

ASPETTI DELL'EVOLUZIONE QUATERNARIA DELLA COSTA TRA COGOLETO E VARAZZE (LIGURIA OCCIDENTALE)

Luigi Carobene, Andrea Cevasco & Marco Firpo

Dipartimento per lo Studio del Territorio e delle sue Risorse, Genova
Corresponding author: L. Carobene <carobene@dipteris.unige.it>

RIASSUNTO: Carobene L., Cevasco A. & Firpo M., *Aspetti dell'evoluzione quaternaria della costa tra Cogoleto e Varazze (Liguria occidentale)*. (IT ISSN 0394-3356, 2010)

Le indagini condotte nel settore costiero compreso tra Cogoleto e Varazze (Liguria occidentale) hanno permesso di riconoscere in dettaglio forme di origine marina presenti lungo il percorso turistico che corrisponde al tracciato della Ferrovia litoranea costruita alla fine dell'800. La ricerca sul terreno, oltre al rilevamento geomorfologico, ha compreso la misura dei sistemi di fratture che, successivamente, sono stati confrontati con quelli ottenuti dall'analisi delle carte topografiche e delle foto aeree. I rilevamenti effettuati hanno portato al riconoscimento di numerosi relitti di piattaforme marine sollevate che testimoniano 2 alti livelli di stazionamento compresi tra 8 e 12 m s.l.m. Lungo la costa è stata, inoltre, scoperta e studiata una grotta scavata dal mare nel substrato peridotitico tra 9 e 12 m s.l.m. Uno studio a carattere generale è stato effettuato sull'intero versante costiero fino al crinale Pian della Noia (378 m), Santuario la Guardia (416 m) e Bric Piano Donne (320 m), tra i torrenti Teiro e Arenon, e anche nell'area a Est oltre il T. Arrestra; le indagini hanno consentito il riconoscimento di un "paleopaesaggio" degradato; la mappatura dettagliata di due ordini di terrazzi sollevati del Pleistocene inferiore e medio (tra 60 e 125 m di quota). Con i dati raccolti è stata redatta la Carta delle "Forme plio-quaternarie della costa tra Cogoleto e Varazze" (chiamata nel testo Tav. I) che permette una lettura cronologica delle forme e quindi una miglior comprensione dell'evoluzione del paesaggio dal Pliocene ad oggi.

ABSTRACT: Carobene L., Cevasco A. & Firpo M., *Aspects of the Quaternary evolution of the coast between Cogoleto and Varazze (western Liguria)*. (IT ISSN 0394-3356, 2010)

With the aim of recognizing marine and continental landforms in the coastal stretch between Cogoleto and Varazze, different kinds of investigations have been carried out. The collected data were used to draw a map (see Plate); they provide a descriptive frame that allows to clarify some phases of the Pliocene-Quaternary evolution of the area.

- 1) The relic of a Pliocene paleo-landscape. It's partially shown in Plate and in Fig. 1 by a series of topographic summits, mostly between 300 and 400 m in elevation, which originated from the progressive emersion of the area since the middle Pliocene.*
 - 2) The Quaternary landscape. From a morphological point of view it appears well distinguishable from the Pliocene landscape (Fig. 3) because of the presence of several marine terraces (see Plate). Considering the average Quaternary uplift rate (equal or less than 0.1 mm/yr - Cap. 5), the relicts of the Quaternary surface cannot occur over the elevation of 180 m. Between 180 m and the altitude of the 1st order terrace's inner margin (95-100 m, see Plate, central stretch), marine terraces are not visible because of the slope's intense regularization. Distinct and well-represented is the first order terrace, which still preserves marine deposits (inner margin's altitude 90±115 m); its age has been attributed to the late lower Pleistocene (1.2-0.9 M.y.). Less obvious but still represented is the second order's terrace, whose inner margin is located at 65 meters a.s.l..*
 - 3) The rocky band located between 0 and 12 meters. Along the coast, between the sea level and a tourist path located in correspondence to the route of the railway built in the late 1800s (Europa Promenade), a rocky band (gabbros and peridotite) preserving remains of terraced marine areas appears; this indicates two paleo shore-lines located at 8 and 12 m elevation, respectively (see Plate, profiles S1 to S4). Marine deposits constituted by sands and rounded pebbles and, locally, by rounded boulders (often with diameters larger than 1 meter), are kept isolated in small flaps. The level at 7.5±8 m has been attributed to the Tyrrhenian (MIS 5.5) (Fig. 7).*
 - 4) The coastal slope. The slope has been divided into altitudinal sections with distinct morphological aspects and attributed to different ages. The oldest and most settled side (VC. in Plate) stretches between 250 meters and 95±105 meters elevation with an average inclination of 25° (see Tab. 1); between 70±80 meters (external edge of the 1st order terrace) and the sea level is a band (VC.T1 in Plate) with an angle between 22° and 32°. Between 50±55 meters (outer edge of the 2nd order terrace) and the sea level is a steeper and irregular sector (VC.T2 in Plate) with an inclination between 27° and 37°.*
 - 5) The coastal plains. The Arrestra and Teiro plains (partially visible in Plate) present: the oldest side (Medium and Late Pleistocene) between 10 meters and 25 meters in height, characterized by a thick toe of slope deposits (mainly colluvium) with evidence of strong rubefaction; a lower part (Holocene) between 5 and 10 meters; a beach between 5 meters and the sea level.*
 - 6) The Mizar cave. It is a marine cave, between 9 and 12 meters in height, entirely excavated in peridotite rocks. The interior walls have very regular profiles (similar to parabolas); its formation is referable to the Tyrrhenian eustatic highstand. The dominant erosive process is related to the waves abrasion during storm surges (Figs. 16 e 13).*
 - 7) The Plio-Quaternary vertical dislocations. The present day coastal area is the result of a moderate lifting that began in middle Pliocene; in contrast, the marine platform area has been lowered. The two areas are divided by tectonic lines stretching 56°-57° (ca. ENE-WSW) e 21°-22° (ca. NNE-SSW) (Fig. 1 e Plate). It was possible to calculate an average rate of Plio-Quaternary uplift not exceeding 0.2 mm/year and an average rate of Quaternary lifting less than 0.1 mm/year.*
 - 8) The disjunctive tectonics. All the landforms in this area, and particularly the hydrographic network, have been controlled by active Plio-Quaternary faults and fractures. The "Teiro Fault" (partially visible in Fig. 1), furthermore, shows greater evidence and significance; its effect determined the rise of the eastern sector over the western one. In this area the dislocations are testified by changes in the height of first order marine terraces, in which the inner margin increases from 80 to 95 metres.. The tectonic features, derived from the hydrographic network analysis are more fragmented and discontinuous to the East of the "Teiro fault". However it has been possible to recognize three fault/fracture sets characterized by different directions: 55-60°; 21-23°; 125-136°. These directions are confirmed by field surveys carried out along the rock band situated down the "Europa Promenade" (Fig. 17).*
 - 9) The valley cut. The main rivers of this area (Rio Mola, Rio Partigliolo, T. Arrestra - see Plate) have a uniform and very high inclination in the lower part, which differs significantly from that of the higher part (VV. in Tab.1). This is the consequence of the valley deepening during the Quaternary.*
- The obtained results, which were briefly listed above, provide new and sufficiently detailed evidences for clarifying the evolution of the area from a morphological, genetic and chronological point of view. In conclusion, the landscape we see today began its formation in the middle Pliocene and evolved over time. It changed its shape under the actions of tectonic events and both continental and marine exogenous processes.*

Parole chiave: antiche linee di riva, grotta marina, morfologia costiera, paleosuperficie, terrazzi marini, tettonica quaternaria, Tirreniano, versanti.

Keywords: ancient shore lines, coastal morphology, marine terraces, MIS 5.5, paleosurface, quaternary tectonics, sea cave, slopes.

1. PREMESSA

Il "Lungomare Europa", che si snoda all'interno del Parco costiero dei Piani d'Invrea, è uno straordinario percorso che corrisponde al vecchio tracciato della ferrovia, ultimata nel 1868. La ferrovia fu costruita ai piedi del versante che si raccorda all'orlo esterno dei terrazzi marini sovrastanti; tra la ferrovia, posta alla quota di 7-8 metri, ed il mare si estende una stretta fascia rocciosa, costituita da gabbri e peridotiti serpentinizzate, soggetta all'erosione marina dell'alto eustatico attuale. Da qui è partito lo studio dell'area: uno studio dettagliato e quantitativo che ha preso in considerazione tutte le forme del paesaggio riconoscibili (rilievi, versanti, terrazzi marini, reticolo idrografico, insenature, piane costiere, ecc.). Sono state misurate quote, direzioni, dimensioni e pendenze. Ciò ha consentito di riconoscere elementi di novità, quali i relitti delle piattaforme marine presenti tra 6 e 12 m sul livello marino, una grotta marina scavata nelle peridotiti, un paesaggio pliocenico rimodellato. È stato riconosciuto il ruolo della tettonica, che si è manifestata con movimenti verticali e con sistemi di faglie e fratture, producendo vistosi effetti morfogenetici.

Tutti gli elementi così raccolti sono stati riportati in una Tavola, che permette di riconoscere la progressiva genesi delle forme del paesaggio, dal Pliocene ad oggi.

2. CENNI DI GEOLOGIA

L'area di studio è caratterizzata dalla presenza di litotipi metamorfici di alta pressione appartenenti al Gruppo di Voltri (Tav. I). Quest'ultimo, come noto, comprende un complesso di metaofioliti e metasedimenti e rappresenta l'estrema porzione meridionale del Dominio Pennidico delle Alpi Occidentali; sotto il profilo strutturale, il complesso è definito come un sistema composito di falde metamorfiche, situato in posizione interna rispetto all'arco alpino occidentale e corrispondente all'esumazione di un livello crostale profondo (VANOSI *et al.*, 1986; S.G.I., 1991; CAPPONI *et al.*, 1994). L'evoluzione strutturale è determinata da tre successivi eventi plicativi, espressi da strutture duttili sovrapposte; l'evoluzione metamorfica è caratterizzata da un climax in facies "scisti blu" con eclogiti, di età compresa fra 49 e 45 M.a. (HOOGERDIJN STRATING, 1990; FEDERICO *et al.*, 2005), cui sono seguiti vari stadi di riequilibrio pressoché adiabatica con pressioni decrescenti, fino a condizioni di "scisti verdi", con età intorno a 33 M.a. (AA.VV., 1996; FEDERICO *et al.*, 2005). A tali strutture compressive si sovrappone nel Pliocene-Quaternario una neotettonica di tipo distensivo che interessa anche l'area del margine continentale (FANUCCI & NOSENGO, 1979). La zona considerata si solleva dal Pliocene medio mentre la piattaforma continentale subisce abbassamento (CORTELLESI *et al.*, 1979).

Lungo la "passeggiata Europa" affiorano, in particolare, litotipi metamorfici in facies "scisti verdi" che costituiscono le Formazioni dei Metagabbri e dei Serpentinoscisti, appartenenti all'Unità ofiolitica di Varazze (Giurassico) (REGIONE LIGURIA, 1997). Quest'ultima costituisce un'unità tettonica addossata al margine meridionale dell'Unità del M. Beigua e in posizione geometricamente ribassata rispetto a quest'ulti-

ma, ad opera di un fascio di faglie orientate E – W (PROVINCIA DI SAVONA, 2007).

Nella zona occidentale dell'area indagata (lungo la costa da Varazze al Rio Corvo circa) affiorano metagabbri in facies di scisti verdi, a scistosità più o meno evidente, mentre nella zona orientale (lungo la costa fino a Cogoleto) affiorano peridotiti serpentinizzate, da compatte a marcatamente scistose e fissili, con intercalazioni di metarodingiti derivate da originari filoni gabbri e con lenti di Iherzoliti non completamente serpentinizzate (REGIONE LIGURIA, 1997).

3. ASPETTI MORFOLOGICI DELLA FASCIA COSTIERA

I tratti salienti della fascia costiera, indagata dalla quota di 300-400 metri fino al mare, ed estesa dalla cittadina di Cogoleto a levante a quella di Varazze a ponente, sono i seguenti (Tav. I):

- 1) i versanti a monte del terrazzo del 1° ordine (VPS. e VC.);
- 2) il terrazzo marino del 1° ordine con margine interno a 70÷115 m (T1);
- 3) il terrazzo marino del 2° ordine con margine interno a 65÷70 m (T2);
- 4) i versanti a valle dei due terrazzi marini (VC.T1 e VC.T2);
- 5) i versanti vallivi (VV.);
- 6) le piane costiere (PC1, PC2, PC3);
- 7) la stretta fascia rocciosa (FC2) che fiancheggia verso mare il vecchio tracciato della ferrovia (F).

3.1. I versanti a monte del terrazzo del 1° ordine

Il tratto di costa esaminato è compreso tra il Rio Mola a SO e il T. Arrestra a NE. Al suo interno il Rio Partigliolo (o Arenon) suddivide la costa in due settori: il primo si estende tra Punta della Mola e Punta d'Invrea; il secondo è quello compreso tra il Rio Partigliolo ed il T. Arrestra.

Il versante costiero a monte del terrazzo del 1° ordine presenta due aspetti morfologici differenti, suddivisi in un tratto superiore e in un tratto inferiore.

