

## EVOLUZIONE QUATERNARIA E DINAMICA ATTUALE DELLA FASCIA COSTIERA DI FIUME SANTO (SASSARI, SARDEGNA)

S. Ginesu<sup>(1)</sup> - A. Marogna<sup>(2)</sup> - S. Sias<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Istituto di Scienze Geologico-Minerarie, Sassari

<sup>(2)</sup>Centrale ENEL Fiume Santo, Sassari

**RIASSUNTO** - *Evoluzione quaternaria e dinamica attuale della fascia costiera di Fiume Santo (Sassari, Sardegna)* - Il Quaternario, 7(1), 1994, 317-324 - Vengono sommariamente riportati gli studi e le elaborazioni effettuate sull'area sommersa (fino alla batimetrica - 20 m) e sulla parte continentale prospiciente la termocentrale Enel nell'area industriale di Porto Torres. Il territorio è stato interessato da fenomeni di subsidenza fin dal tardo Terziario che hanno consentito un potente accumulo di conglomerati ed argille in ambiente fluviale; dal Pleistocene inferiore e medio la sedimentazione ha assunto caratteristiche di versante (*sheet flood*) in prossimità della linea di costa. Questa serie (suddivisa nelle formazioni di "Scala Erre" e di "Fiume Santo") è stata successivamente tagliata dalla linea di costa tirreniana ed incisa dalla idrografia del Pleistocene che ha lasciato numerose tracce anche sulla superficie sommersa. Le misure sulla variazione della morfologia del fondale hanno offerto un'idea dello spostamento di massa delle sabbie che è stato valutata intorno a 28.616 m<sup>3</sup>/anno.

**ABSTRACT** - *Quaternary and present evolution of the coastal area of the River Santo near Sassari (Sardinia, Italy)* - Il Quaternario, 7(1), 1994, 317-324 - The paper refers on the results of investigations carried out on the submerged portion of the coastal area of the River Santo (up to -20 m below sea level) and on land in the area facing the ENEL (the National Electricity Board) Thermolectric Power Station in the industrial area of Porto Torres (northern coast of Sardinia). This part of the coast, which has been slightly subsiding since late Tertiary times, is formed by huge amounts of fluvial deposits (conglomerate and clayey soils). From early-middle Pleistocene times, deposition near the coast is a sheet flood type. The series of fluvial deposits are distinguished into two formations: the so-called "Scala Erre" and "Fiume Santo" Formations, which were cut by the coastline in Tyrrhenian times. The upper Pleistocene hydrographic net incised both the formations. Evidence of this erosion are visible also on the submerged surface. Measurements of variations in sea bottom morphology indicate movements of mobilized sand in the order of 28.616 m<sup>3</sup>/y.

Parole chiave: Geomorfologia, evoluzione costiera, Sardegna settentrionale  
Key words: Geomorphology, coastal evolution, Sardinia, Italy

### 1. INTRODUZIONE

A partire dagli anni ottanta, in coincidenza dell'inizio dei lavori per la realizzazione dei gruppi 1 e 2 della centrale Termoelettrica di Fiume Santo, si è attivata una fattiva collaborazione tra i centri di ricerca e le unità specialistiche dell'ENEL e dell'Università degli Studi di Sassari. I rapporti di collaborazione hanno riguardato diversi settori disciplinari nell'ambito dell'Ateneo sassarese, in particolar modo riguardo ai problemi sull'influenza e le modificazioni dell'ecosistema nel Golfo dell'Asinara che tali strutture potevano indurre.

La collaborazione con con l'Istituto di Scienze Geologico-Minerarie è più recente, prendendo avvio agli inizi del 1990 sulla base di tematiche esclusivamente geomorfologiche riguardanti la fascia più prossima alla costa sede di numerose indagini condotte per conto dell'Ente Elettrico Nazionale da parte di società specializzate, onde verificare l'idoneità del sito per l'installazione delle due unità idroelettriche.

Partendo dai rilievi e dalle conoscenze acquisite dai ricercatori universitari nell'ambito dell'intera Nurra, si è potuta interpretare ed utilizzare una mole di dati considerevole che ha fornito una ulteriore conferma alle interpretazioni sulla evoluzione geomorfologica di quest'area; le informazioni riguardanti la fascia sommersa fino alla batimetria -20 m, i rilievi geofisici e le perforazioni eseguite sono state inoltre elaborate nel contesto dei Progetti 40% Murst "Dinamica e caratteri geoambientali degli spazi costieri" e "Genesi ed evoluzione delle pianure dell'Italia peninsulare ed insulare".

