che, come ha già messo in evidenza Rovereto (1939), determina nel Golfo Ligure " pianure litoranee, la

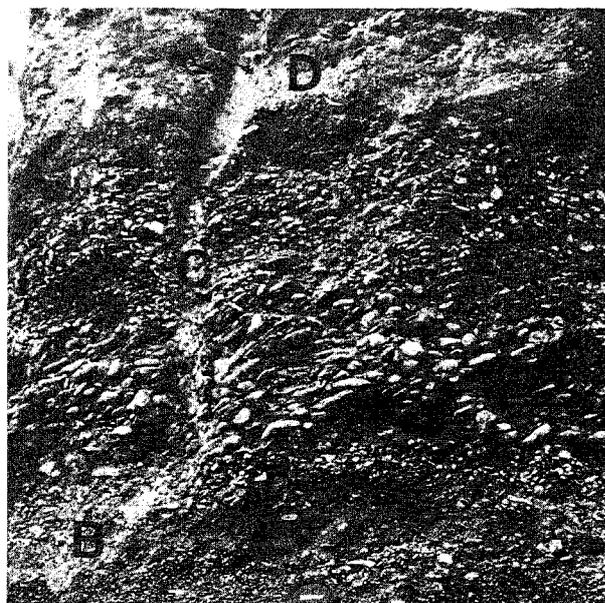


Fig. 9 - Aspetto dell'orizzonte ruditeo C (vedi Fig. 4) in corrispondenza dello scavo s2 (vedi Fig. 3). I ciottoli sono arrotondati e spesso appiattiti, con embriciatura verso mare (a sinistra); il diametro dei clasti diminuisce verso l'alto. L'orizzonte rappresenta il deposito di battigia, sovrastante alternanze di ghiaie (orizzonte B) di spiaggia sommersa e sottostante a sabbie (orizzonte D) di spiaggia emersa.

Aspect of rudaceous layer G (see Fig. 4) at excavation s2 (Fig. 3). Pebbles are rounded and flat and seawards-imbriated (towards the left); their size is smaller and smaller upwards. This bed is a beach face deposit overlying submarine-beach gravel alternations (horizon B) and underlying emerged-beach sand deposits (horizon D).



Fig. 10 - L'unità C, che costituisce la battigia ciottolosa, vista in sezione parallela all'antica linea di riva; l'embriciatura dei ciottoli non è pertanto qui osservabile. La tessitura parzialmente aperta e il forte addensamento dei clasti individuano un *packing* caratteristico. Lo spessore raffigurato è di circa 50 cm.

Unit C representing a gravelly beachface on a section parallel to the old coastline; the imbricated structure cannot thus be seen. A partially open packing and the very close arrangement of clasts individualize a typical packing. Thickness is here about 50 cm.

cui altitudine media è quella dell'onda⁹, cioè appunto 5 m, secondo i calcoli dell'Autore. Recenti studi di dettaglio (Tesi Rosso, 1993) hanno evidenziato che nelle zone di Voltri la berma di tempesta si pone a circa 4.5 m s. l.m. medio; pertanto la quota della paleolinea di riva a 16 m risulta confermata da questi dati.

La linea di riva immediatamente più bassa evidenzia, utilizzando sempre il criterio morfologico basato sulla quota del margine interno della piattaforma di abrasione (Fig. 14), un antico livello di stazionamento marino a circa 7 m s. l.m.

Esaminando il breve settore di costa compreso tra Genova e Cogoleto (lunghezza circa 25 km), ed escludendo di prendere in considerazione punti più lontani per non cadere in errori derivanti dalla tettonica recente, si ottengono numerose conferme di queste due antiche linee di riva: Issel (1883) e Issel (1911) descrive un depo-

sito di sabbie e ghiaie affiorante a Voltri ponente, e correlabile con un analogo deposito ciottoloso visto a Villa Durazzo (Cogoleto), che raggiunge la quota di 16 m. Fanucci & Tedeschi (1982) segnalano un terrazzo a 12÷15 m di quota ad Arenzano; altre segnalazioni compaiono nella tesi Odino (1979): deposito di ciottoli a Genova Mulledo in Via Insurrezione, alla quota di 16 m; spianata a 10÷15 m, con probabili depositi, a Genova Prà in Via Ratto e, in Via Taggia, deposito sabbioso-ghiaioso di spiaggia a 16÷17 m; deposito di sabbie e ciottoli, poggiante su un substrato a 12 m e interessato in alto da suolo evoluto, a Genova Cornigliano, in Via Siffredi.

Per quanto riguarda invece la linea di riva più bassa, Issel (1883) segnala nel Porto Vecchio di Genova fuori di litodomi a +7 m e depositi di ghiaie stratificate appartenenti ad un'antica spiaggia, estesi tra +5 e +6 m a Cogoleto. Odino (1979) descrive un deposito ciottoloso a +7 m di quota nel porticciolo di Arenzano; infine Lamberti (1973) segnala un cordone litorale ciottoloso a 7 m di quota alla stazione di Voltri. Nessuna di tutte queste segnalazioni fornisce indicazioni valide in merito all'età delle due linee di riva, per mancanza sia di fossili significativi, sia di datazioni geochimiche.