3.1.1. Il tratto superiore del versante costiero (VPS.)

È caratterizzato da un progressivo distanziarsi delle isoipse a partire dalla quota di 250 m e dalla presenza di culminazioni (lungo il crinale: Santuario la Guardia, 416 m; Bric Piano Donne, 320 m; Passo Frese, 254 m) (Tav. I). Tutta una vasta area a N del crinale citato presenta numerose altre culminazioni del paesaggio, tutte comprese tra 250 m (Bric Meazze, 253 m; Bric Berlese, 263 m, ecc.) e 380 m (Bric Noia, 378 m; Bric Arenon, 380 m; Monte Costea, 342 m, ecc.) (Fig. 1). Questi relitti morfologici sono la testimonianza di una originaria superficie di spianamento, considerata una "paleosuperficie" di età pliocenica (PS in Tav. I e Figg. 2 e 3) in quanto si estende interamente al disotto della presunta quota della paleo-linea di riva del Pliocene inferiore (500 – 550 m), ottenuta tenendo conto della profondità di sedimentazione delle argille del Pliocene inferiore e della loro attuale quota di affioramento. La quota così calcolata è in accordo con quella riportata da FANUCCI & TEDESCHI (1983) e FANUCCI (1988).

Tre sezioni rappresentative del versante costiero

alto (VPS.1, VPS.2 e VPS.3) hanno fornito valori di inclinazione (Tab. 1) di 16°, 20° e 21°, con un valore medio di 19°; le inclinazioni tendono a diminuire nella parte più alta del versante.

3.1.2. Tratto inferiore del versante costiero (VC.)

Il tratto, compreso fra il Rio Mola e il Torrente Arrestra, si estende dalla quota del margine interno del terrazzo del 1° ordine, quindi da 90-105 m circa, fino ad una quota media di 250 m. Esso corrisponde ad un versante regolarizzato, con inclinazione quasi costante; la sua omogeneità è interrotta da brevi corsi d'acqua perpendicolari alla linea di costa.

La misura dell'inclinazione del versante costiero effettuata in 3 punti distinti (VC.1, VC.2, VC.3 in Tav. I e in Tab. 1) ha fornito valori simili, la cui media è pari a 25°.

La parte più bassa del versante mostra localmen-

te una diminuzione dell'inclinazione, che testimonia la presenza di depositi di piede di versante; essi si presentano fortemente pedogenizzati e con spessori di parecchi metri.

Il tratto di versante compreso tra il Rio Partigliolo e il T. Arrestra è costituito da uno stretto crinale che da Bric San Giacomo (149 m), sale verso Bric Meazze (253 m, fuori tavola).

Più complessa la situazione in sinistra del T. Arrestra (in gran parte fuori Tavola, vedi però Fig. 1), caratterizzata da un lungo tratto di crinale suborizzontale compreso tra le quote di 165 (loc. Serbatoio) e di 175-180 m (superficie terrazzata di Prato Zanino). Da notare che, a causa della tettonica disgiuntiva quaternaria, il margine interno del terrazzo del 1° ordine si ritrova qui alla quota di 115 m (Tav. I).

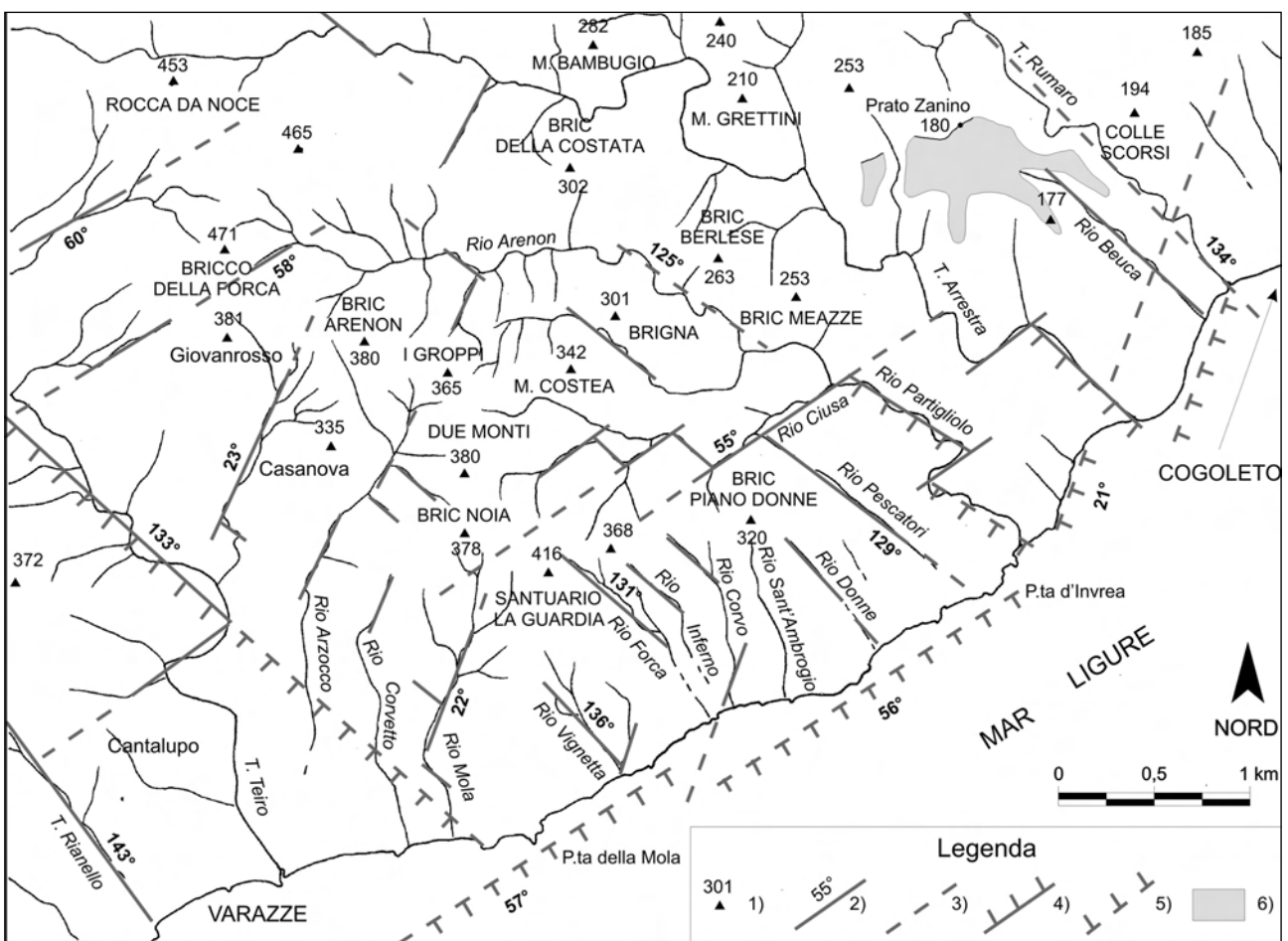


Fig. 1 - I lineamenti dedotti dall'analisi del reticolo idrografico e dalle direzioni della costa (paragr. 5.2) hanno permesso di riconoscere 3 sistemi con direzioni: 1) 21-23°; 2) 55-60°; 3) 125-136°. Sono indicate con la loro quota (dedotta dalla Carta topografica al 25.000) tutte le culminazioni presenti nell'area. Le 16 culminazioni comprese tra 380 m e 252 m sono state ritenute relitti di una "palosuperficie pliocenica" (paragr. 3.1). Quattro culminazioni, inoltre, sono comprese tra 416 e 471 m. La carta riporta il reticolo idrografico con la denominazione di ogni singolo corso d'acqua.

Legenda: 1= culminazioni topografiche; 2=lineamenti certi; 3= lineamenti probabili; 4 e 5= faglie costiere certe e probabili; 6= superficie terrazzata di Prato Zanino, attribuita al Pleistocene inferiore.

The tectonic lines derived from the analysis of the hydrographic network and of the coastline directions (paragr. 5.2) allowed us to recognize 3 systems with directions: 1) 21-23°; 2) 55-60°; 3) 125-136°. The summits within the study area and their elevation (deduced from the topographic map at scale 1:25.000) are shown in the map. The 16 culminations with elevation between 380 m and 252 m were considered relics of a "pliocenic palosurface" (paragr. 3.1). Moreover, four summits are located between 416 m and 471 m a.s.l. The map shows the hydrographic network and the name of each watercourse.

Legend: 1 = summits; 2 = certain tectonic lines; 3 = uncertain tectonic lines; 4 and 5 = certain and uncertain coastal faults, 6 = Prato Zanino terraced surface, attributed to the lower Pleistocene.

3.2. Il terrazzo marino del 1° ordine

La quota del *margin* interno di questo ordine terrazzato (vedi CAROBENE & FIRPO, 2002) aumenta progressivamente da SO a NE, da Savona a Genova; nel settore costiero esaminato tale quota sale da 70 a SO

(loc. Varazze), a 115 m in sinistra del T. Arrestra (località Cogoletto). Tale variazione può essere stata causata da un progressivo maggior sollevamento dell'area di NE rispetto a quella di SO (basculamento), ma le osservazioni portano a ritenere più probabile l'attività di faglie disposte circa NO-SE (direz. 130-310°) (vedi Cap. 5).



Queste sono anche responsabili della frammentazione dell'originario terrazzo marino in tante distinte "superfici terrazzate", separate da brevi rivi (Tav. I).

Lo studio dettagliato dell'orlo esterno delle varie superfici terrazzate relitte ha inoltre portato a riconsiderare la loro reale estensione e ha evidenziato la presenza di una leggera scarpata tra le quote di 65 e 75 m, che origina due superfici terrazzate distinte. Tale scarpata non è riconoscibile sulla superficie del Castello d'Ivrea, probabilmente per cause antropiche. La superficie di separazione tra il 1° e il 2° ordine è stata in questo caso messa a +70 m, per analogia con le altre situazioni osservate a SO.

Fig. 2 - La Paleosuperficie pliocenica vista da Nord, profondamente incisa dai corsi d'acqua. View from the N of the pliocenic paleosurface, which appears deeply incised by the rivers.

Le superfici terrazzate marine, limitate a monte dal "margin

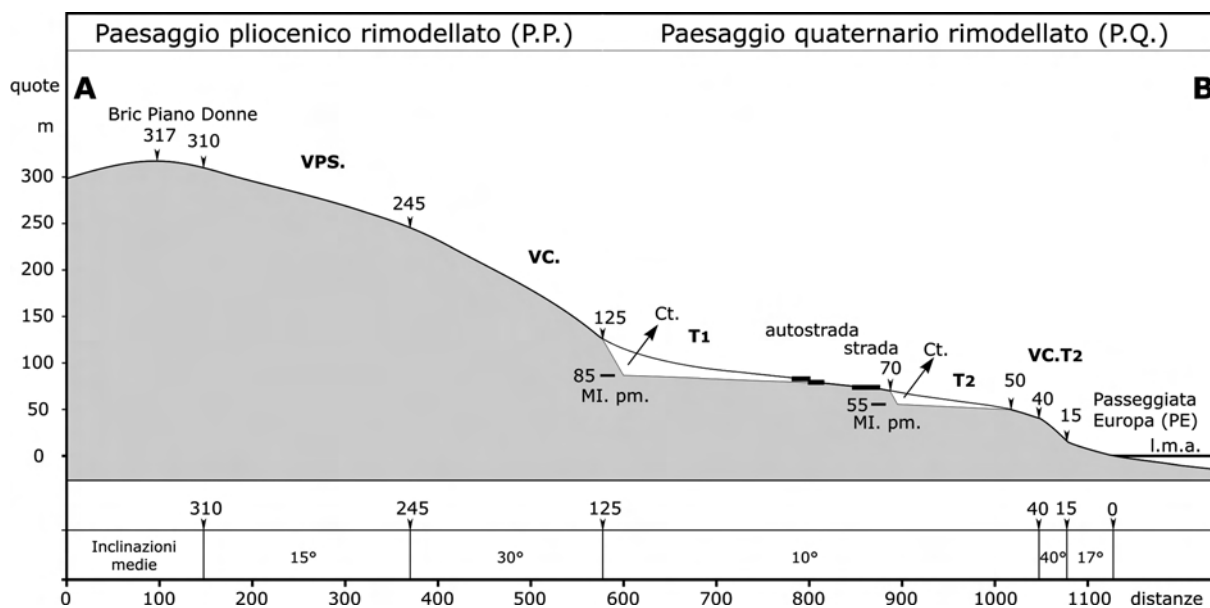


Fig. 3 - Il profilo A-B mette in evidenza gli aspetti più caratteristici presenti nell'area studiata (Tav. I) e in particolare: VPS.= versante costiero della Paleosuperficie pliocenica; VC.= versante costiero a monte del terrazzo del I ordine; T₁ e T₂= terrazzi marini del 1° e del 2° ordine; le piattaforme marine (pm.) hanno i margini interni (MI.) a 85 m in T₁ e a 55 m in T₂. I corpi terrazzati (Ct.) sono costituiti da depositi marini ricoperti da colluvium e colate detritiche; VC.T₂ è il versante costiero a valle del terrazzo T₂. Il piede del versante è qui a 15 m, ma in generale è a 10 m. Al di sotto di questa quota si estende il "Lungomare Europa" (PE). Nella riga in basso sono riportati i valori delle inclinazioni (confr. con Tab. 1) mentre nella riga in alto è segnato il limite tra il paesaggio pliocenico (P.P.) e quello quaternario (P.Q.).

The A-B profile highlights the most typical features of the study area (see Plate). They are specifically: VPS.= coastal slope of the Pliocene paleosurface; VC.= coastal slope above the first order terrace; T₁ and T₂= 1st and 2nd order marine terraces; marine platforms (pm.) have their inner margins (MI.) at 85 m in T₁ and at 55 m in T₂. The terraced bodies (Ct.) are composed of marine deposits covered with colluvium and debris flow materials; VC.T₂ is the coastal slope below the coastal terrace T₂. The toe of the slope is here at 15 m a.s.l., but generally his elevation is 10 m. Below this altitude the "Europa promenade" (PE) is located. In the bottom row the values of inclination are shown (cfr. Table 1) while in the top line the boundary between the Pliocene landscape (P.P.) and the Quaternary landscape (P.Q.) has been marked.

Tab. 1 - Valori di inclinazione dei versanti (Tav. I).
Slopes dip angle values (see Plate).