### 2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area di Fiume Santo rispecchia la complessità geologica dell'intera Nurra. I litotipi presenti in questo territorio appartengono a tutte le Ere (benché le rocce del Terziario affiorino nella zona immediatamente ad oriente dell'area in oggetto) e sono contraddistinti da unità tra loro simili per caratteristiche strutturali. Le rocce del Paleozoico occupano

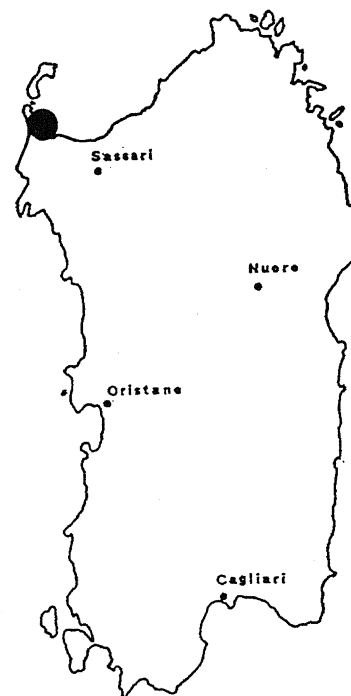


Fig. 1 - Localizzazione dell'area.  
Location of the study area.

infatti il bordo occidentale contraddistinto da termini soprattutto filladici; quelle del Mesozoico con tipi prevalentemente calcareo-dolomiti ed i sedimenti quaternari sono rappresentati da litotipi detritico-argillosi. Solamente le rocce del Terziario si differenziano comprendendo termini sedimentari (marne e calcari del Miocene) ed effusivi (ignimbriti dell'Oligo-Miocene) posti al margine della grande struttura della fossa sassarese.

Le forme del paesaggio e la successione stratigrafica particolarmente complessa dei depositi di copertura di questa parte dell'isola derivano soprattutto dal fatto che gran parte della Nurra mesozoica risulta sottoposta all'azione dei processi esogeni da un lunghissimo tempo, talvolta dal Terziario (pre-Miocene), provocando un'evoluzione del territorio legata principalmente alla dinamica continentale nella successione delle variazioni climatiche che hanno lasciato numerose testimonianze. Benché l'evoluzione nella parte più interna di questo settore sia sufficientemente nota (Baldacchini *et al.*, 1981; Ginesu, 1983; 1989), tuttavia l'area di Fiume Santo ha, da sempre, costituito una evidente morfologia anomala per la presenza di potenti depositi detritici comunemente ascritti al Pliocene (Cherchi *et al.*, 1982) e per l'abbondanza di spessi orizzonti d'argilla, altrove sconosciuti nelle coeve formazioni della Nurra.

Più recentemente (Cremaschi & Ginesu, 1991), una indagine lungo la fascia costiera algherese ha permesso di ricostruire la complessa evoluzione di questo tratto di litorale evidenziando depositi e processi sedimentari continentali del Pleistocene medio ed inferiore.