Pertanto sulle età possono essere formulate solamente *ipotesi*, utilizzando i seguenti due criteri:

1) la linea di riva a 7 m è la più bassa mai segnalata tra Cogoleto e Genova, e quindi è con molta probabilità tirreniana (ultimo interglaciale); tale quota è di poco più alta di quella che questo alto livello eustatico aveva in origine, ovvero (probabilmente) + 5 m (Harmon *et al.*,

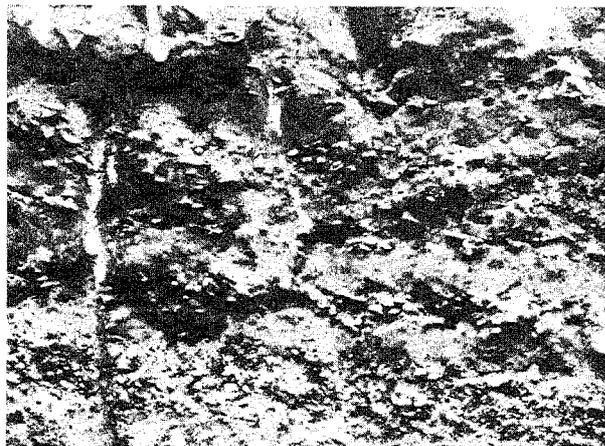


Fig. 11 - Orizzonte D (Fig. 4) costituito da sabbie grossolane color giallo-ocra, in strati di 30÷40 cm di spessore, separati da livelli ciottolosi inclinati di 5°÷8° verso mare; i clasti sono spesso allungati ed appiattiti. L'orizzonte rappresenta la spiaggia emersa, con livelli ciottolosi di tempesta. In basso è visibile l'orizzonte ruditico C.

Horizon D (Fig. 4). It is formed by coarse sand, yellow-ochre in colour, in layers 30÷40 cm thick separated from one another by beds of pebbles dipping 5°÷8° seawards; clasts may also have a flat and elongated shape. This horizon is representative of backshore including storm beach gravelly beds. Rudite of Horizon C in the lower part of the photo.

1981); ciò indicherebbe di conseguenza un basso tasso di sollevamento di questo settore costiero. La linea di riva immediatamente più alta deve quindi appartenere a un precedente livello interglaciale che sia compatibile, come quota originaria e come sollevamento subito, con l'attuale quota di 16 m. Dall'esame delle curve climatiche dell' ^{18}O ottenute da carote oceaniche (ades.: Sarnthein *et al.*, 1986; Shackleton, 1987 ecc.) si può dedurre che i maggiori picchi climatici corrispondono agli *stages* 9 e 11, ai quali si possono correlare alti livelli interglaciali paragonabili a quello dello *stage* 5e. Le quote originarie di questi due livelli si possono ricavare (con molta cautela): a) dall'analisi di successioni di terrazzi ben datati in aree a sollevamento costante (vedasi ad es.: Bloom *et*



Fig. 12 - Deposito clastico continentale, appartenente all'unità E (Fig. 4), che ricopre la spiaggia fossile. Il suo aspetto cambia da valle verso monte; in questo punto sono presenti alternanze di limi sabbiosi e di breccie limose (messe in evidenza dal tratteggio); in alto breccie eterometriche, con clasti di diametro fino a 20 cm. In basso è parzialmente visibile l'unità D del deposito marino.

Continental clastic deposit of Unit E (Fig. 5) covering the palaeobeach. The facies of the deposit changes uphill; this section shows a sandy silt deposit alternated with a silty breccia deposit (dashed area); upwards there is an unsorted breccia with clasts up to 20 cm in size. Toward the lower part of the section, there is Unit D of the marine deposit.

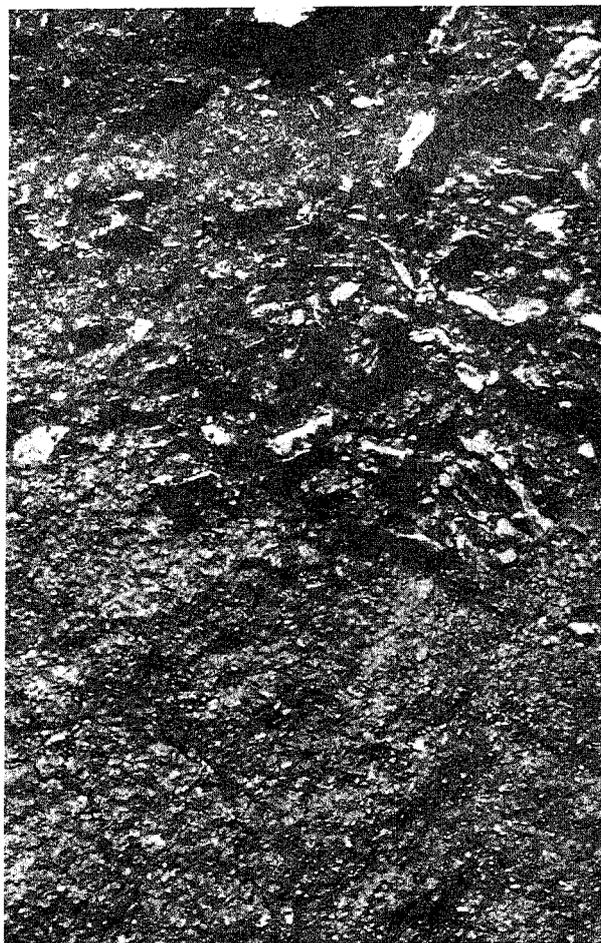


Fig. 13 - Particolare dell'unità E (parte basale). Sono visibili limi sabbiosi con aspetto omogeneo, ricoperti da breccie con clasti aventi diametro massimo di 2-3 cm immersi in matrice limosa.

Detail of Unit E (basal portion). We can distinguish a massive Sandy silt covered by a breccia deposit composed of elasts 2-3 cm in diameter embedded in a silty matrix.

al., 1974; Chappell & Veeh, 1978; Bender *et al.*, 1979); b) assegnando a variazioni del rapporto $\delta^{18}\text{O}$ corrispondenti variazioni del livello marino (Chappell & Shackleton, 1986; Shackleton, 1987). Da queste due analisi si deduce che la quota originaria degli alti livelli di stazionamento corrispondenti agli *stages* 9 e 11 è compresa tra 0 e 15 m s. l.m. attuale. Secondo Shackleton (1987), inoltre, l'interglaciale 11 è stato probabilmente il più caldo dell'ultimo milione di anni: la linea di riva di Voltri a +16 m si può quindi tentativamente correlare a questo picco eustatico.