Sezione (Tav. I)	dislivello (m)	distanza (m)	inclinazione	valore medio degli angoli
VPS.1	70	240	16°	19°
VPS.2	119	320	20°	
VPS.3	124	320	21°	
VC.1	80	165	26°	25°
VC.2	150	295	27°	
VC.3	190	455	23°	
VC.T ₁ .1	75	155	26°	27°
VC.T ₁ .2	75	150	27°	
VC.T ₁ .3	60	95	32°	
VC.T ₁ .4	65	160	22°	
VC.T ₂ .1	50	65	37°	31°
VC.T ₂ .2	45	85	28°	
VC.T ₂ .3	45	90	27°	
VC.T ₂ .4	45	70	33°	
VC.T ₂ .5	50	90	29°	
VC.T ₂ .6	55	95	30°	
Punta Invrea	55	30-95	60°-30°	-
VV.d1	100	120	40°	34°
VV.s1	65	95	34°	
VV.d2	120	165	36°	
VV.s2	60	110	29°	
VV.d3	100	150	34°	
VV.s3	100	160	32°	

interno", sono limitate verso mare dal così detto "orlo esterno"; nel considerare la sua quota occorre tener presente che l'andamento dell'intero limite di una superficie terrazzata ha due origini diverse: la prima deriva dall'arretramento costiero causato dalla genesi del terrazzo marino immediatamente più basso; la seconda deriva invece dallo sviluppo delle incisioni valliche causato dal sollevamento dell'area.

Nella Tav. I è evidenziata questa differenza con due simboli diversi; nei calcoli sulle quote o sull'estensione dei terrazzi va considerato, ovviamente, l'orlo esterno che coincide con il limite superiore della "paleofalesia" degradata sottostante.

Nell'area, l'orlo esterno di questo 1° ordine di terrazzi risulta variare tra 70 e 90 m (da SO a NE) di quota.

La superficie terrazzata presenta sempre una buona copertura sedimentaria; il deposito marino è costituito in prevalenza da ghiaie e ciottoli, con spessore massimo riscontrato di 4-6 metri. I clasti, sempre ben arrotondati, possono raggiungere in determinate località il diametro di 50-100 cm; frequente la forma appiattita in litotipi scistosi. In superficie è sempre presente la copertura continentale, data da depositi colluviali limosi o da clasti spigolosi in matrice limosa derivanti da colate detritiche tipo *debris-flow*. Il loro spessore aumenta dall'orlo esterno verso il margine interno, dove può superare i 5 metri. Ciò permette di dedurre che la quota del margine interno "morfologico" del terrazzo è sempre più alto di diversi metri del limite interno della piattaforma marina ("Paleo-linea di riva geometricamente determinata" in CAROBENE, 2003).

Un esempio in località La Vignetta (superficie terrazzata a Nord di Punta della Mola - Fig. 8 in CAROBENE & FIRPO, 2002) mostra un margine interno morfologico collocabile tra 90 e 95 m s.l.m., mentre il margine interno riferito alla *superficie inferiore* del terrazzo (piattaforma marina) è ad una quota (ricostruita geometricamente) di 82 m. In base al deposito marino presente (spessore di circa 5 metri), la *paleolina di riva* si può porre a 85 m circa. Pertanto le quote del margine interno segnate in Tav. I sono sempre "valori in eccesso". La presenza di colluvium ha reso quasi sempre impossibile misurare la quota della paleo-linea di riva.

I depositi marini e continentali terrazzati si presentano fortemente pedogenizzati (colori prevalenti compresi nella Tavola Munsell 2.5 YR).

Sulla base di considerazioni morfologiche e dei tassi di sollevamento dedotti dagli affioramenti argillosi del Pliocene inferiore, il terrazzo del 1° ordine è stato attribuito da CAROBENE & FIRPO (2002) ad un generico Pleistocene inferiore (probabilmente finale); in base alle quote presunte della paleolina di riva (85-95 m, escludendo le superfici terrazzate a 115 m e quelle a 70-80 m), il tasso del sollevamento potrebbe avere valori compresi tra 0,08-0,1 mm/anno.

3.2.1. Relitti di terrazzi più alti del 1° ordine

L'unica testimonianza di un terrazzo marino più alto di quello del 1° ordine sopra descritto è un relitto di superficie con margine interno a +140 m, visibile in destra idrografica del Rio

Pescatori (Pi in Tav. I). La copertura continentale non ha permesso di riconoscere l'eventuale deposito marino; in particolare, il margine interno è caratterizzato da depositi colluviali molto arrossati. In sinistra idrografica, il dosso chiamato Bric San Giacomo (quota 149 m) potrebbe costituire una ulteriore testimonianza.

Un terrazzo marino (che non è stato oggetto di studio) sembra essere la vasta area suborizzontale chiamata Prato Zanino, in sinistra del T. Arrestra (non visibile in Tav. I, ma riportato in Fig. 1), con margine interno a 180 metri.

Poiché il tasso di sollevamento medio quaternario è stato ritenuto pari o minore di 0,1 mm/a (Cap. 5), la quota di 180 metri potrebbe indicare che questo vasto terrazzamento si è formato all'inizio del Pleistocene inferiore.

3.3. Il terrazzo marino del 2° ordine

Nell'area esaminata sono stati evidenziati 8 relitti di superfici terrazzate comprese tra un *orlo esterno* a circa 55 metri ed un *margine interno* a 65-70 metri (Tav. I). La corrispondente *paleolina di riva* è collocabile alle quote di 55-60 metri a causa delle coperture marino-continentali esistenti.

Lo scalino (paleofalesia degradata) che separa questo ordine terrazzato da quello immediatamente più alto, non è sempre facilmente individuabile a causa dell'urbanizzazione e dei processi di degradazione subiti dalle superfici (Tav. I).

L'ampiezza delle superfici relitte varia tra 50 e 150

metri; lo studio dei depositi terrazzati è difficilmente effettuabile a causa dell'antropizzazione.

Il forte rimodellamento subito da questo ordine terrazzato è stato causato dall'azione distruttrice degli alti livelli eustatici successivi, che hanno prodotto un consistente arretramento costiero; il processo erosivo è stato accentuato dal basso tasso di sollevamento dell'area (Bosi *et al.*, 1996). Ciò può aver prodotto, localmente, la totale scomparsa del terrazzo del 2° ordine.

Per attribuire un'età probabile a questo terrazzo va ricordato che la linea di riva del Pleistocene superiore (125.000 anni) non supera tra Savona e Genova (CAROBENE & FIRPO, 2002) la quota di 8 metri (vedi anche cap. 4); pertanto il tasso di sollevamento deducibile è inferiore a 0,03 mm/a (considerando pari a +4 l'originaria quota). La velocità di sollevamento è quindi diminuita nel tempo. Il terrazzo del 2° ordine, più basso di circa 30 m rispetto al precedente (e per tale ragione più recente), deve aver subito un sollevamento con un tasso minore di 0,08 – 0,1 mm/a (attribuito al terrazzo di 1° ordine). Assumendo, ad esempio, valori pari a 0,07 – 0,09 mm/a, l'età del terrazzo del 2° ordine cadrebbe tra 700 e 800.000 anni circa.

3.3.1. Altri ordini di terrazzi

Le ricerche sul terreno non hanno evidenziato altri terrazzi marini "sicuri", più bassi del 2° ordine sopra descritto. Un relitto di terrazzo potrebbe essere la superficie con margine interno a 35 m, segnalata in Tav. I (Pm), ma non sono state trovate prove certe della sua origine.

3.4. I versanti a valle dei terrazzi marini

In generale sono presenti due differenti situazioni: un unico versante che dall'orlo esterno del terrazzo del 1° ordine arriva al mare, oppure due distinti tratti di versante, qualora siano presenti entrambi gli ordini terrazzati. Il più ampio di questi si estende dall'orlo esterno del terrazzo del 1° ordine al livello del mare (VC.T₁); il più basso, dall'orlo esterno del terrazzo del 2° ordine alla linea di riva attuale (VC.T₂). Non è stata presa in considerazione la stretta striscia di versante compresa tra i terrazzi del 1° e del 2° ordine.

In sinistra del T. Arrestra il versante, visibile in Tav. I, va dall'orlo esterno del terrazzo del 1° ordine al margine interno (a 25 m s.l.m.) della piana costiera terrazzata.

Per comodità di trattazione, la descrizione è fatta per settori costieri (Tav. I); la parte più bassa del versante, ovvero la stretta fascia rocciosa a valle dell'antica linea ferroviaria viene descritta separatamente (Cap. 4).

Sempre per comodità di esposizione, sono stati utilizzati nuovi toponimi (riportati in Tav. I): Rio Vignetta, Rio Sant'Ambrogio, Rio Donne, Punta delle Donne e Punta dei Pescatori, privi di nome nella C.T.R. alla scala 1:5.000.

L'inclinazione dei versanti è stata calcolata dall'orlo esterno dei terrazzi alla quota di +10 m, posta a monte della vecchia ferrovia, in modo da escludere le piattaforme di abrasione ritenute tirreniane (FC₂); fa eccezione la sez. VC.T₂.1.

3.4.1. Il settore costiero A-B

Corrisponde alla tangente al tratto di costa com-

preso tra la fine della spiaggia in destra del T. Arrestra e Punta Alberto; la direzione è di 21° (Tav. I).

Il terrazzo del 2° ordine è assente; il versante costiero è inclinato di 27° (VC.T₁.2 - Tab.1). Si presenta comunque irregolare, in quanto solcato da due brevi corsi d'acqua che non attraversano il terrazzo a monte, ma ne erodono parzialmente il suo orlo esterno.

3.4.2. Il settore costiero B-C

Corrisponde alla tangente tra Punta delle Donne e Punta d'Invrea; la sua direzione è di 56°. La tangente evidenzia un tratto di costa che ha subito maggior arretramento, interno all'arco Punta delle Donne - Punta dei Pescatori; il terrazzo del 2° ordine è comunque sempre presente, pur smembrato dal Rio Pescatori e dal Rio Donne.

Il valore più alto di inclinazione del versante è stato calcolato in corrispondenza della Punta dei Pescatori (sez. VC.T₂.1 = 37°) dove è assente anche la piattaforma di abrasione. La sez. VC.T₂.2, in posizione più protetta, ha fornito un valore di 28° (Tab. 1).

L'inclinazione massima del versante si riscontra alla Punta d'Invrea, dove è presente una vera e propria falesia, con valori di inclinazione fino a 60°.

3.4.3. Il settore costiero C-D

Corrisponde alla tangente tra Punta della Mola e Punta delle Donne; la sua direzione è di 66° (Tav. I). Detta tangente è "la corda" di un arco costiero che ha il suo punto di massima rientranza in corrispondenza della foce del Rio Corvo. In questo tratto l'arretramento costiero ha fatto scomparire tutte le forme terrazzate comprese tra l'orlo esterno del terrazzo del 1° ordine e il tracciato della ferrovia. Ciò si riflette sull'inclinazione del versante che presenta un valore di 32° (sez. VC.T₁.3 - Tab. 1). In corrispondenza di Punta della Mola, dove l'arretramento è stato minore, l'inclinazione è invece di 22° (sez. VC.T₁.4).

Nei punti dove sono conservati relitti del terrazzo del 2° ordine, il versante a valle di essi ha valori di inclinazione compresi tra 27 e 33° (sezioni da VC.T₂.6 a VC.T₂.3, Tab. 1).

Questo primo settore mette subito in evidenza la varietà degli aspetti del versante che si sviluppa tra la Vecchia Ferrovia e l'orlo esterno del terrazzo del 1° ordine (quota 70-85 m), caratteristica che emergerà anche nei settori successivi.

3.4.4. Tratto costiero in sinistra del T. Arrestra

Anche in questo tratto è assente il terrazzo del 2° ordine, e il versante è compreso tra l'orlo esterno del terrazzo del 1° ordine e il margine interno (a +25 m) della sottostante superficie terrazzata. L'inclinazione misurata in VC.T₁.1 ha dato un valore di 26°.

3.4.5. Considerazioni sintetiche

I tratti di versante estesi a valle dell'orlo esterno dei terrazzi del 1° e del 2° ordine si presentano irregolari e con pendenze variabili. Il versante più ampio, tra la quota di +10 m circa e l'orlo esterno del terrazzo del 1° ordine, presenta un valore medio di inclinazione di 27°; il tratto di versante più basso, tra l'orlo esterno del terrazzo del 2° ordine e la quota di +10 m, ha una inclinazione maggiore che, mediamente, risulta di 31°.

È possibile quindi dedurre che il versante più gio-

vane è meno regolarizzato e più inclinato, risentendo maggiormente, rispetto a quello più antico, degli effetti dell'arretramento costiero verificatosi nel Pleistocene superiore.

Attualmente i versanti risultano stabilizzati sia dalla vegetazione, sia dai numerosi interventi legati all'urbanizzazione dell'area. In particolare un ruolo protettivo importante ha avuto la costruzione del tracciato ferroviario a fine '800.

Le caratteristiche morfologiche descritte (versanti costieri e terrazzi marini) sono ben rappresentate nella Fig. 3 (profilo A-B in Tav. I), mentre la Tab. 1 riassume, da un punto di vista quantitativo, la variazione delle inclinazioni dal versante più basso (VC.T₂) al versante costiero più alto (VPS.).