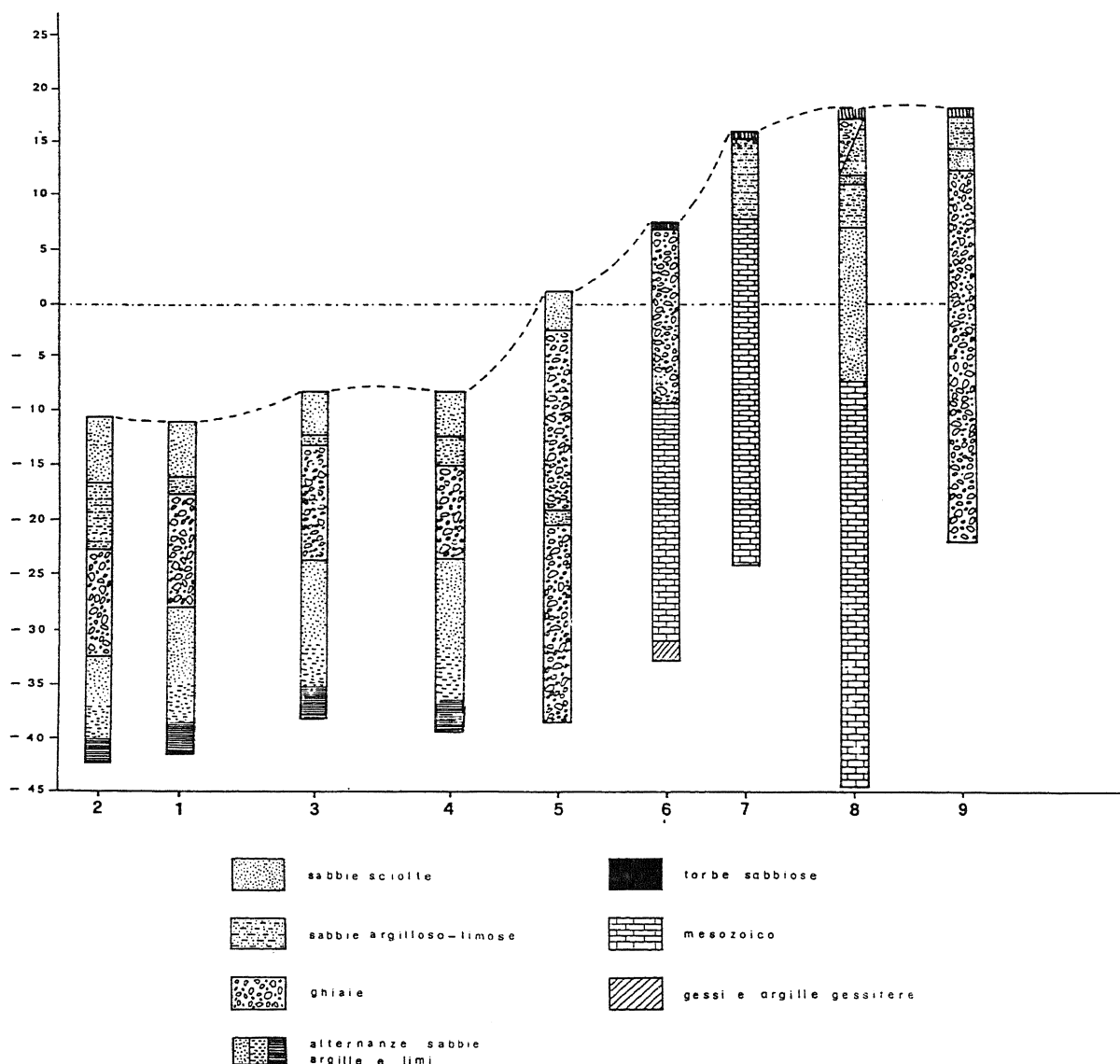


Fig. 2 - La sequenza di sondaggi effettuata lungo l'area di Fiume Santo. Sono stati presi in considerazione i fori posti in sequenza circa N-S interessanti sia l'area continentale sia quella sommersa.

*Borehole sequence drilled in the River Santo area. Only the N-S oriented boreholes both on land and offshore are taken into consideration.*



Fig. 3 - "Formazione di Fiume Santo". I depositi di spiaggia situati a quota 20+25 m.  
 "Fiume Santo Formation". Beach deposits at 20+25 m a.s.l.

Il rilevamento dell'area circostante la zona industriale e le perforazioni eseguite (Fig. 2) hanno permesso di distinguere due diverse formazioni: la prima costituita da depositi detritico-alluvionali legati all'apporto di materiale da un bacino di proporzioni modeste; la seconda, di chiara natura costiera, con depositi di spiaggia ed eolianiti rimaneggiate (Ginesu & Sias, 1993). Lo spessore del deposito delle due formazioni, in questo punto, raggiunge circa 50 m di potenza e la superficie d'appoggio è sul basamento carbonatico del Mesozoico. La prima è stata chiamata "Formazione di Fiume Santo" e risulta costituita, nella sua parte inferiore, da depositi eolici dunari arrossati, erosi da una superficie sulla loro sommità. Nella parte inferiore è invece presente un orizzonte petrocalcico potente circa 1 metro, che affiora frequentemente nei versanti del deposito a costituire quasi un piano di riferimento. Al di sotto di questo, è possibile osservare, solo in questo punto a circa 5 m sul livello del mare attuale, in uno sbancamento di cava presso la Punta di Cabu Aspru, un deposito ciottoloso sabbioso riferibile ad una spiaggia rielaborata in ambiente continentale (Fig. 3).