2) Il secondo criterio utilizzabile per avere indicazioni sull'età delle due linee di riva di Voltri è quello di prendere in considerazione gli unici livelli sicuramente tirreniani presenti lungo la costa ligure.

Il Tirreniano a *Strombus bubonius* (Eutirreniano, corrispondente all'ultimo interglaciale, ovvero al *substage* 5e) è presente in alcune grotte dei Balzi Rossi (Grotte di Grimaldi, presso la frontiera italo-francese), e precisamen-

te: alla caverna del Principe (Issel, 1911; Rovereto, 1939) a +12 m; alla Barma Grande (Leonardi, 1934) a +12,5 m; al "Bauzu da Ture" (Balzo della Torre, ora distrutto) a +11 m; nella zona dell'ex Casinò (Vicino, 1976) a +8 m.

Linee di riva tirreniane *l.s.*, ma non chiaramente eutirreniane (in quanto prive di *Strombus*), vengono inoltre segnalate in alcune altre località, ma a quote minori di quelle precedenti: alla Grotta della Madonna dell'Arma, presso Sanremo (Fanucci, 1987), a +4 m; ad Alassio

(Oxilia & Vicino, 1986) a +5 m; a Capo Noli (Biancotti & Motta, 1989) a +6 m.

Il Tirreniano a *Strombus* compare quindi solamente ai Balzi Rossi alla quota massima di +12,5 m. Gli studi recenti di Neotettonica, che hanno preso in considerazione anche le quote di affioramento del Pliocene (Fanucci *et al.*, 1982), e le considerazioni già espresse da Rovereto (1939) basate su un esame generale di tutto il terrazzamento marino della costa ligure, fanno però rite-

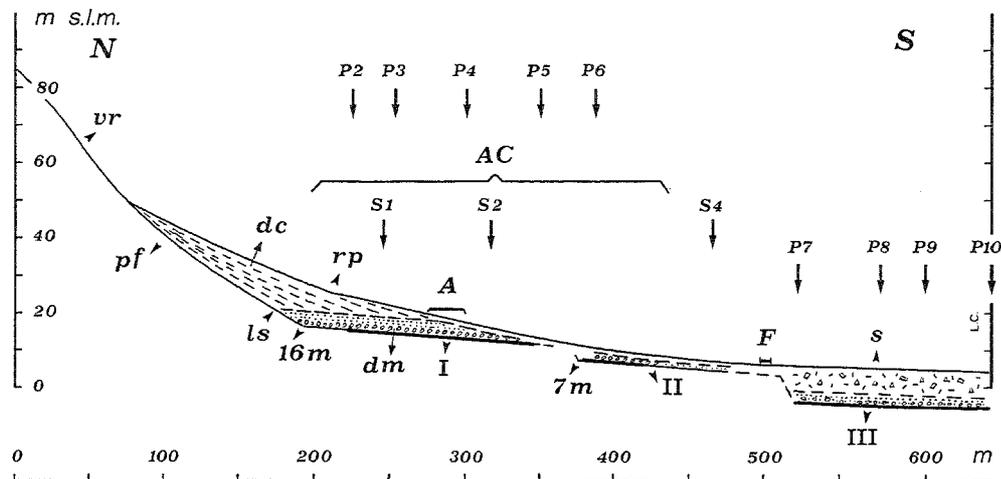


Fig. 14 - Sezione geologica N-S dei depositi quaternari di Voltri. A = Autostrada Genova-Savona; AC = area del cantiere interessata dai lavori per il nuovo svincolo dell'Autostrada; vr = versante in roccia; l'inclinazione del tratto rappresentato in figura è di 25°; dc = depositi continentali: detrito di versante a monte; colluvium ai piedi del versante; colluvium rimaneggiato e pedogenizzato a valle; dm = depositi marini: ghiaie e sabbie di spiaggia emersa e sottomarina. F = Ferrovia Genova-Ventimiglia. La linea ferrata corre in questo tratto a circa 6 m s. l.m.; ls = limite sepolto della paleospiaggia; rp = rottura di pendenza a circa 25 m s. l. m.; l'inclinazione del tratto a monte, interessato dai depositi di versante è di 11°; questa rottura marca in superficie il limite della paleospiaggia, limite che risulta però sepolto (vedi ls); s = "spiaggia" artificiale, che si estendeva a valle della ferrovia, in base ai rilievi della Carta Regionale del 1981; la sua larghezza era, in questo settore (Fig. 3), di 200÷300 m; la quota sul livello-mare di 5 m. Oggi la situazione si presenta modificata (vedi foto aerea). Una serie di sondaggi recenti (P7 - P8 - P9 - P10 ed altri che non compaiono in figura), hanno permesso di riconoscere: 1) una superficie di abrasione sulla quale poggiano circa 3 m di depositi marini, prevalentemente ciottolosi in basso e sabbiosi in alto; 2) il materiale detritico di riporto, che ha uno spessore di circa 6 m; P2, P3, ecc. = perforazioni che hanno fornito una stratigrafia dei depositi marini e continentali e la profondità del substrato roccioso. I dati relativi ai sondaggi sono stati gentilmente messi a disposizione dalla ditta SPEA (Gruppo IRI-Italstat); S1, S2, S3 = gli scavi S1 ed S2 sono stati effettuati nel corso dei lavori per la costruzione dello svincolo (vedi foto aerea) ed hanno raggiunto il substrato roccioso; lo scavo S4 fu effettuato invece durante l'ampliamento del vecchio ingresso autostradale (Fig. 3); I = piattaforma di abrasione marina in roccia (rocce verdi del Gruppo di Voltri), con quota del "margine interno" a 16 m; il tratto più marcato è stato riconosciuto dalle perforazioni P2, P3, ecc. e dagli scavi S1 ed S2. L'inclinazione di questo tratto di piattaforma è di 1.6°; II = piattaforma di abrasione marina in roccia, con quota del margine interno a circa 7 m; il tratto più marcato è stato riconosciuto con la perforazione P6; la sua inclinazione è stata posta uguale a quella precedente; III = piattaforma di abrasione olocenica in roccia, riconosciuta tramite i sondaggi P7, P8, P9 e P10. Essa è solo parzialmente rappresentata in figura; in realtà prosegue verso il largo e la sua larghezza totale è di almeno 250 m; la sua inclinazione è di 1°.