3.5. I versanti vallivi

Un altro aspetto morfologico rilevato è quello relativo ai versanti vallivi. Con riferimento ai tre corsi d'acqua principali presenti nell'area studiata si è osservato che la parte bassa dei versanti ha una pendenza costante e superiore a quella del tratto sovrastante. Questo aspetto è stato quantificato mediante la misura di 6 sezioni (Tav. I) denominate VV.3 (Rio Mola), VV.2 (Rio Partigliolo) e VV.1 (T. Arrestra). I valori dell'inclinazione sono stati calcolati sia per i versanti in sinistra idrografica, sia per quelli in destra (Tab. 1). Il campo dei valori trovati varia tra 29 e 40°, con una media di 34°; questo valore è superiore a quello *medio* di tutti i versanti a valle del terrazzo del 1° ordine (29°), e decisamente più alto di quello *medio* del versante costiero a *monte* del terrazzo del I ordine (VC. = 25°), e ancor più del versante appartenente alla paleosuperficie pliocenica (VPS. = 19°). Ciò testimonia l'approfondimento "recente" dei corsi d'acqua, successivo alla formazione e al sollevamento del terrazzo del 1° ordine.

3.6. Cenni sulle piane costiere

Il tratto costiero dove si sviluppa il Lungomare Europa è caratterizzato dalla "fascia rocciosa" (FC₂). Tale fascia è limitata a NE dalla piana costiera del T. Arrestra e a SO dalla piana del T. Teiro, parzialmente visibili in Tav. I.

Le piane si innalzano fino a 25 m circa, quota che si riferisce alla base del versante costiero che si estende (in generale) fino all'orlo esterno del terrazzo del 1° ordine (VC.T₁).

Nella fascia che si estende da 25 m al mare si possono riconoscere 3 unità morfo-sedimentarie: PC₁ - la piana alta, tra 10 e 25 m s.l.m.; PC₂ - la piana bassa, tra 5 e 10 m; PC₃ - la spiaggia emersa, tra 5 e 0 m. La prima è caratterizzata da imponenti depositi di piede di versante, pedogenizzati e con spessori che possono raggiungere i 10 metri. Questo corpo sedimentario è stato troncato verso mare dalla risalita eustatica olocenica, che ha dato origine alla piana più bassa (PC₂) per progradazione della spiaggia avvenuta nel corso degli ultimi millenni; la parte superiore di questa piana è costituita da parecchi metri di depositi alluvionali e coluviali. La terza unità è la spiaggia attuale (PC₃), sabbioso - ciottolosa, con tendenza all'arretramento. Là dove questo fenomeno è avvenuto, anche la piana PC₂ risulta troncata verso mare.

4. TRATTO DI COSTA ROCCIOSA A MARE DEL VECCHIO TRACCIATO DELLA FERROVIA

Lungo il percorso stradale, corrispondente al tracciato della Vecchia Ferrovia, si possono osservare forme e depositi, riferibili in gran parte al Pleistocene Superiore - Olocene, di origine sia marina che continentale.

Nel primo paragrafo vengono descritti 4 profili (sezioni geologiche S1 - S4 in Tav. I) che hanno fornito informazioni determinanti per la comprensione degli eventi che hanno modellato la costa. Nel secondo paragrafo (4.2.) sono esposte sinteticamente osservazioni effettuate lungo il percorso, utili per completare le considerazioni emerse dall'analisi dei 4 profili. Nel terzo paragrafo (4.3.) è riportata la descrizione di rientranze della paleofalesia, ritenute "paleo-insenature marine".

4.1. Descrizione delle Sezioni geologiche

La descrizione parte da NE, in destra del Torrente Arrestra, e termina a SO, in corrispondenza del Molo Nautilus, dove inizia la Piana alluvionale-costiera del Torrente Teiro (Tav. I). I valori delle giaciture relative alle fratture sono sempre riferiti al Nord e misurati in senso orario. Per brevità verrà indicato il solo valore dell'angolo; pertanto la misura N70°E verrà indicata con 70°, ecc.

4.1.1 Sezione S1 (Tav. I)

La sezione è stata effettuata all'inizio del tratto di costa rocciosa immediatamente a SSO della spiaggia sabbioso-ghiaiosa in destra della foce del T. Arrestra (Fig. 4).

Le misure di quota sono state eseguite con stadia e livello autolivellante; sono stati utilizzati punti quotati della C.T.R alla scala 1:5000, il livello marino medio ed indizi morfologici di quest'ultimo. Si presume che le misure siano affette da un errore non superiore a ±30 cm.

Questo primo tratto di costa (AB) si sviluppa in direzione 21°, condizionata da un netto e fitto sistema di fratture che interessano il substrato, costituito da peridotiti nero-bluastre, più o meno serpentinizzate; oltre a questo, sono stati misurati i seguenti sistemi: dir. 10°, 45°, 70°, 110-112°, 132°, 170°. Le inclinazioni variano in preferenza tra 75 e 85°; le immersioni possono anche essere opposte.

Dall'esame delle foto aeree sono stati ricavati i sistemi: dir. 40-45°, 76°, 94°, 114°, 175°.

Nella S1 sono evidenziati soprattutto i sistemi (Sf) a 45° e a 170-190°.

I sistemi di fratture ritrovati hanno condizionato l'erosione del promontorio e quindi giustificano la sua attuale forma.

Aspetti della piattaforma di abrasione (PA)

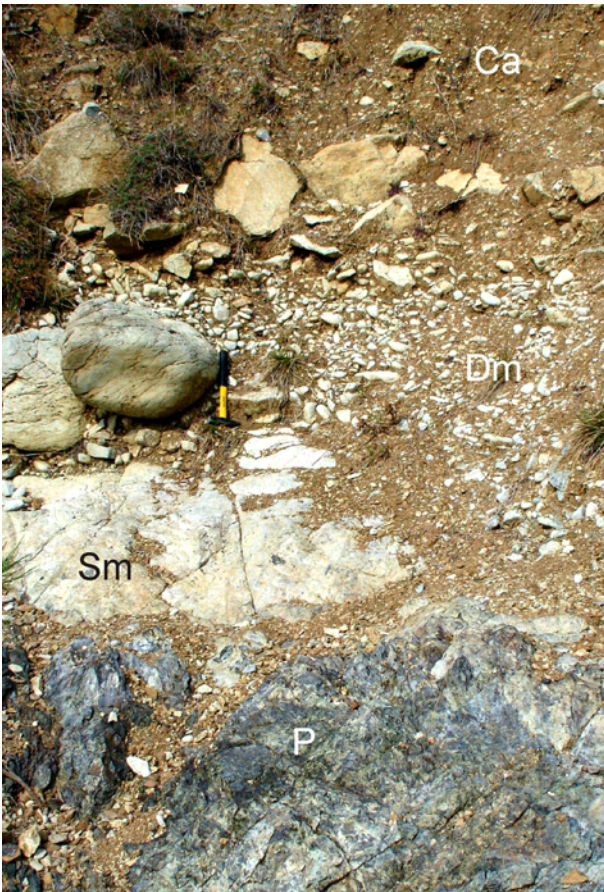
L'ampiezza della piattaforma è di circa 50 metri; l'orlo esterno è a 5,50 m, mentre il margine interno è a 7,20 m s.l.m. Solamente la parte verso terra della piattaforma è ricoperta da un lembo relitto di depositi, sia marini che continentali. La parte verso mare appare completamente rimodellata dal moto ondoso e dall'erosione subaerea in genere, favorita dai fitti sistemi di fratture. La superficie ricoperta dai depositi si presenta ben lisciata dal moto ondoso.

La piattaforma termina contro un relitto della paleofalesia, troncata a monte dalla costruzione della



Fig. 4 - Veduta del piccolo promontorio dove è stata eseguita la sezione S1 (Tav. I). A destra si estende verso mare la piattaforma priva di sedimenti (PAr), fortemente erosa e dove sono visibili le tracce di due importanti sistemi di fratture (f) (vedi sezione S1). A sinistra la piattaforma è invece ricoperta (PA) dai depositi marini e continentali (Dmc). Visibile anche il percorso dell'antica Ferrovia dell'800 (F).

View of the small promontory where the section S1 has been traced (see Plate). On the right the platform (PAr) extends itself toward the sea. No sediments stand upon the platform because of the strong erosion; the traces of two fracture systems (f) are visible (see section S1). On the left the platform (PA) is covered by marine and continental deposits (Dmc). The path of the railway built in the XIX century (F) is shown too.



massicciata ferroviaria.
I depositi
Come si è detto, la parte interna della piattaforma è coperta da un lembo relitto dell'originario deposito terrazzato, per una ampiezza massima di circa 35-40 metri.
a) Il deposito marino
Lo spessore è variabile, raggiungendo il suo massimo (circa 130 cm) in corrispondenza di depressioni del substrato.
Il sedimento è costituito quasi esclusivamente da ghiaie e ciottoli; nella parte inferiore sono presenti massi isolati con diametro massimo visibile di circa 1,5 m, ben lisciati dal moto ondoso, mentre i diametri prevalenti oscillano tra 5 e 15 cm, ma possono arrivare fino a 35 cm (Fig. 5). Nella parte intermedia i diametri sono compresi tra 1 e 6 cm, mentre il diametro prevalente è di 4 cm. Le dimensioni aumentano nella parte alta del deposito, con diametri fino a 10-15 cm; ciò potrebbe indicare la fase regressiva finale.
La forma dei ciottoli più frequente è prismatica allungata; ellissoidale o subsferica irregolare; meno frequentemente discoidale o prismatica appiattita. L'embriciatura è prevalentemente verso mare, ma non mancano casi di ciottoli immergenti verso terra. L'arrotondamento è variabile, prevalentemente buono o molto buono; presenti anche ciottoli poco arrotondati.

La litologia è monotona, data quasi esclusivamente da peridotiti più o meno serpentinizzate; esteriormente i ciottoli presentano una patina superficiale biancastra. La struttura del deposito è clasto-sostenuta, anche se gli interstizi sono riempiti da limi pedogenizzati di origine secondaria.

Le ghiaie marine passano bruscamente al sovrastante deposito continentale.

b) Il deposito continentale

È un lembo relitto di deposito di piede di versante, esteso tra 6 e 16 metri circa; il massimo spessore osservabile è di 8 metri. L'inclinazione verso mare della superficie del deposito è di 35°.

Gli aspetti tessiturali e strutturali sono osservabili

Fig. 5 - La superficie ben lisciata della piattaforma marina (Sm) taglia il substrato (P) costituito da peridotiti serpentinizzate color verde-scuro. Il top della superficie è (in questo punto) alla quota di 7 m circa. Il deposito marino (Dm) ha spessore variabile ed è costituito da clasti arrotondati (vedi Figg. 5 e 7) e da radi massi. Depositi colluviali antichi (Ca) ricoprono il deposito marino (vedi paragr. 4.1.1.).

The smoothed surface of the marine platform (Sm) cuts the bedrock (P) consisting of dark-green serpentinized peridotite. The top of the surface is at this locale at about 7 m a.s.l.. The marine deposit (Dm) has variable thickness and consists of rounded pebbles (see Figg. 5 and 7) and sparse boulders. Old colluvial deposits (Ca) cover the marine deposit (see paragr. 4.1.1.).

solamente nella parte bassa, per alcuni metri, in quanto l'accumulo appare oggi completamente ricoperto da vegetazione. Si presenta costituito da alternanze irregolari (Fig. 6), ma comunque ben definibili, di limi poveri di detrito, con livelli detritici a clasti spigolosi in matrice limosa. Nei primi i diametri della componente detritica sono inferiori a 5 mm; nei secondi il diametro dei clasti oscilla in prevalenza tra 1 e 10 cm, ma alcuni livelli presentano granulometrie inferiori (diametri minori di 5 cm), altri invece granulometrie maggiori (diametri fino a 12 cm circa). Alla base del deposito sono presenti isolati clasti spigolosi grossolani, con diametri fino a 20-40 cm.

I livelli prevalentemente limosi hanno spessori variabili tra 5 e 10 cm; quelli prevalentemente detritici hanno valori tra 10 e 20 cm. La loro inclinazione è mediamente di 10°.

La caratteristica struttura del deposito è dovuta all'alternanza di fasi di sedimentazione causate da prevalente dilavamento del versante, con fasi di trasporto in massa, originato da colamenti per soliflusso oppure da vere e proprie colate detritiche (*debris flow*).

Il deposito si presenta pedogenizzato, con colori Munsell misurati di 5 YR - 3/4 e di 7,5 YR - 3/4.



Fig. 6 - Aspetto del deposito colluviale antico (Ca) che ricopre le ghiaie marine (Dm) nella sezione S1 (v. Tav. I). Il colluvium (v. paragr. 4.1.1.) è caratterizzato da alternanze di strati ricchi di clasti spigolosi con strati più sottili prevalentemente fangosi (v. Figg. 6 e 7).

View of the old colluvial deposit (Ca) that covers the marine gravels (Dm) in section S1 (see Plate). The colluvium (see paragr. 4.1.1.) is characterized by the alternation of layers rich in angular pebbles and thinner layers with predominant muddy texture (see Figg. 6 and 7).

Il deposito sopra descritto passa in alto a un sedimento eterometrico, privo di evidenti strutture, poco coerente, con sparsi clasti centimetrici spigolosi che, nella parte bassa, raggiungono diametri di 10-15 cm. Esso presenta un grado di pedogenesi inferiore al precedente (colore Munsell 10 YR - 3/4). La stratigrafia dei depositi marini e continentali è riassunta in Fig. 7.