Al di sopra della superficie d'erosione, sulle eolianiti si trova un deposito di spiaggia costituito da una sequenza di livelli medio-fini per uno spessore di diversi metri (3-4 m) che documenta un lungo periodo di presenza della linea di costa in questo punto. La "Formazione di Fiume Santo" si chiude con questo deposito sul quale sono evidenti le tracce di una attiva idrografia. Infatti, sulla parte sommitale di questi depositi si possono osservare dei conglomerati ad elementi esclusivamente silicei, provenienti dai depositi del Paleozoico, ben elaborati e ricchi di patine di ossidazione e di incrostazioni magnesifere che in alcuni punti formano dei veri e propri canali scavati nella Formazione di Fiume Santo. Un esempio è offerto dal paleoalveo poco più a nord di Cazzalarga, messo in luce da una cava dismessa dell'impianto industriale dell'ENEL (Fig. 4).

Notevole interesse presenta il deposito lacustre in località Canale di Fiume Santo, a poca distanza dal punto precedente, ma in posizione stratigrafica coeva agli eventi di ruscellamento sulla Formazione di Fiume Santo. Tali sedimenti giacciono infatti su un orizzonte di circa 1 m di conglomerati silicei posto sopra la medesima superficie di erosione, che risulta incassato nel medesimo deposito (Fig. 5). Nella parte inferiore del deposito lacustre sono presenti molte radici ferrettizzate anche di notevoli dimensioni e superfici di *Ferricrete* al passaggio con la formazione sottostante. Localmente sono presenti anche abbondanti orizzonti di calcare pisolitico e noduli carbonatici. Tutti questi elementi sono un evidente indicatore climatico.

Dalle perforazioni eseguite a mare risulta presente, per tutta la lunghezza della sezione perforata, questa coltre di depositi con una successione pressoché costante.

I depositi continentali che hanno solcato la serie di Fiume Santo sono stati da noi inclusi nella "Formazione di Scala Erre", individuata a circa 3 km dal punto precedente, nell'entroterra.

Tale formazione, ben visibile grazie ad un gran numero di cave per l'estrazione dell'argilla, è costituita da livelli di ghiaie, sabbia e argilla presenti in alternanza e miscelate tra loro in varie proporzioni, per una potenza, stimata da perforazioni, superiore ai 50 m. Si tratta di un deposito tipo conoide proveniente dal basamento paleozoico e mesozoico con una direzione di flusso circa SO-NE (Ozer, 1976; Ginesu, 1983) dove viaggiava incassato in una struttura tipo graben. L'origine di tale struttura, riconducibile al tardo Terziario, ha



Fig. 4 - Un paleoalveo incide la formazione arenacea di Fiume Santo.  
*A palæo-riverbed cutting the Fiume Santo arenaceous formation.*



Fig. 5 - Depositi di origine lacustre fanno localmente passaggio ai depositi sommitali della "Formazione di Scala Erre".  
*Lacustrine deposits locally passing to summit deposits of the "Scala Erre Formation".*

certamente favorito una deposizione abbondante che è perdurata per un tempo assai lungo giustificando la notevole potenza di questa serie solamente in questa piccola porzione di territorio. Il deposito, completamente sterile, sfuma probabilmente nella Formazione di Fiume Santo procedendo verso mare, ma non si hanno testimonianze di queste variazioni di facies; tuttavia, in considerazione della struttura litologica e delle quote correlabili del deposito, riteniamo molto verosimile tale ipotesi che è confortata parzialmente anche dalle indagini geofisiche.

Altri depositi riferibili al Pleistocene sono quelli affioranti localmente sul piano di Gambera, ad oriente del rio di Fiume Santo, apparsi durante gli scavi per la posa in opera dei plinti dell'oleodotto che collega la centrale ENEL al pontile di carico nell'area SIR; si tratta di deboli coperture pedogenizzate con alto tenore di argille caoliniche; la potenza è di circa 0.5+1 m con colorazione bianco-giallastra. Si trovano in continuità di quota con le coperture di *Terre Rosse* che ricoprono uniformemente le superfici di spianamento sui calcari del Mesozoico.

Lungo la fascia costiera sono presenti i depositi di sabbie attuali che, in prossimità del cordone litoraneo dello Stagno di Pilo, coprono i livelli sabbioso-arenacei del Tirreniano (Ozer, 1976). All'interno, la rielaborazione delle coperture recenti ha prodotto depositi prevalentemente ghiaioso-arenacei sui versanti e sui fondi vallivi delle piccole incisioni mentre allo sbocco delle stesse, in vicinanza del mare, predominano i depositi argilloso-siltosi legati all'oscillazione di livello dello Stagno di Pilo ed all'impaludamento della zona a meandri terminale del Fiume Santo.