N-S geological cross section of Voltri Quaternary deposits. A = Genoa-Savona Highway; AC = area of the road yard included in the construction of the highway new turn-off; vr = rock slope; the inclination of the portion shown in the figure is 25°; dc = continental deposits: talus debris upstreams; colluvial deposits at the slope foot; reworked colluvial deposits, pedogenized seawards; dm = marine deposits: gravel and sand of either emersed or submerged beach; F = Railway line Genoa-Ventimiglia, located at el. 6 m a.s.l.; ls = paleobeach buried limit; elevation is about 21 m a.s.l.; pf = paleoclimb buried by talus debris deposits; rp = slope break at el 25 m a.s.l.; the inclination of the tract that is upward constituted by talus debris is 11°; the slope break marks the paleobeach limit on the ground surface; this limit is however buried (see ls); s = artificial "beach", which was emplaced downslope of the railway acc. to the 1981 Regional Map; in this portion was 200÷300 m wide (see Fig. 3) and at el. 5 m a.s.l. Now this local condition is different (see Fig. 1). New boreholes (P7 - P8 - P9 - P10) have shown the presence of: a) an abrasion platform covered by about 3 m thick marine deposits, which are rich in pebbles at the base and more sandy on top; b) about 6 m of filling materials; P2, P3, etc. = boreholes showing the stratigraphic succession of marine and continental deposits, and the depth of bedrock. Stratigraphic logs by courtesy of SPEA (IRI-Italstat Group). S1, S2, etc. = Excavations S1 and S2 made during the construction works of the highway turn-off (see aerial photo), crossed the bedrock; excavation S4 was made during enlargement works at the highway former station (Fig. 3); I = marine abrasion platform carved on green schist of the "Voltri Group"; inner margin is at 16 m above present sea level. The portion of the platform highlighted by a bold line has been recognized with boreholes P2, P3 etc. and in exavations s1 and s2; its inclination in this portion is 1.6°; II = marine abrasion platform carved on rock, its inner margin is about 7 m high a.s.l. This platform has been recognized with borehole P6 (portion with bold line), and its inclination has been considered to be the same as that of platform I; III = Holocene abrasion platform carved on rock; it was recognized by boreholes P7 to P10. Only a portion of this platform has been drawn in the figure; actually, it continues offshore and its total width is not less than 250 m, its inclination is 1°.

nere che il versante occidentale della Liguria (e ancor più l'adiacente settore francese) abbiano subito nel corso del Quaternario un sollevamento maggiore rispetto al settore orientale. Tenendo valida questa considerazione generale, il Tirreniano a Voltri dovrebbe trovarsi ad una quota minore di 12,5 m; pertanto la linea di riva a +7 m (Fig. 14), riconosciuta allo svincolo autostradale di Voltri, può ritenersi a maggior ragione tirreniana.

6. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE SULLA EVOLUZIONE RECENTE DELL'AREA DI VOLTRI

Alcune modificazioni subite dal paesaggio negli ultimi 300+400.000 anni possono essere ricavate dai dati a disposizione: caratteristiche morfologiche dell'area (parzialmente riportate in Figura 3; caratteri morfologici del substrato (Fig. 14); stratigrafia dei depositi marini e continentali (Fig. 4). Si possono così riconoscere le seguenti fasi:

a) Durante lo stazionamento marino più alto, oggi a 16-18 m sul l.m. (periodo interglaciale), si forma un'ampia piattaforma di abrasione (estesa tra i 12 e i 16 m di quota e con un'inclinazione di 1,6°) ed una falesia, intagliata nelle rocce metamorfiche del substrato (metabasiti e calcescisti). L'accumulo di sedimenti detritici origina un'ampia spiaggia ghiaioso-sabbiosa che occupava tutta l'insenatura tra Pegli e Voltri (Tav. 1); le osservazioni sedimentologiche hanno evidenziato strutture di spiaggia

sottomarina ed emersa che indicano progredazione probabilmente in coincidenza con le prime fasi regressive. Le incisioni vallive non erano così evidenti come oggi e la zona a monte era caratterizzata quindi da estese superfici suborizzontali, indicative di antichi terrazzi marini sollevati (paragr. 2.1 e Tav. 1).

b) Tra l'interglaciale corrispondente alla piattaforma a +16 m e quello corrispondente alla piattaforma a +7 m intercorre un periodo più o meno lungo che dipende dall'attribuzione cronologica assegnata ai due interglaciali; se è valida l'ipotesi espressa al (Cap. 5), punto 1, la linea di riva più alta corrisponde allo *stage* 11 e quella più bassa allo *stage* 5. In questo caso tra la prima e la seconda linea sono interposti ben tre periodi glaciali (*stages* 10, 8 e 6) e due interglaciali (*stages* 9 e 7); se invece (come seconda ipotesi) le due linee di riva corrispondono a due interglaciali successivi, allora tra di esse è interposto un unico periodo glaciale. I dati di campagna non sono in grado di documentare quale delle due ipotesi sia più valida, ma in ogni caso ci permettono di riconoscere: un periodo erosivo che ha troncato i depositi marini più antichi (che presentano oggi spessori decrescenti verso mare); un periodo climatico che ha consentito lo sviluppo di una profonda pedogenesi (paragr. 2.1); infine un periodo (probabilmente legato alla/e regressione/i) in cui si sono formate brecce di versante, depositi colluviali e, sulla superficie emersa dell'antica spiaggia, colate di fango e detrito (Cap. 3). Nel lasso di tempo che intercorre tra la I e la II linea di riva avviene inoltre l'ap-