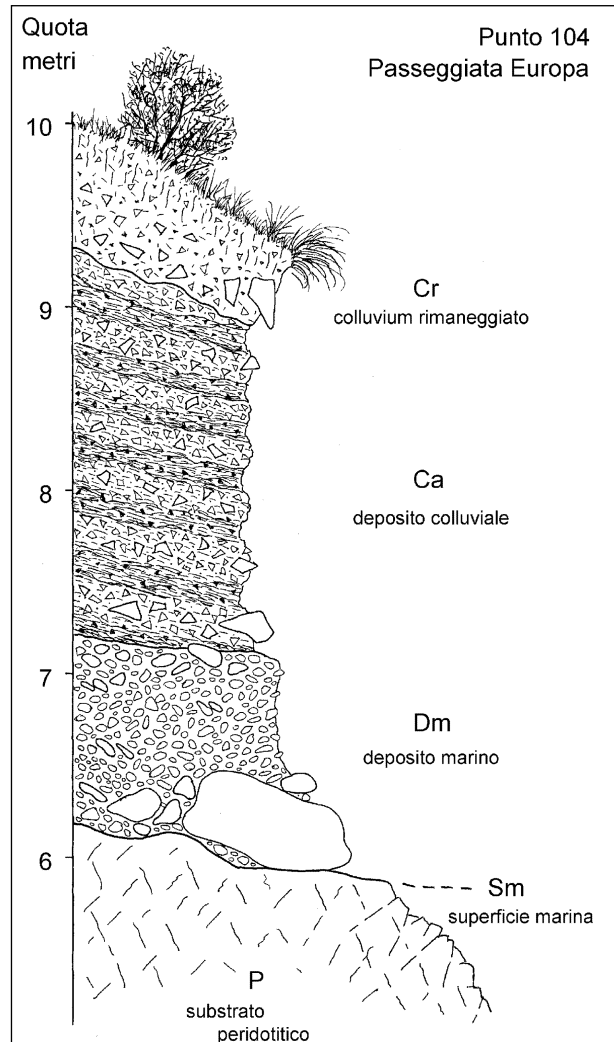


Fig. 7 - Colonna stratigrafica ricavata dai depositi conservati nella parte interna della piattaforma marina S1 (vedi profilo in Tav. I e paragr. 4.1.1.). Dm = deposito marino a ciottoli arrotondati, con clasti aventi diametro prevalente di 5 cm; in basso sono presenti alcuni massi con diametri fino a 50-100 cm e oltre; in alto diametri fino a 10-15 cm. Ca = deposito colluviale antico caratterizzato da alternanze di clasti spigolosi fino a 20-40 cm in matrice costituita da clasti di 1-2 cm e da pelite (vedi Fig. 6). Cr = colluvium rimaneggiato, poco coerente, con clasti spigolosi aventi diametri massimi di 10-15 cm. P = substrato costituito da peridotiti nero-bluastre molto fratturate. Sm = superficie di erosione marina lisciata dal moto ondoso.

Stratigraphic column derived from the deposits preserved in the inner part of the wave cut platform S1 (see profile in Plate and paragr. 4.1.1.). Dm = marine deposit consisting of rounded pebbles (generally the diameter of the pebbles is about 5 cm); at the base of the sequence some boulders with diameters up to 50-100 cm or more are visible while, at the top, the diameters are smaller (up to 10-15 cm). Ca = old colluvial deposit, characterized by alternation of angular pebbles up to 20-40 cm in a matrix consisting of fine pebbles (1-2 cm) and pelites (see Fig 6). Cr = reworked incoherent colluvium constituted by angular pebbles with diameters up to 10-15 cm. P = bedrock consisting of very fractured blue-blackish peridotite. Sm = marine erosion surface, smoothed by wave action.

Considerazioni sul paleolivello marino

Il terrazzo marino descritto è indicativo di una risalita eustatica che ha dato origine ad un alto stazionamento del mare ad una quota non inferiore a 7, 20 m (quota del *marginale interno* della piattaforma d'erosione). La facies del deposito marino non è tipica di un corpo di battigia, ma di un basso fondale ciottoloso, soggetto al moto ondoso. Si può pertanto ritenere che il livello di stazionamento sia stato superiore alla quota di 7,20 m.

I depositi continentali sopra descritti si sono originati durante il successivo abbassamento eustatico, in relazione a raffreddamento e piovosità e ad una drastica diminuzione della copertura vegetale sui versanti.

4.1.2. Sezione S2 (Tav. I)

Il profilo è stato misurato in sinistra del Rio Partigliolo, in direzione NO-SE, alla base di un ripido versante sottostante alla S.S. Aurelia. Il substrato peridotitico si presenta interessato da numerosi sistemi di fratture, tra cui prevalenti: dir. 100°-120°, incl. 60° (imm. SO); dir. 30°, incl. 60° (imm. SE) (ben visibili nel profilo, inclinate verso mare). Sono state misurate inoltre fratture e faglie con dir. 130°, incl. 65° (imm. NE) e fratture circa parallele al profilo, con dir. 140° (imm. SO) e 140° (imm. NE).

Ciò ha favorito l'erosione e la superficie si presenta perciò molto tormentata e irregolare; sedimenti sono conservati solamente nella sua parte più alta.

Aspetti della piattaforma di abrasione

L'ampiezza è di poco superiore a 40 metri; l'andamento altimetrico del profilo è complesso: un tratto intermedio si sviluppa tra 10 m (orlo esterno) e circa 10,50 m s.l.m. (marginale interno), per quasi 8 metri, privo di depositi e molto eroso e degradato.

Il tratto a monte, ampio circa 12 m, si sviluppa ad una quota leggermente più alta, da 11,60 a 12 m circa; esso appare troncato dalla trincea della linea ferroviaria. In corrispondenza del deposito marino la superficie della piattaforma appare ben lisciata e regolare. La presenza di grandi massi, per lo più spigolosi, testimonia che questo tratto era il piede della falesia. Le irregolarità del fondale hanno originato sacche riempite di ciottoli arrotondati.

La parte verso mare del profilo è interessata da evidenti fratture che interrompono la continuità della piattaforma, originando il relitto a 6,80 m e quello con quota massima di 5 metri.

Depositi

Sono presenti solamente nella parte più alta della piattaforma, tra 10,40 e 13,30 m s.l.m.

a) Il deposito marino

Il deposito marino si è preservato all'interno di leggere depressioni della piattaforma; è costituito da ciottoli la cui dimensione prevalente è di 10 - 15 cm, quella massima di 20 - 30 cm. La matrice, priva di sabbia, è costituita da ghiaia con diametri di 2 - 5 cm. La forma dei clasti è in prevalenza ellissoidica o appiattita; l'arrotondamento è buono o molto buono.

In parte mescolati all'interno del deposito ciottoloso marino, in parte sovrastanti, sono presenti grandi massi di crollo aventi asse maggiore fino a 1 - 2 m, massimo 2,70 m. Il deposito marino, che qui non è ricoperto da colluvium, mostra un intenso color ocra - rosso.

Considerazioni sui paleolivelli marini

La parte esterna della piattaforma, estesa tra 10 e 10,50 m s.l.m., appare distinta dalla parte interna, estesa tra 11,60 e 12,50 m s.l.m., da uno scalino di circa 1 metro, non così elevato tuttavia da permettere una sicura distinzione in due paleolivelli.

Il relitto di piattaforma a 7 m, per quanto ridotto, è nettamente distinto dal livello superiore prima citato; pertanto può essere considerata la testimonianza del paleolivello a 7,20÷8 metri, ben evidenziato nei profili S1, S3 e S4. Il relitto molto degradato a 5 m, potrebbe testimoniare un livello ancora più basso.

Questa sezione, pertanto, ha fornito un elemento di novità non presente negli altri profili; la sicura presenza di un livello più alto di quello deducibile dai profili S1, S3 e S4.

4.1.3. Sezione S3 (Tav. I)

La sezione è stata effettuata nel tratto di costa tra il Rio Corvo ed il Rio Sant'Ambrogio, in corrispondenza di un piccolo promontorio roccioso. Il settore in esame è caratterizzato da un evidente sistema di fratture, probabilmente faglie, in dir. 170-175° (circa parallele alla direzione del promontorio); fitti sistemi di fratture sono inoltre stati misurati con giaciture: dir. 175°, incl. 70° (imm. E); dir. 5°, incl. 65° (imm. O). Sono inoltre state misurate fratture trasversali: dir. 50°, incl. 60° (imm. SE); dir. 70°, incl. 55° (imm. SSE) e dir. 95°, incl. 80° (imm. S). Oltre alle misure di campagna, le foto aeree hanno permesso di ricavare fratture in dir. 140 e 165°. Nella sezione immergono verso mare le fratture a 50° e 70-95°; verso terra quelle in direzione 140-165°.

La roccia del substrato è costituita da metagabbri, a volte con foliazione immergente ad E o NE. Un centinaio di metri più ad Est, in corrispondenza della baia del Corvo, il substrato cambia e affiorano peridotiti più o meno scistose. Localmente la roccia si presenta milonitizzata e biancastra.

La direzione del profilo è circa N-S, condizionata da uno dei sistemi di frattura a 170-185°.

Aspetti della piattaforma di abrasione

Lo stretta prominenza rocciosa, che inizia dalla vecchia linea ferroviaria, si protende in mare per quasi 40 m; su di essa sono conservati i resti di una piattaforma di erosione tra 6,50 m (*orlo esterno*) e 8 m (*marginale interno*), estesa per circa 25 m. Nella parte verso mare (circa 17 metri) la piattaforma si presenta priva di sedimenti e molto erosa e frastagliata; l'erosione è stata favorita dai fitti sistemi di frattura menzionati. La parte verso terra presenta, invece, una superficie (per circa 8 m) nettamente lisciata dall'azione del mare e ricoperta da lembi relitti di deposito marino e dal sovrastante deposito colluviale.

Il taglio ferroviario ha interessato la parte bassa del versante roccioso, del quale rimane traccia nel profilo, da 7 a 10,5 metri.

La parte più esterna della piattaforma presenta un netto scalino di circa 2 m, che divide la parte alta della superficie da un relitto più basso, esteso per circa 3 m, con quota massima di 4,70 m. La correlazione con altri profili effettuati lungo la costa permette di considerare anche questo relitto come testimonianza di una piattaforma marina (vedi ad es. sezione S2).

I depositi

Il lembo dell'originario deposito di spiaggia si estende per 6-7 m, protetto dalla copertura offerta dal sovrastante deposito di piede di versante.

a) Il deposito marino

Il sedimento osservabile è costituito da ciottoli decimetrici arrotondati, sui quali poggiano clasti appiattiti immergenti verso mare, monogenici, con il diametro maggiore di 5-15 cm, passanti rapidamente in alto a clasti di minori dimensioni. Lo spessore complessivo non sembra superare il mezzo metro.

Il deposito è clasto-sostenuto, ma l'originaria porosità è stata riempita da limi colluviali di infiltrazione successiva.

b) Deposito continentale

Ricopre parzialmente, come sopra accennato, il deposito marino. Nel breve tratto di versante tra la ferrovia ed il margine interno della piattaforma marina, il deposito poggia direttamente sulla roccia del substrato per uno spessore di circa 1 m. Risulta costituito da un colluvium limoso a clasti millimetrici, e da orizzonti irregolari di clasti spigolosi in matrice limosa. Il deposito si presenta pedogenizzato, con colore Munsell 7,5 - 4/6.

L'intero lembo dei depositi, sia marini che continentali, è ricoperto da vegetazione.

Considerazioni sul paleolivello marino

Per quanto l'affioramento descritto sia limitato, la nettissima embriciatura dei ciottoli indica un deposito di battigia; al paleolivello di stazionamento si può pertanto attribuire una quota simile, ovvero circa 8 m s.l.m. Ad esso è attribuibile il relitto di piattaforma esteso tra 6,60 m e 8 m.

Il piccolo relitto di superficie (con quota massima a 4,70 m) citato precedentemente nella descrizione del profilo, potrebbe essere invece riferito ad uno stazionamento marino alla quota di circa 5 m.

4.1.4. Sezione S4 (Tav. I)

La sezione è stata effettuata in destra del Rio Corvo, in un punto in cui la fascia rocciosa, non più ampia di 40-45 m, è con grande evidenza condizionata dal sistema di fratture con direzione 24-29° e dal sistema a 118-128° ad esso trasversale, ben riconoscibili dalle foto aeree; nella sezione queste fratture hanno immersione verso terra. Sul terreno è stato misurato un sistema di fratture con dir. 35-40°, incl. 65° (imm. NO); un altro sistema misurato è in dir. 95°, incl. 80-85° (imm. N). Entrambi i sistemi appaiono molto netti.

Le rocce affioranti in quest'area sono i gabbri a grossi cristalli, localmente interessati da evidente scistosità, con superfici poste circa NNE-SSO e immersione verso mare.

La direzione del profilo effettuato è 135-140°.

Aspetti della piattaforma d'abrasione

Il profilo rappresentato nella sezione S4 di Tav. I mostra nella parte più esterna un relitto di piattaforma estesa circa 15 m, ampiamente rimodellata dal mare attuale, la cui superficie non sembra superare 1 m di quota (non è stata effettuata una misura diretta).

Separata da una falesia di circa 6 m, si estende verso riva un secondo relitto di piattaforma, ampio circa 12 m, compreso tra un *orlo esterno* a 6,50 m e un margine interno a 7,70 m s.l.m. La parte verso mare è priva di sedimenti e la sua superficie superiore si presenta erosa e accidentata; la parte verso terra, invece, è protetta da un lembo di sedimenti in parte marini ed in parte continentali. Essi ricoprono una superficie regolare e liscia di origine marina, che termina in corrispondenza di un relitto di paleofalesia che va a raccordarsi con il versante al di là della Vecchia Ferrovia; la superfi-

cie del versante ha una inclinazione di 35°.

Poco significativo il breve relitto a +3,95 m; esso, tuttavia, potrebbe essere una testimonianza della piattaforma a +5 m circa (vedi anche sezioni S2 ed S3).

I depositi marini e continentali

Sulla superficie interna della piattaforma più alta poggiano ciottoli di forma sia sferoidale che appiattita, ben arrotondati, con dimensioni variabili da pochi centimetri a qualche decimetro. I ciottoli appiattiti sono embriciati verso mare.

Il deposito marino ha uno spessore inferiore a 0,5 m. Esso è direttamente ricoperto da grossi blocchi spigolosi franati e da un lembo relitto di deposito colluviale pedogenizzato, avente spessore di circa 2 m.