### 3. LA MORFOLOGIA SOMMERSA

La situazione dell'area sommersa nel Golfo dell'Asinara ha da tempo suscitato interesse per le numerose implicazioni geologico-morfologiche ed evolutive che risiedono in questa porzione del territorio sardo. Lo spunto offerto dall'indagine effettuata dall'ENEL sulla morfologia del fondale antistante l'impianto industriale oramai realizzato, ci ha consentito di elaborare una notevole mole di dati che, sulla base anche delle nostre informazioni, hanno fornito per la prima volta un valore reale sul movimento di massa nella parte occidentale del Golfo dell'Asinara. Inoltre, le analisi sui carotaggi effettuati anche al di sotto del livello marino forniscono un ulteriore documento sulle coperture sabbiose del fondo e sull'ipotesi dell'evoluzione morfologica subita da quest'area nel Quaternario.

Le campagne di rilevamento sono state eseguite a 12, 13, 22 mesi di distanza da quella iniziale avvenuta nel giugno 1984. Si hanno, pertanto, delle letture sulla situazione della morfologia del fondale a distanza di circa 2 anni, sebbene la situazione finale (riferita all'aprile del 1986) non comprenda l'intera area delle precedenti ma solo il settore orientale.

Le sabbie che costituiscono il fondale — il cui spessore, in alcuni sondaggi, risulta anche di 7.5 m (foro 2, Fig. 2) — rispecchiano la situazione delle spiagge lungocosta caratterizzate da un'abbondanza di particelle carbonatiche che sovrabbondano rispetto a quelle di quarzo (38.8% contro 29%); i composti ferritici sono presenti in tracce; la maggior parte dei granuli si concentra nella classificazione b4, nell'intervallo compreso tra 0.18 e 2 mm; fini e finissimi risultano pressoché assenti, talvolta anche alle batimetrie più fonde considerate.

Sebbene rispecchi la situazione generale dell'isola, carente di corsi d'acqua di una certa importanza e caratterizzata da incisioni a regime torrentizio, proprio nell'area di Fiume Santo sono del tutto assenti dei veri e propri corsi d'acqua se si eccettua l'omonimo fiume il cui carico solido ha un'influenza del tutto marginale sulla dinamica di questo tratto costiero.