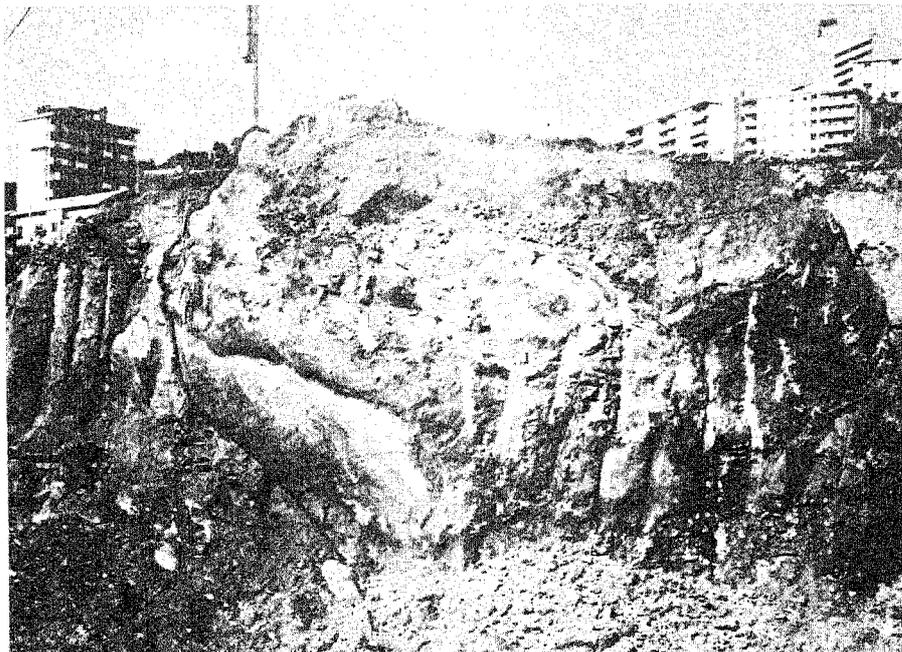


Fig. 15 - I lavori di sbancamento hanno messo a nudo una "sporgenza" del substrato interpretabile come *scoglio*. La parte rivolta verso mare (a sinistra) presenta un incavo ben liscio (evidenziato con linea nera); la parte inferiore (non visibile) è probabilmente radicata al substrato a circa 11,5 m s.l.m., mentre la sommità è a 16+17 m sul mare.

Excavations have brought to light a "protrusion" in the bedrock which has been interpreted as a sea-crag. The seaward portion of it (on the left) displays a smoothed cavity. Probably, the deeper part of it (not visible) is rooted in the bedrock at elevation 11.5 m a.s.l., the top being at 16+17 m a.s.l.

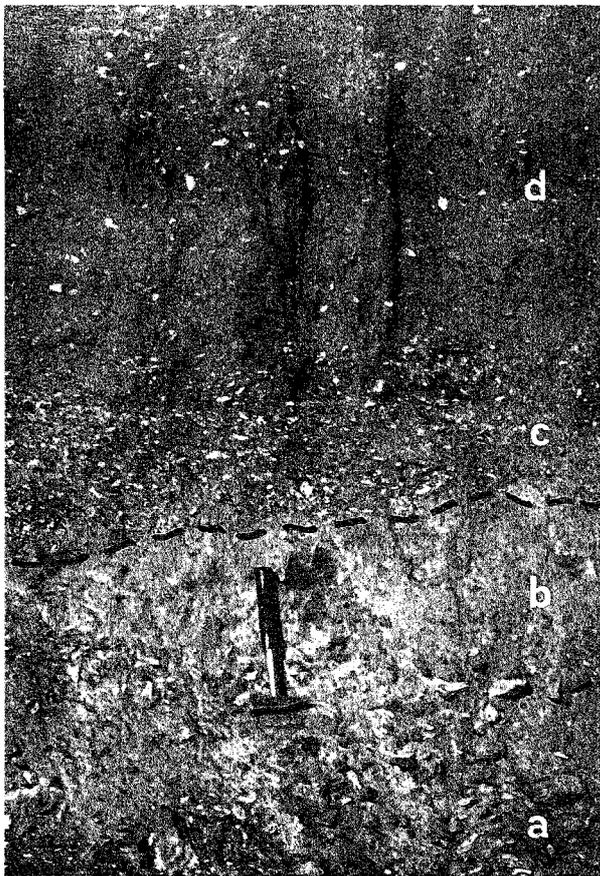


Fig. 16 - Due episodi pedogenetici osservati sulla copertura detritica continentale: a) orizzonte a grossi clasti spigolosi metamorfici con diametri prevalenti compresi tra 5 e 20 cm; la matrice è limosa; b) paleosuolo costituito da limo color ocra con spalmature di ossidi di manganese; c) al di sopra di una superficie erosiva (evidenziata dal tratteggio), orizzonte a clasti spigolosi, appiattiti, aventi diametro di pochi cm e scarsa matrice; d) limo colluviale con clasti sparsi, che verso l'alto passa ad un suolo bruno.