Considerazioni sui paleolivelli marini

Il relitto esterno, con superficie a circa 1 m s.l.m., può essere ritenuto la testimonianza di una piattaforma marina, confermata dalla presenza di un solco di abrasione, visibile lateralmente al promontorio, avente il punto di massima rientranza a circa 1-1,5 m s.l.m.

Il relitto della piattaforma superiore, con il lembo di depositi marini che non supera gli 8 metri sul livello del mare, può testimoniare un antico stazionamento ad una quota equivalente.

4.2. Punti di descrizione di forme e depositi lungo la costa rocciosa

I 4 profili descritti documentano in maniera esemplificativa le forme e i depositi prodotti dagli stazionamenti eustatici lungo il tratto costiero roccioso a valle dell'antica ferrovia. Lungo il percorso, tuttavia, sono presenti numerose altre testimonianze che confermano o completano le descrizioni sopra effettuate.

I punti di osservazione, numerati progressivamente da Cogoleto a Varazze (P1-P17 in Tav. I), documentano 4 differenti caratteristiche:

A) *Bassi stazionamenti eustatici*

Al Punto 8 è presente un piccolo promontorio in serpentiniti che, da 7-8 m di quota, si abbassa rapidamente verso mare dando origine ad una piattaforma molto degradata a 2-4 m s.l.m., per un'ampiezza di 20-40 m.

Sul lato occidentale del promontorio su cui è stata misurata la sezione S4, è presente una stretta piattaforma che si raccorda ad un solco di abrasione marina con massima rientranza a circa 1,5 m s.l.m.

B) *Livello marino a 7-8 metri*

Relitti sono presenti nell'ampio promontorio di Punta d'Invrea (Punto 4); lungo il tratto di costa a SO del Rio dei Pescatori (Punti 5 e 6). Nel primo è conservato un lembo del detrito di falda che ricopriva il margine interno della piattaforma; nel secondo sono presenti ciottoli arrotondati. Al Punto 7 si osservano relitti degradati a 7-8 m, con lembi di copertura continentale; al P11 e P12 ciottoli e massi arrotondati sono conservati a 7,5-8 m, al margine interno di 3 piccoli promontori. Un altro relitto è presente al P15 a circa 7 m, mentre al P16 il top del relitto è a circa 8 m. Infine, a Punta della Mola (P17), un relitto della piattaforma è stato misurato a 7-8 m s.l.m. (Fig. 8).

C) *Livello marino a 11-12 metri*

L'alto livello di stazionamento riconosciuto dall'analisi della sezione S2 trova parziali conferme in altri punti della costa. Sul versante sinistro dell'insenatura P_{m1} (punto P1) è visibile tra 10 e 12 m circa s.l.m. un



Fig. 8 - Parte iniziale, verso Varazze, del "Lungomare Europa" (Punta della Mola - Punto 17 in Tav. I). La Villa poggia su roccia a 10-12 m s.l.m., probabilmente in corrispondenza del margine interno di una superficie di abrasione marina, testimoniata dal relitto a +8,3 m (foto scattata da NE verso SO).

Beginning of the "Europe Promenade", close to Varazze (Punta della Mola - Point 17 in Plate). The house (Villa Araba) was built on the bedrock at 10-12 m a.s.l., probably at the inner margin of a marine abrasion surface which is testified by a relic at +8.3 m (the photo was taken from NE to SW).

relitto di superficie di abrasione sulla quale poggiano abbondanti ciottoli arrotondati con diametro prevalente di 2-5 cm. Lo "spuntone" roccioso immediatamente a valle della vecchia ferrovia conserva a 11,4 m s.l.m. ciottoli centimetrici ben arrotondati, spesso appiattiti (Fig. 9). Un relitto della piattaforma a +12 m è conservato al P3; un altro è visibile al P14, dove la superficie è liscia e arrossata. Infine, alla Punta della Mola una costruzione, chiamata "Villa Araba", è fondata su un ripiano a 12 m s.l.m. (Fig. 8).

D) Testimonianze di massi arrotondati isolati

Un aspetto particolare dell'area esaminata è costituito da massi arrotondati, con diametri che raggiungono o superano il metro, presenti nella parte interna (più alta) delle piattaforme. Sono visibili al P6, a circa 8 m di quota, poggianti su ciottoletti arrotondati e appiattiti; al P10 i massi, il cui diametro supera il metro, poggiano sulla superficie a 9,25 m s.l.m. Massi arrotondati sono inoltre osservabili al P11 (Fig. 10) e al P14 (a +11,5 m). Sul piccolo promontorio corrispondente al P16 i massi poggiano sulla superficie a circa 8 metri.

L'origine dei massi può essere il "riciclaggio", come sembrano testimoniare gli

aspetti visibili ai Punti 9 e 13. Nel primo caso i massi sono incastrati nell'asse del Rio Corvo, e sono visibili dal ponticello che l'attraversa lungo il Lungomare Europa. Nel secondo caso i massi sono incuneati in una stretta incisione, a monte dell'antica ferrovia, dove il versante che si raccorda all'orlo esterno del terrazzo del 1° ordine ha un'inclinazione di 31°. I massi sono stati segnalati più volte sul terrazzo del 1° ordine (CAROBENE & FIRPO, 2002). Il fenomeno del riciclaggio è stato ampiamente dimostrato per i terrazzi marini in destra Trionto, nella Calabria ionica (CAROBENE, 2003).

4.3. Descrizione delle paleoinsenature marine

Lungo il tracciato del Lungomare Europa sono state osservate numerose rientranze del versante costiero interpretate, per le loro caratteristiche, come "Paleoinsenature" di origine marina (P_m in Tav. I). Esse presentano le seguenti caratteristiche:

- 1) 7 insenature su 8 sono fronteggiate da una spiaggia ghiaioso-sabbiosa. In questi casi la striscia rocciosa a valle della vecchia linea ferroviaria è assente.
- 2) In 4 casi su 8 l'insenatura coincide con lo sbocco a mare di un corso d'acqua (insenature n. 1, 3, 4 e 6). Nei 4 casi in cui il corso d'acqua è assente, l'insenatura ha dimensioni più ridotte.
- 3) Le rientranze presentano versanti più ripidi del



Fig. 9 - A destra relitto di una piattaforma a 10-11 m s.l.m. (il piano stradale è a circa 7,5 m). A sinistra l'ingresso di una delle 7 gallerie che si aprono lungo il percorso del "Lungomare Europa".

On the right a relic of a platform at 10-11 m a.s.l. (the road is about at 7.5 m in elevation). On the left the entrance of one of the 7 galleries found along the "Europe Promenade".



Fig. 10 - Massi arrotondati con diametro che può superare il metro poggiano su una superficie di abrasione riferibile alla linea di riva a 11,5-12 m. Sulla superficie sono conservati anche abbondanti clasti arrotondati e appiattiti con diametro di qualche cm. I massi provengono probabilmente dallo smantellamento dei terrazzi del 1° e del 2° ordine (Punto 11 in Tav. I).

Rounded boulders, with a diameter that can exceed one metre, lay on a abrasion surface referred to a shore line at 11.5-12 metres in height. On the surface abundant rounded and flattened pebbles, with centimetric diameters, are preserved. The boulders probably derived from the erosion of the 1st and 2nd order terraces (point 11 in Plate).

versante costiero in cui sono inserite. Il limite superiore della rientranza s'innalza fino a 45-65 m di quota nelle insenature n. 3, 4, 5, 6 e 8, mentre è tra 20 e 25 m nelle rimanenti.

4) Tra il piede dei versanti della rientranza e la linea di riva si sviluppa a volte (insenature n. 3, 4, 5 e 6) una base piana, inclinata verso mare (FC1 in Tav. I), che si raccorda alla spiaggia attuale (FC₃ in Tav. I). Il limite superiore di queste piane varia da 5 a 15 m e ai loro bordi sono presenti depositi colluviali.

Considerazioni genetiche

Le caratteristiche sopra elencate permettono di considerare le rientranze esaminate come testimonianze di piccole *pocket-beach* e di attribuire la loro genesi all'interglaciale tirreniano (MIS 5.5) oppure all'alto eustatico olocenico. In corrispondenza delle Insenature n. 1, 3, 4 e 6 l'azione del mare è stata favorita dalla presenza delle foci

citare in precedenza. L'apporto di detrito dai versanti e dai corsi d'acqua ha successivamente provocato il progressivo riempimento della cala, fino alla formazione della spiaggia antistante attuale.

Le insenature sollevate

Possono essere considerate di origine marina anche altre rientranze presenti lungo i versanti; la più probabile è l'insenatura n. 9. Tale insenatura (PI_m9 in Tav. I) si sviluppa tra 30 e 50 m di quota. L'antropizzazione non ha permesso di effettuare osservazioni sufficienti a stabilirne l'esatta genesi. Per analogia con le precedenti, essa è stata tuttavia considerata una paleo-insenatura marina; in questo caso l'antico livello di stazionamento deve essere collocato tra 30 e 35 m di quota. Una testimonianza di questo alto livello potrebbe essere il piccolo relitto di spianata (P_m in Tav. I) presente tra il T. Arrestra e il Rio Partigliolo.

4.4. La Grotta Mizar

La "Grotta Mizar", mai citata in precedenza nei lavori scientifici e non segnalata nelle carte topografiche, è stata così denominata da Carobene e Firpo nel 2001. Si apre all'estremità verso mare di un piccolo promontorio (Punta Alberto - P2 in Tav. I) che chiude una stretta insenatura (PI_m2 in Tav. I) con spiaggia sabbioso-ciottolosa (Fig. 11).

La grotta presenta peculiarità uniche: è interamente scavata in roccia peridotitica e presenta ancora al suo interno un lembo del deposito marino a testimonianza della sua origine.

L'aspetto genetico

La grotta si è imposta e sviluppata in corrispondenza di una evidente frattura con dir. 205° e incl. 60-65° (imm. ESE) (Fig. 12 e Fig. 13), uguale a quella che ha condizionato la direzione della linea di costa (Fig. 1). L'alto stazionamento marino responsabile della genesi della grotta ha originato una piattaforma di abrasione,



Fig. 11 - Il promontorio dove si apre la Grotta Mizar (Punto 2 in Tav. I). A SO è presente una piccola insenatura, la cui spiaggia ghiaiosa è alimentata dall'erosione della falesia. Il relitto terrazzato si sviluppa tra 20 m e 30 m.

The promontory where the "Mizar cave" opens toward the sea (Point 2 in Plate). To the SW is a small inlet, whose pebble beach is fed by the erosion of the cliff. The terraced relic stands between 20 m and 30 m.

estesa attualmente per circa 7 m all'esterno della grotta e troncata verso mare dalla falesia attuale; il relitto di tale piattaforma risale debolmente verso l'interno della grotta, da 8,70 m a 9,25 m.

Sulla piattaforma, al disotto di un pavimento in cemento e mattonelle, si ritrovano sabbie e ciottoli arrotondati (Fig. 14). Le onde, risalendo sulla piattaforma, hanno allargato progressivamente (durante l'alto stazionamento) la zona di fratturazione sopra citata, originando pareti dalla caratteristica *forma parabolica* visibile sia nel profilo trasversale (Fig. 15) sia nel profilo longitudinale (Fig. 16). L'incavo alla base delle pareti viene qui denominato, per la sua forma ed origine, "Solco parietale di abrasione marina" (Fig. 15 e Fig. 13).

Le condizioni morfologiche del fondale antistante hanno provocato (così come provocano ancora oggi in condizioni analoghe) un considerevole innalzamento del mare, che può facilmente aver superato i 2 m. Poiché il punto di massima rientranza sul fondo della grotta è stato misurato a + 9,73 m (Fig. 16), è lecito supporre che il livello medio del mare (durante i periodi di calma) fosse decisamente più basso. Le considerazioni sopra esposte permettono di attribuire la genesi della grotta allo stazionamento marino a 7,5÷8 m s.l.m. riconosciuto nelle sezioni esposte al paragrafo 4.1.

5. RAPPORTI TRA MORFOLOGIA E TETTONICA

5.1. Il sollevamento

L'area ha subito un sollevamento plio-quadernario, già discusso da CAROBENE & FIRPO (2002) per il settore costiero Savona-Genova. Tenendo conto sia della quota dei terrazzi marini presenti, sia dell'età, della batimetria (NEGRI *et al.*, 1997) e delle quote delle argille del Pliocene inferiore affiorante (ROVERETO, 1934), CAROBENE & FIRPO (2002) hanno ipotizzato un primo sollevamento pliocenico relativamente veloce (tasso medio vicino a 0,2 mm/a), che avrebbe portato (nell'arco di 2 milioni di anni) le argille plioceniche (con batimetria presunta di 400 metri) a livello del mare. A questo avrebbe fatto seguito un sollevamento quadernario più lento, che ha portato dette argille (non affioranti nell'area di studio ma nei settori limitrofi) a

circa 100 m di quota. Ciò comporta un tasso medio di sollevamento 4 volte minore. Il calcolo presenta vari punti d'incertezza legati alla valutazione precisa della batimetria delle argille, alla loro reale quota d'affioramento, alla effettiva data d'inizio del sollevamento. Ad ogni modo è difficile ipotizzare, per tutto il periodo plio-quadernario, un tasso medio di sollevamento prossimo o superiore a 0,2 mm/a, perché in questo caso le argille del Pliocene inferiore si troverebbero a 400 m sul livello del mare. Ciò si verifica in Liguria solamente lungo la



Fig. 12 - Ingresso della grotta Mizar scavata dal mare in corrispondenza di una frattura (dir. 205°, imm. ESE, incl. 65° - Vedi Fig. 13). La roccia è una peridotite serpentinizzata. All'interno, sotto al pavimento con mattonelle, è ancora presente il deposito marino (v. Fig. 14).

The "Mizar cave" entrance. The sea cave was carved in correspondence of a fracture (strike 205°, dip 65°, dip direction ESE - See Fig. 13) affecting the serpentinized peridotite. Inside, beneath the tile floor, there is the marine deposit (see Fig. 14).