Two examples of pedogenesis in the continental detrital cover: A) bed of metamorphic angular coarse clasts (most diameters ranging between 5 and 20 cm) in a silty matrix; B) palaeosol made up of an ochre silt with manganese coatings; C) bed of angular flat clasts a few centimetres in diameter in a scarce matrix overlying an erosion surface (dashed); D) colluvial silt with dispersed clasts passing upwards to a brown soil.

profondimento e l'ampliamento delle valli e quindi la demolizione delle più antiche superfici terrazzate a monte.

c) Durante l'ultimo interglaciale si forma la piattaforma di abrasione con margine interno attualmente a 7 m sul livello del mare attuale; essa si sviluppa a spese di quella precedente, che pertanto oggi ci appare sicuramente più ridotta di quanto fosse in origine. Anche questa viene ricoperta da depositi sabbioso-ghiaiosi di spiaggia, oggi in gran parte erosi e pedogenizzati (paragr. 2.1), che non hanno permesso osservazioni significative. La corrispondente linea di riva risulta spostata verso mare di circa 200 m rispetto alla precedente. Si riconosce un'ulteriore fase pedogenetica che interessa i depositi continentali a monte (Fig. 16 - livello b).

d) Periodo erosivo, che tronca i depositi continentali

e marini determinando un'unica superficie suborizzontale che si estende oggi da 6 a 20 m circa (zona 3 di Fig. 3), con inclinazione di 4° verso mare; essa viene ricoperta da *debris-flow* e *mud-flow* per uno spessore di alcuni metri. Continua l'approfondimento delle valli durante il minimo livello glacioeustatico würmiano.

e) Trasgressione versiliana e livello marino che si porta ai valori attuali. Formazione della piattaforma di abrasione più bassa (III in Fig. 14). Pedogenesi dei depositi detritici continentali (Fig. 16 - liv. d).

La successione dei fatti sopra riportati è stata verosimilmente accompagnata da un leggero sollevamento di tutta l'area.

RINGRAZIAMENTI

Gli Autori intendono ringraziare il Dott. R. Maggi della Soprintendenza Archeologica della Liguria per la segnalazione del sito e il Prof F. Massari per gli utili pareri sulla interpretazione sedimentologica dei depositi.

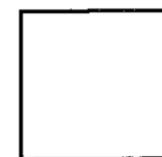
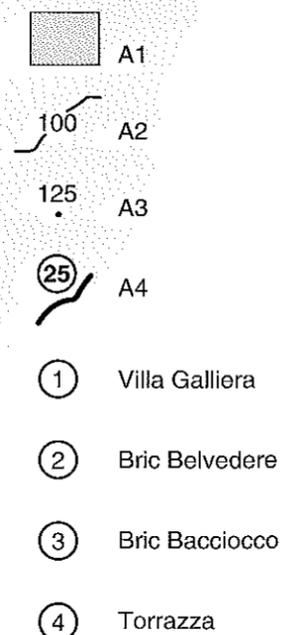
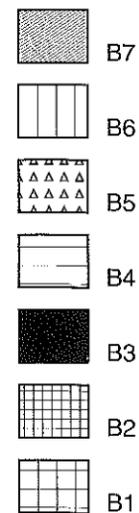
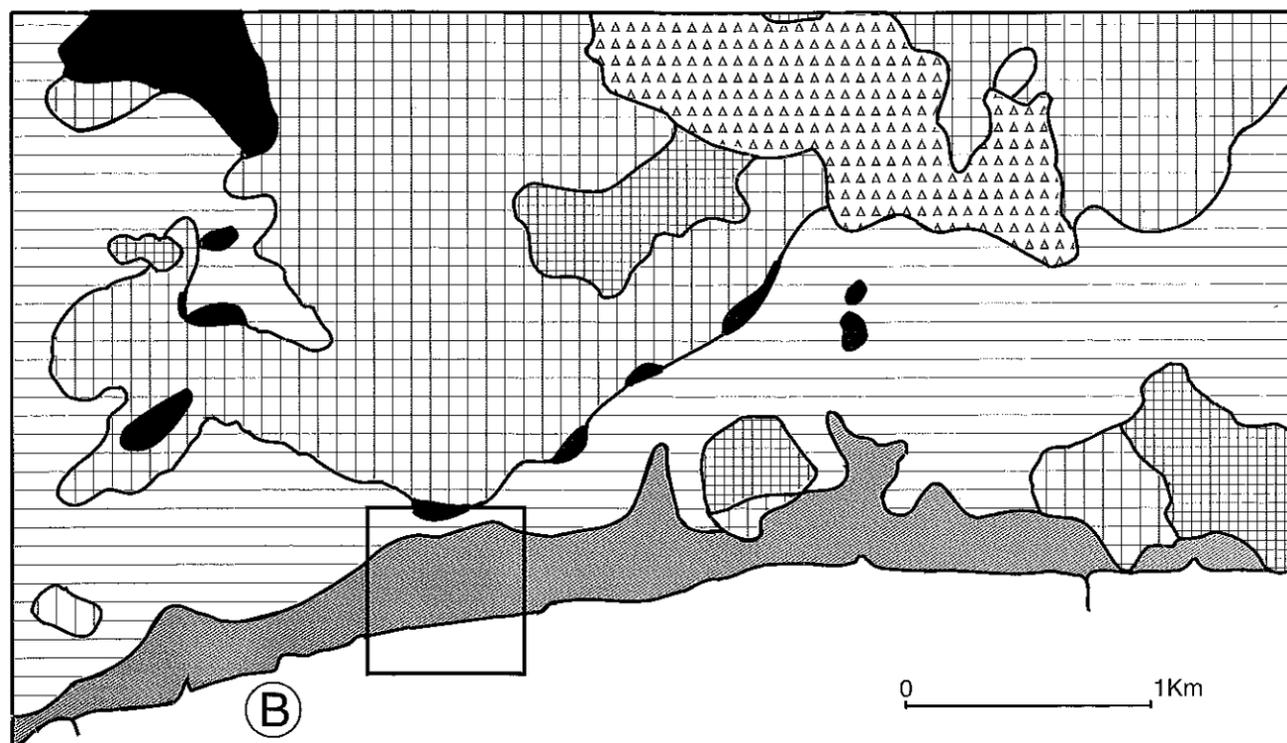
Lavoro eseguito con i fondi 60 % del Ministero dell'Università e della Ricerca Scientifica e Tecnologica (Responsabili: L. Carobene e M. Firpo).