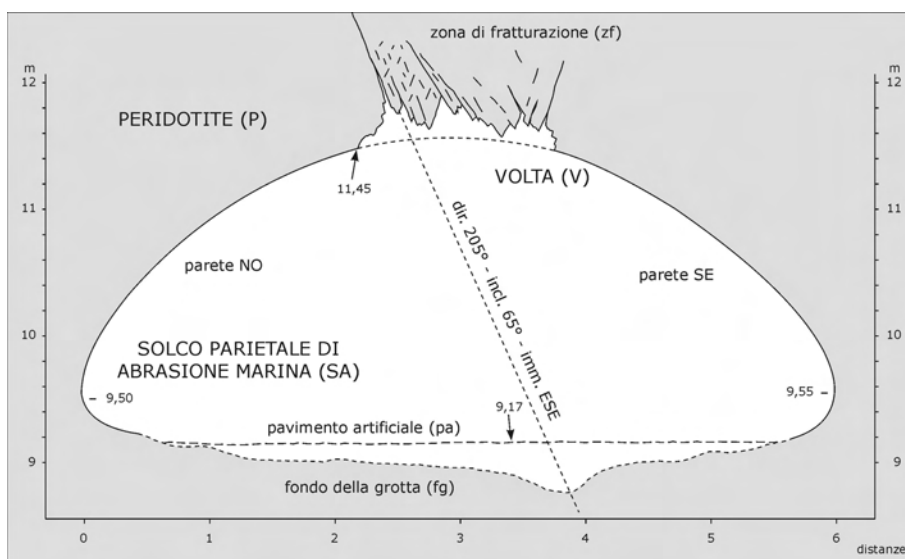


Fig. 13 - Profilo trasversale eseguito all'ingresso della Grotta Mizar. Esso mette in evidenza i principali caratteri morfologici, in particolare il "Solco parietale di abrasione marina" (SA) e la volta (V).

Transverse profile of the "Mizar cave" entrance. The main morphological characters are shown, in particular: the "marine abrasion parietal notch" (SA) and the roof of the cave (V), the rocky bottom of the cave (fg) covered both by sediments and artificial floor (pa). The cave is developed along the fracture zone (zf) affecting the peridotite (P).



Fig. 14 - Deposito affiorato da uno scavo effettuato nel pavimento, nella parte interna della grotta. La foto mostra ciottoli ben arrotondati, spesso appiattiti, con diametri prevalenti di 5-10 cm. I ciottoli sono immersi in sabbia pedogenizzata.

Deposit excavated beneath the cave floor. The photo shows well rounded pebbles, often flattened, with prevalent diameters of 5-10 cm. The pebbles are embedded in sand with pedogenesis evidence.



Fig. 15 - Aspetto della parete di NO della Grotta Mizar (v. Fig. 13), caratterizzato da una regolare rientranza denominata "solco parietale di abrasione marina". Il "punto di massima rientranza" del solco si abbassa verso l'esterno, da 9,73 a 9,50 m circa (inclinazione di circa 2-2,5°).

NW side of the "Mizar cave" (see Fig. 13), characterized by a smooth curved surface called "marine abrasion parietal notch". The "point of maximum retreat" of the notch lower itself to the outside, from 9.73 m to 9.50 m in height (dip angle about 2-2.5°).

costa di Ponente, dove il settore più sollevato appare quello compreso tra il confine di Stato (M. Bellenda, 541 m) e Taggia (Punta Pistorin, 486 m), mentre tra Taggia e Genova il Pliocene si ritrova generalmente sotto la quota di 100 m (ROVERETO, 1934; BONI & PELOSO, 1973; MARINI, 2001). E' lecito ritenere, pertanto, che nel Quaternario il tasso medio di sollevamento sia stato minore di 0,1 mm/a come ipotizzato da CAROBENE & FIRPO (2002), in base alle quote del Pliocene affiorante e ai suoi rapporti con il terrazzo del 1° ordine (vedi anche CAROBENE, 2004). Poichè la quota del Tirreniano (MIS 5.5) nella Liguria di Ponente non supera mai gli 8 m, e solamente ai Balzi Rossi (confine di Stato) è di qualche metro più alto, il corrispondente tasso di sollevamento non supera 0,03 mm/a e, come conseguenza, la velocità di sollevamento iniziale è andata progressivamente diminuendo nel Quaternario.

I due ordini di terrazzi (rappresentati in Tav. I) con margini interni alle quote di 70÷115 m e di 65÷70 m, e con copertura sedimentaria marina e superfici terrazzate ancora abbastanza ben conservate, sono pertanto attribuibili, rispettivamente, al Pleistocene inferiore finale e al Pleistocene medio iniziale.

Il lento sollevamento subito successivamente dal settore costiero (valore medio minore di 0,1 mm/a) non ha favorito la conservazione delle linee di riva che progressivamente si formavano nel tempo. Solamente alla quota di 7,5-8 m circa (margine interno della piattaforma marina) è ben riconoscibile la linea di riva più bassa e più recente; essa è attribuibile perciò al Tirreniano, per analogia con le ricerche svolte a Voltri-Palmaro, circa 12 km a NE dell'area studiata (CAROBENE & FIRPO, 1994).

La morfologia del settore costiero esaminato è, quindi, fortemente condizionata dall'entità del sollevamento sopra menzionato; esso ha dato origine alla rete idrografica oggi visibile ma, contemporaneamente, lo spostamento nel tempo della linea di riva verso mare è stato molto minore di quanto sia accaduto nelle aree a forte sollevamento.

CAROBENE (2003) ha proposto il calcolo dell'angolo derivante dal rapporto "sollevamento quota terrazzo/distanza dalla linea di riva" quale indicatore di questo fenomeno. I terrazzi calabresi della costa ionica (zona del Trionto - Rossano), soggetti ad un sollevamento medio di 0,56 mm/a (BIGAZZI & CAROBENE, 2005), hanno fornito valori di detto rapporto compresi tra 2,1° e 3°. Il terrazzo alto dell'area studiata nel presente lavoro (margine interno di quota circa 100 m) e distanza media da riva di circa 400 m, fornisce invece un valore di ben 14°. Tale differenza è determinata dal maggior tasso di sollevamento della costa ionica, che si traduce in una miglior conservazione del versante e dei terrazzi che si sono sollevati nel tempo. Un fattore che può

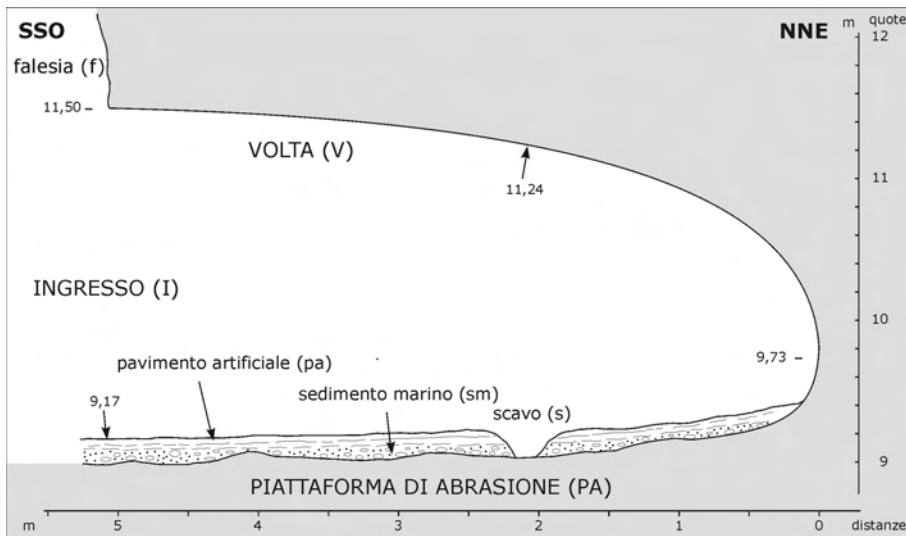


Fig. 16 - Sezione longitudinale della Grotta Mizar. La piattaforma di abrasione presegue anche all'esterno della grotta per 7 metri (con inclinazione di 2,5-3° circa) ed è troncata dalla falesia attuale. Il sedimento marino messo in evidenza dallo scavo è visibile in Fig. 14.

Longitudinal section of the "Mizar cave". The roof profile (V) has a very regular shape. The abrasion platform (PA) continues for 7 m outside the cave and it is cut by the cliff. The marine sediment (sm) pointed out by the excavation (s) is visible in Fig. 14. Symbols: pa = artificial floor; f = cliff.

condizionare tale rapporto è costituito, ovviamente, dalla litologia del substrato.

5.2. Sistemi di fratturazione e di faglie

Le fratture sono state misurate solamente lungo la stretta fascia rocciosa costiera (la larghezza è generalmente inferiore a 50 m) compresa tra il tracciato della Vecchia Ferrovia e la linea di riva attuale; qui la roccia è affiorante tra circa 10 m ed il livello mare. Le fratture presentano spaziatura centimetrica o decimetrica ed inclinazioni prevalenti fra 60° e 80°. Circa 2/3 delle misurazioni sono state fatte direttamente sul terreno, mentre i restanti valori sono stati ricavati dall'analisi delle foto aeree, sia in bianco e nero (volo del 31/7/95), sia a colori (volo del giugno-settembre 1974).

Su un diagramma circolare, suddiviso in settori da 10°, sono stati riportati 111 valori di direzione; ciò ha permesso di ricavare il diagramma a rose della Fig. 17. Sono riconoscibili 5 raggruppamenti principali (i valori sono sempre misurati in senso orario a partire da Nord):

- 1) 351°-10°: valore centrale della classe modale 355°; valore medio 3°
- 2) 11°-30°: valore centrale della classe modale 25°, valore medio 21°
- 3) 51°-70°: valore centrale della classe modale 60°, valore medio 62°
- 4) 81°-110°: valore centrale della classe modale 95°, valore medio 97°
- 5) 121°-140°: valore centrale della classe modale 135°, valore medio 131°

Una conferma di questi sistemi, ricavati a scala locale, viene da un'analisi dei principali lineamenti effettuata su una vasta area dell'entroterra tra Albissola e Cogoleto, raggruppabili in 3 classi molto nette: 1) 20°-25°; 2) 50°-60°; 3) 125°-140°, perfettamente coerenti con i raggruppamenti di fratture 2, 3 e 5 sopra riportati.

Una parte dei lineamenti studiati, ricavati dallo studio della morfologia e dell'idrografia dell'area, è

riportata in Fig.1, dove compaiono 3 gruppi principali: 1) 21°-23°; 2) 55°-60°; 3) 125°-136°.

Le rocce affioranti, metagabbri e peridotiti serpentinizzate, hanno quindi avuto un comportamento fragile durante le fasi di sollevamento plio-quadernario. Ciò ha determinato faglie subverticali e sistemi di fratture che hanno giocato un ruolo determinante sull'evoluzione morfologica quadernaria del paesaggio: indizi di questa influenza si ricavano dall'andamento dei crinali e dei versanti, dalla direzione dei corsi d'acqua e della linea di costa. È interessante notare, infine, che le direzioni dei principali raggruppamenti modali individuati nel corso di questo studio coincidono con le direzioni delle strutture fragili, riportate in MARINI (1987), che interessano gli affioramenti pliocenici di Lerca-Sciarborasca. In particolare, secondo l'Autore, i piani

con direzione N-S ed E-O, corrispondenti a quelli delle classi 1) e 4) sopra evidenziate, costituiscono, rispettivamente, i piani di taglio principali ed ausiliari delle deformazioni fragili che, a partire dal Pliocene inferiore, avrebbero controllato la sedimentazione dei depositi pliocenici.

5.3. Il frazionamento e la dislocazione del terrazzo del 1° ordine

Il terrazzo alto presenta tra il Rio Mola a SO e il T.

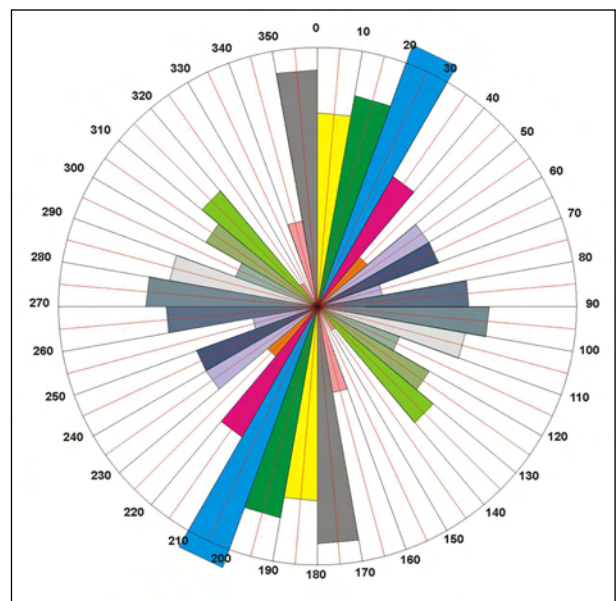


Fig. 17 - Diagramma a rosetta relativo alla direzione delle fratture misurate lungo la costa rocciosa (FC2 in Tav. I).

Rose diagram of the fracture's strike measured along the rocky coast (FC2 in Plate).

Arrestra a NE un margine interno variabile da 95 m a 105 m s.l.m.; subito ad Ovest del Rio Mola la quota scende a 70÷80 m, e subito ad Est del T. Arrestra essa si porta a 115 m (Tav. I). La deformazione legata al sollevamento dell'area ha pertanto prodotto una dislocazione altimetrica del terrazzo. Ciò è coerente con il comportamento di tutto il settore costiero Savona-Genova; esso può essere considerato il risultato di un basculamento oppure, con maggior probabilità, la conseguenza di faglie attive nel Pleistocene.

Di particolare importanza la "faglia del Teiro", visibile solo parzialmente a SO (Fig. 1) con direzione 133° e la "faglia dell'Arrestra" a NE, con uguale direzione.

Dislocazioni minori, tra cui quella corrispondente al Rio Vignetta (direz. 136°), quella del Rio Donne (direz. 136°) e quella del Rio Pescatori (direz. 129°), si osservano tra il Teiro e l'Arrestra; esse hanno provocato lo smembramento dell'originario terrazzo in distinte superfici terrazzate (Tav. I).

5.4. Il controllo delle faglie su: corsi d'acqua, cale lungo costa e direzione dei tratti costieri

Come sopra evidenziato, molti corsi d'acqua hanno tratti rettilinei o un andamento del corso rettilineo, con direzioni trasversali alla costa comprese tra 130° e 140°, oblique alla costa comprese tra 21° e 23° e longitudinali alla costa a 55°-60°. Ciò provoca anche vistosi gomiti fluviali, come quelli del T. Arrestra e del Rio Partigliolo; particolarmente condizionato appare il percorso del Rio Ciusa (Fig. 1).

L'incrocio di uno o più sistemi con la linea di costa coincide con le piccole cale presenti lungo la passeggiata Europa (vedi Tav. I), in quanto la fratturazione della roccia ha evidentemente favorito il processo erosivo marino.

La linea di costa nel settore AB (Tav. I) ha una direzione di 21°, corrispondente al sistema di faglie 21°-23°, ben rappresentato in Fig. 1; essa corrisponde perfettamente, sia come direzione sia come allineamento, alla direzione di ampi tratti rettilinei del Rio Lerone (che sfocia a NE di Cogoleto - fuori Tavola).

Il tratto di costa del settore BC ha direzione 56°, anch'essa appartenente al sistema di faglie già segnalate (paragr. 5.2). Analoga direzione (57°) ha la tangente tra Punta della Mola (in Fig. 1), Punta dell'Olmo e Punta Celle (fuori Tavola). CAROBENE & FIRPO (2002) avevano già evidenziato come tutto il tratto di costa tra Savona e Genova-Voltri abbia un andamento rettilineo a 58°, che testimonia un netto legame con l'evoluzione recente del margine continentale.

Inoltre, l'andamento del margine interno del terrazzo del 1° ordine (quota 95 m) (che è una vecchia linea di costa) ha una direzione di 64° (tra Punta della Mola e Punta dei Pescatori - Tav. I), valore che si discosta di poco da quello dell'andamento costiero attuale (circa 61°). La tangente (nell'analogo tratto) agli orli esterni del terrazzo del 1° ordine ha una direzione di 63°.

La direzione della linea di costa attuale tra il T. Arrestra e il Rio Partigliolo, con direzione 21° (settore AB), si discosta invece dall'antica linea di riva della corrispondente superficie terrazzata alta (margine interno con direzione 48°).

Il relitto terrazzato in sinistra del T. Arrestra ha invece una direzione del margine interno (28°) che si approssima notevolmente a quella del tratto di costa AB.

Questi dati forniscono indicazioni originali sulle direzioni della linea di costa nel Pleistocene inferiore.

6. CONCLUSIONI

Dal lavoro effettuato si ricava: 1) che la "ricostruzione storica" degli eventi è possibile se forme e depositi vengono studiati in dettaglio in modo da trovarne le reciproche relazioni; 2) che la morfologia di un paesaggio costiero in sollevamento (o che si è sollevato nel Quaternario) è "una combinazione tra un insieme di forme marine, create dagli alti stazionamenti eustatici interglaciali, ed un insieme di forme continentali formatesi in gran parte durante i lunghi periodi glaciali". L'insieme di un tipo si forma sempre a spese dell'altro, per cui oggi il paesaggio costiero è in realtà costituito da una combinazione di "relitti" di genesi e di età diversa.

Le ricerche condotte hanno portato a precisare i principali aspetti morfologici di un paesaggio che ha iniziato a formarsi e a rimodellarsi nel Pliocene medio, evolvendo nel tempo sotto l'azione degli eventi tettonici e dei processi esogeni continentali e marini. I dati raccolti sono stati condensati nella Tav. I, dalla quale è possibile cogliere i seguenti aspetti:

Il paleopaesaggio pliocenico rimodellato. Esso è in parte rappresentato da una serie di culminazioni topografiche, comprese in maggioranza tra 300 m e 400 m di quota, derivate da una originaria superficie di spianamento sollevatasi nel corso del Pliocene medio-superiore - Quaternario con un tasso medio non superiore a 0,2 mm/a. Durante questo lungo periodo l'antica superficie è stata erosa, rimodellata e incisa dallo sviluppo della rete idrografica.

Il paesaggio quaternario. Appare morfologicamente ben distinto da quello pliocenico in quanto caratterizzato dalla presenza dei terrazzi marini al disotto della quota di 180 m. Ben rappresentato è il terrazzo del 1° ordine, con margine interno a 70÷115 m, in cui sono ancora ben presenti i depositi marini; considerata tale quota esso è stato riferito al Pleistocene inferiore finale (1,2 - 0,9 milioni di anni).

Meno esteso, ma comunque rappresentato, è il terrazzo del 2° ordine con margine interno a 65÷70 m. Tenendo conto del tasso di sollevamento quaternario, questo ordine è stato attribuito al Pleistocene medio iniziale.

La fascia rocciosa tra 0 e 12 metri. Lungo la costa, a quote inferiori ai 12 m, si sviluppa tra il piede dei versanti e il livello del mare una striscia rocciosa che conserva relitti di superfici marine terrazzate riferibili a due precise paleolinee di riva: a 7,5÷8 m e a 11,5÷12 m s.l.m. Depositati marini costituiti da sabbie e ciottoli arrotondati, ricoperti da depositi pedogenizzati di piede di versante, sono conservati in piccoli lembi isolati. Il livello a 7,5÷8 m è stato attribuito al Tirreniano (MIS 5.5), con riferimento agli studi condotti a Voltri-Palmaro (CAROBENE & FIRPO, 1994) e alla Grotta di Bergeggi (ISSEL, 1911). Mancano gli elementi per una collocazione temporale della linea di riva più alta. Incerto un livello più basso, con relitti compresi tra 4 e 5,50 metri.

L'evoluzione plio-quaternaria. Gli elementi morfologici sopra citati marcano, con la loro quota e con la loro età, le tappe dell'evoluzione del paesaggio costiero nel Pliocene-Quaternario. Gli aspetti morfologici della fascia costiera portano a concludere che l'area di stu-

dio è il risultato di un moderato sollevamento iniziato nel Pliocene medio; essa è separata dalla piattaforma marina antistante da linee tettoniche orientate 56-57° (circa ENE-OSO) e 21-22° (NNE-SSO).

Durante il sollevamento diversi sistemi di faglie e fratture hanno condizionato, oltre che l'andamento della linea di costa, anche lo sviluppo dell'idrografia e lo smembramento dei terrazzi.

Il basso tasso di sollevamento quaternario ha favorito l'erosione costiera e il suo arretramento, generando versanti costieri ripidi. Lo spostamento verso terra dell'attuale linea di riva, particolarmente evidente nel Pleistocene medio e superiore come conseguenza del decrescente tasso di sollevamento, costituisce probabilmente anche la causa della ripidità dei versanti vallivi nella parte finale dei corsi d'acqua.

I risultati raggiunti, e sinteticamente sopra esposti, forniscono elementi nuovi e sufficientemente dettagliati per una comprensione del paesaggio dal punto di vista morfologico, genetico e cronologico.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- AA.VV. (1996) - *Atlante cartografico geologico del territorio del Comune di Genova. Cartografia geologica, geomorfologica e idrogeologica in scala 1:10.000*. Comune di Genova - Amga.
- BIGAZZI G. & CAROBENE L. (2005) - *Datazione di un livello cineritico del Pleistocene medio: relazioni con sedimentazione, sollevamento e terrazzo marini nell'area Crosia-Calopezzati in Calabria (Italia)*. Il Quaternario - Italian Journal of Quaternary Sciences **17** (2/1) (2004), 151-163.
- BONI A., CERRO A., GIANOTTI R. & VANOSSI M. (1971) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia 1:100.000, Foglio (92-93) «Albenga-Savona»*. Serv. Geol. It., Roma, 142 pp.
- BONI P. & PELOSO G.F. (1973) - *I lembi pliocenici della Liguria occidentale da Terzorio al confine italo-francese*. Atti Ist. Geol. Univ. Pavia, **23**, 170-201.
- BOSI C., CAROBENE L. & SPOSATO A. (1996) - *Il ruolo dell'eustatismo nella evoluzione geologica nell'area mediterranea*. Mem. Soc. Geol. It., **51**, 363-282.
- C.N.R. (1987) - *Neotectonic map of Italy*. Quaderni della Ricerca Scientifica, **4**, n.114, 6 Tavv. 1:500.000.
- CAPPONI G., GOSSO G., SCAMBELLURI M., SILETTO G.B. & TALLONE S. (1994) - *Carta geologico-strutturale del settore centro-meridionale del Gruppo di Voltri (Alpi Liguri) e note illustrative*. Boll. Soc. Geol. It., **113**, 383-394.
- CAROBENE L. (2003) - *Genesi, età, sollevamento ed erosione dei terrazzi marini di Crosia-Calopezzati (costa ionica della Calabria - Italia)*. Il Quaternario, **16** (1), 43-90.
- CAROBENE L. (2004) - *Uplifted coastlines and marine terraces*. In: *Geology of Italy*, Crescenti U., D'Offizi S., Merlini S., Sacchi L. (Eds.). Special Volume of the It. Geol. Soc., 174-177.
- CAROBENE L. & FIRPO M. (1994) - *Una paleospiazzola tra Voltri e Palmaro (Genova): evidenze sedimentologiche e morfologiche*. Il Quaternario, **7** (1), 123-138.
- CAROBENE L. & FIRPO M. (2002) - *Forme terrazzate relitte di genesi marina lungo la costa ligure tra Genova e Savona (Liguria occidentale)*. Il Quaternario **15** (1), 53-68.
- CORTELLESI D., FANUCCI F., GIUFFRÈ A., TEDESCHI D. & VIGNOLO A. (1979) - *Dati preliminari sulla neo-tettonica del Foglio 82 Genova*. Nuovi contributi alla realizzazione della Carta neotettonica d'Italia, C.N.R., pubbl. 251, 579-595.
- FANUCCI F. (1979) - *Neotettonica dei margini continentali del Mar Ligure*. Mem. Soc. Geol. It., **19** (1978), 535-542.
- FANUCCI F. (1988) - *Évolution stratigraphique de la région du Golfe de Gênes depuis l'Eocène supérieur*. Mem. Soc. Geol. It., **36** (1986), 19-30.
- FANUCCI F. & NOSENCO S. (1979) - *Rapporti fra neotettonica e fenomeni morfogenetici del versante marittimo dell'Appennino ligure e del margine continentale*. Boll. Soc. Geol. It., **96** (1977), 41-51.
- FANUCCI F. & TEDESCHI D. (1983) - *Linee di costa e terrazzi marini del Foglio 82 (Genova)*. Contr. Concl. Realizz. Carta Neotett. Italia, **513** (2) (1982), 387-396, C.N.R.
- FEDERICO L., CAPPONI G., CRISPINI L., SCAMBELLURI M. & VILLA I.M. (2005) - *³⁹Ar/⁴⁰Ar dating of high-pressure rocks from Ligurian Alps: evidence for a continuous subduction-exhumation cycle*. Earth and Planetary Science Letters, **240**, 668-680.
- HOOGERDIJN STRATING E.H. (1990) - *Folding of lithosphere in the Piemonte-Ligurian ocean*. Geol. en Mijnbouw, **69**, 31-41.
- ISSEL A. (1911) - *L'evoluzione delle rive marine in Liguria*. Boll. Soc. Geogr. It., fasc.9-12, 112 pp., Roma.
- MARINI M. (2001) - *Il Pliocene Ligure fra Ventimiglia e Bordighera (Imperia, Alpi Marittime Liguri): osservazioni preliminari*. Boll. Soc. Geol. It., **120** (2001), 37-46.
- MARINI M. (1987) - *Le deformazioni fragili del Pliocene ligure. Implicazioni nella geodinamica alpina*. Mem. Soc. Geol. It., **29** (1984), 157-169.
- NEGRI A., PIRINI C., RAZZORE S. & BONCI M.C. (1997) - *Micropaleontological record in the Pliocene of Genoa-Arenzano area*. Boll. Soc. Paleont. It., **36** (1-2), 261-274.
- PROVINCIA DI SAVONA (2007) - *Piano di Bacino stralcio sul rischio idrogeologico - Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio - Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico - Relazione - Ambiti di Bacino di rilievo regionale: Letimbro, Arrestra. Bacino: Sanda*. Settore Difesa del suolo e tutela ambientale - Servizio Piani di Bacino.
- REGIONE LIGURIA (1997) - *Carta Geologica Regionale con elementi di Geomorfologia (CGR) sc. 1:25.000 - Varazze - tav 229.1*.
- ROVERETO G. (1934) - *Epirogenesi postpliocenica delle Alpi Marittime e della Riviera Ligure*. Rend. Acc. Naz. Lincei, serie 6, **20** (5-6), 153-157, Roma.
- S.G.I. (1991) - *Alpi Liguri*. Guide Geologiche Regionali, 295 pp., BE-MA Ed.
- VANOSSI M., CORTESOGNO L., GALBIATI B., MESSIGA B., PICCARDO G. & VANNUCCI R. (1986) - *Geologia delle Alpi Liguri: dati, problemi e ipotesi*. Mem. Soc. Geol. It., **28** (1984), 5-75.

Ms. ricevuto il 10 giugno 2010
Testo definitivo ricevuto il 21 settembre 2010

Ms. received: June 10, 2010
Final text received: September 21, 2010