BIBLIOGRAFIA

- Bellini A., Calvino F. & Fassi A., 1970 - *Aspetti geologici delle metropolitane di città collinari costiere con riferimento alla futura metropolitana genovese*. Atti Conv. Int. Comunicazioni, Genova, 23 pp., 1 fig., 1
- Bender M.L., Fairbanks R.G., Taylor F.W., Mattheus R.K., Goddard J.G. & Broecker W.S., 1979 - *Uranian-series dating of the Pleistocene reef tracts of Barbados, West Indies*. Geol. Soc. Amer. Bull., **90** (6), 577-594, 10 ff., 5 Tab.
- Biancotti A. & Motta M., 1989 - *Morfotettonica dell'altopiano delle Manie e zone circostanti (Liguria occidentale)*. Suppl. Geogr. Fis. Dinam. Quat., **1** (1988), 45-68, 22 ff., 6 tab.
- Capponi G., Scambelluri M., Tallone S., 1988 - *Introduzione all'evoluzione metamorfico-strutturale del Gruppo di Voltri (Alpi Liguri)*. Gruppo Strutturale Italiano - Guida all'escursione sul Gruppo di Voltri 28/6-1/7 1988, 1-63, 28 ff.
- Chappell J. & Shackleton N.J., 1986 - *Oxygen isotopes and sea level*. Nature, **324** (13 nov.), 137-140, 3 ff., 2 tab.
- Chappell J. & Veeh H.H., 1978 - *Late Quaternary tectonic movements and sea-level changes at Timor and Ataurus Island*. Soc. Geol. Am. Bull., **89**, 356-368, 10 ff., 2 tab.
- Chiesa S., Cortesogno L., Forcella F., Galli M., Messiga B., Pasquare G., Pedemonte G.M., Piccardo G.B. & Rossi P.M., 1975 - *Assetto strutturale ed interpreta-*

- zione del Gruppo di Voltri. Boll. Soc. Geol. It., **94**, 555-581, 3 tav.
- Cocco E., Cravero E., Di Geronimo S., Mezzadri G., Parea G.C., Pescatore T., Valloni R. & Vinci A., 1976 - *Lineamenti geomorfologici e sedimentologici del litorale Alto Ionico (Golfo di Taranto)*. Boll. Soc. Geol. It., **94** (1975), 993-1051, 45 ff.
- Cortemiglia G.C., 1983 - *Indizi geomorfologici significativi quale contributo alla stesura di una carta neotettonica della Liguria*. Contr. Concl. Realizz. Carta Neotettonica d'Italia, Pubbl. 513 (1982), P.F.G. del CNR, 397-404, 1 fig., 2 tabb.
- Doderlain P., 1982 - *Note illustrative della Carta Geologica del Modenese e del Reggiano*. Mem. Ac. Sc., **3**, 74 pp., Modena.
- Fanucci F., 1987 - *Lignes de rivage quaternaires sur la côte et le plateau continental ligure*. Q. Geomorph. N.F., **31** (4), 463-472, 5 ff.
- Fanucci F., Fierro G. & Rehault J.P., 1977 - *Evoluzione quaternaria della piattaforma continentale ligure*. Suppl. 2, **13** (1974), 233-240, 6 ff.
- Fanucci F., Giammarino S. & Tedeschi D., 1982 - *Il Pliocene della costa e del margine continentale dell'Appennino ligure in rapporto alla neotettonica*. Mem. Soc. Geol. It., **21** (1980), 259-265, 4 ff.
- Fanucci F. & Nicolich R., 1986 - *Il Mar Ligure: nuove acquisizioni sulla natura, genesi ed evoluzione di un "bacino marginale"*. Mem. Soc. Geol. It., **27** (1984), 97-110, 11 ff.
- Fanucci F. & Nosengo S., 1979 - *Rapporti tra neotettonica e fenomeni morfogenetici del versante marittimo dell'Appennino ligure e del margine continentale*. Boll. Soc. Geol. It., **96** (1977), 41-51, 6 ff.
- Fanucci F. & Tedeschi D., 1983 - *Linee di costa e terrazzi marini del Foglio 82 (Genova)*. In: Contributi Conclusioni per la Realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia, Pubbl. **513** (1982), P.F.G. del CNR, 387-396, 1 fig.
- Gignoux M., 1910 - *Sur la classification du Pliocène et du Quaternaire dans l'Italie du Sud*. C. R. Acad. Sciences, **150**, 841-843.
- Harmon R.S., Land L.S., Mitterer R.M., Garrett P., Schwarcz H.P. & Larson G.J., 1981 - *Bermuda sea level during the last interglacial*. Nature, **289** (5797), 481-483, 1 fig., 3 tabb.
- Issel A., 1883 - *Antiche linee litorali della Liguria*. Boll. Soc. Geol. It., **1** (1882), 222-232.
- Issel A., 1911 - *L'evoluzione delle rive marine in Liguria*. Boll. Soc. Geogr. It., fasc. 9-12, 112 pp., 25ff., Roma.
- Lamberti A., 1974 - *Le spiagge fossili della Riviera di Ponente*. Tesina di Laurea, Università degli Studi di Genova.
- Massari F. & Parea G.C. (1988) - *Progradational gravel beach sequences on a moderate - to high - energy, microtidal marine environment*. Sedimentology, **35**, 881-913, 25 ff.
- Massari F., Parea G.C., Rainone M.L., Vedovato L. & Vivalda P., 1986 - *Elementi di sedimentologia delle paleospiagge pleistoceniche marchigiane*. Atti Riun. Gruppo Sediment. CNR, Ancona 1986, 81-103, 25 ff.
- Odino A.E., 1979 - *Linee di riva Quaternarie ed evoluzione del tratto di costa ligure tra Genova e Savona*. Tesi di Laurea, Università degli Studi di Genova.
- Oxilia M. & Vicino G., 1986 - *Scoperta di un livello marino fossilifero del Quaternario ad Alassio (Savona)*. Riv. Ingauna e Intemelia, n.s., a. **39** (1984) (3-4), 85-86, 1 fig.
- Parea G.C. & Valloni R., 1983 - *Le paleospiagge pleistoceniche della zona di Atri - Silvi (Abruzzo)*. Atti Soc. Nat. Mat. di Modena, **114**, 51-82, 7 ff. §
- Rosso F., 1993 - *Caratteri sedimentologici e tendenza evolutiva del litorale tra Voltri e Varazze (Liguria Occidentale)*. Tesi di Laurea, Università degli Studi di Genova.
- Rovereto G., 1939 - *Liguria geologica*. Mem. Soc. Geol. It., **2**, 743 pp., 195 ff.
- Sarnthein M., Stremme H.E. & Mangini A., 1986 - *The Holstein interglaciation: time-stratigraphic position and correlation to stable-isotope stratigraphy of deep-sea sediments*. Quat. Res., **26** (3), 283-29, 5 ff., 3 tabb.
- Shackleton N.J., 1987 - *Oxygen isotopes, ice volume and sea level*. Quaternary Science Reviews, **6** (3-4), 183-190, 5 ff.
- Vicino G., 1976 - *Gli scavi preistorici nell'area dell'ex Casinò dei Balzi Rossi*. Riv. Ingauna e Intemelia, n.s., a. 27 (1972) (1-4), 77-97, 22ff.

Manoscritto ricevuto il 29. 10. 1993
 Inviato all'Autore per la revisione il 24. 3. 1994
 Testo definitivo ricevuto il 5. 5. 1994



Area studiata

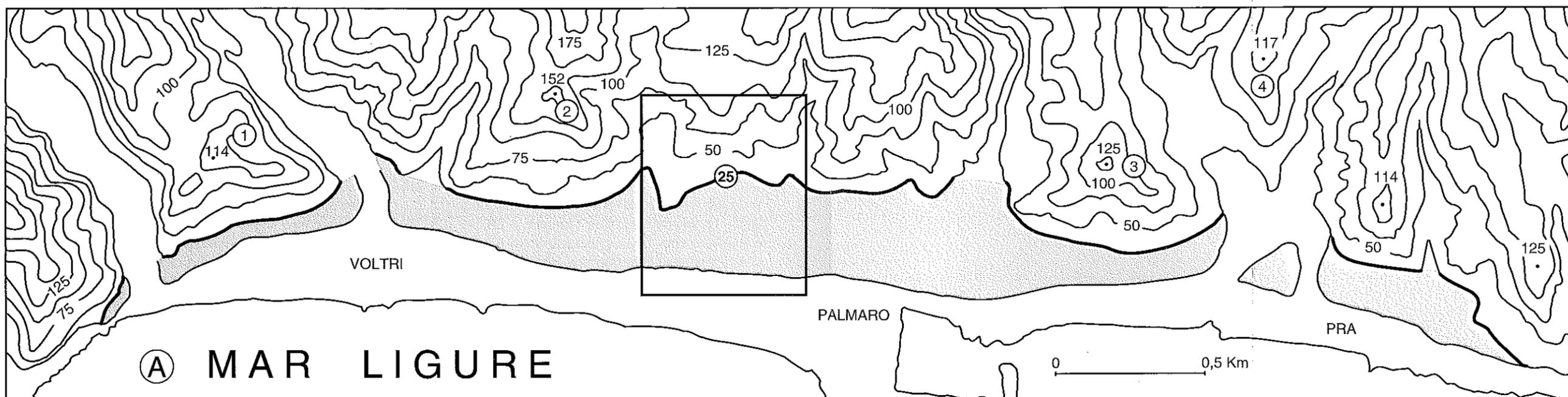


TAVOLA 1 - PLATE 1

Morfologia (A) e geologia (B) (da Bellini *et al.*, 1970) della zona circostante l'area studiata. A1 - Superficie terrazzata estesa tra 6 e 25 m di quota; A2 - Isoipse ogni 25 m; A3 - Culinazioni topografiche; A4 - Margine interno della superficie terrazzata A1; B1 - Serpentinocisti antigoritici frequentemente interessati da piani di clivaggio, localmente cataclastici; B2 - Metagabbri glaucofanici; B3 - Metabasiti glaucofaniche a grana fine; B4 - Formazione dei Calcschisti: scisti micacei prevalenti con bancate di calcari cristallini (Giurassico); B5 - Breccie cementate (Oligocene?); B6 - Marne più o meno argillose con intercalazioni di livelli sabbiosi e ruditici (Pliocene); B7 - Alluviani recenti ed attuali, falde detritiche, depositi di spiaggia ghiaiosi e sabbiosi.

Morphological (A) and geological (B) (from Bellini *et al.*, 1970) features of the study area. A1 - Terraced surface between 6 and 25 m a.s.l. including the Pleistocene paleobeach; A2 - 25 m equidistant contour lines; A3 - Topographic highs; A4 - Inner margin of terraced surface A1; B1 - Often densely jointed, locally cataclastic antigoritic serpentine schists; B2 - Glaucophanic metagabbros; B3 - Fine-grained glaucophanic metabasite; B4 - Calcschists, micaschists (prevailing) and thick layers of crystalline limestones (Jurassic); B5 - Cemented breccia covers (Oligocene?); B6 - Clayey marls with intercalations of sand and rudite layers (Pliocene); B7 - Recent and present alluvial deposits, talus, sand and gravel beach deposits.