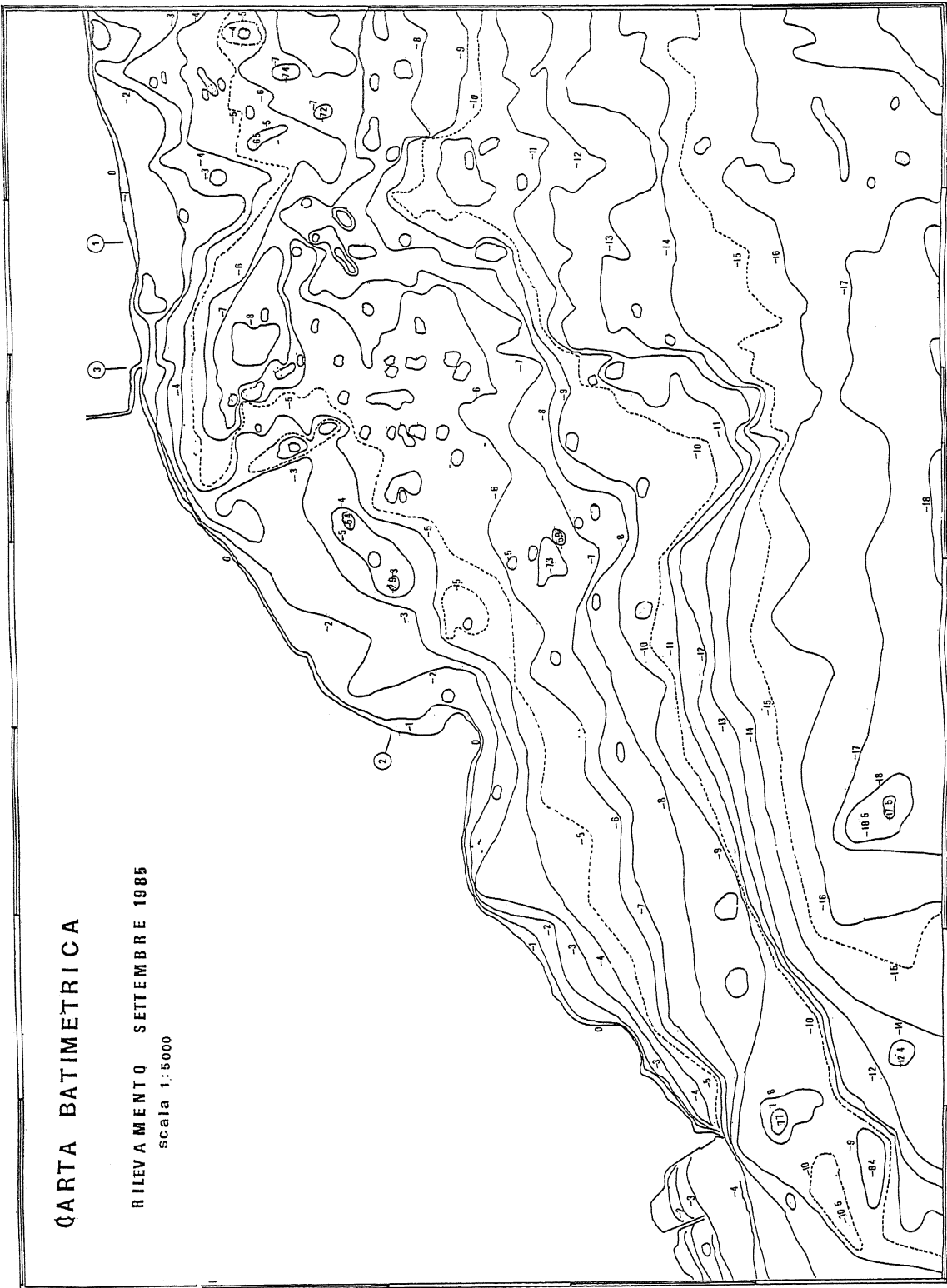
L'elaborazione grafica delle carte batimetriche (Fig. 6) ha consentito il calcolo dei volumi delle morfologie del fondo, che ha fornito dei dati interessanti. Nell'ambito della batimetria -20 m si è avuto un movimento di massa nei sedimenti di 641.000 m<sup>3</sup>; poiché la superficie considerata è risultata ampia 22.4 km<sup>2</sup>, ne deriva una mobilità dei sedimenti di 28.616 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>. Le valutazioni sono state effettuate sulla base della I° campagna, relativa al giugno 1984, e quelli della III° campagna del settembre 1985. Risultano di particolare interesse i possibili confronti tra queste informazioni ed i dati climatologici riferiti allo stesso periodo dell'anno, già in nostro possesso.

L'ingente quantità di materiale in movimento lungo questo litorale giustifica anche certe situazioni di crisi venutesi a determinare negli anni passati nell'area della Centrale ENEL, quando la bocca di presa a mare era posizionata a 300 m dalla linea di costa e le cui griglie subivano intasamenti e sensibili fenomeni di abrasione nel metallo delle tubazioni per la notevole quantità di sabbia che vi circolava. Anche la spiaggia di neoformazione venutasi a creare negli ultimi 3+4 anni a ponente delle opere di prese delle sezioni 1 e 2 dell'impianto e mai smantellate, giustificano questa intensa attività di trasporto litoraneo. Le elaborazioni grafiche sono ancora allo studio per cercare di individuare con esattezza sia i movimenti di deriva — sebbene questa sia già nota (Federici *et al.*, 1991) — sia le zone di più intensa variazione.

### 4. L'EVOLUZIONE DELL'AREA

La letteratura riporta queste formazioni detritiche, costituite prevalentemente a spese del basamento paleozoico, come appartenenti al Pliocene. Anche le più recenti carte geologiche della Sardegna ripropongono questa datazione.

Il rilevamento effettuato e le informazioni elaborate dallo studio dei dati a mare e lungo la costa porterebbero a ritenere che questi depositi nell'area di Fiume Santo siano sedimenti evolutisi in un arco di tempo più esteso, comprendente sia il Miocene superiore sia il Pleistocene medio-inferiore, soprattutto nell'ultimo modellamento dei rilievi collinari presenti nell'immediato entroterra.





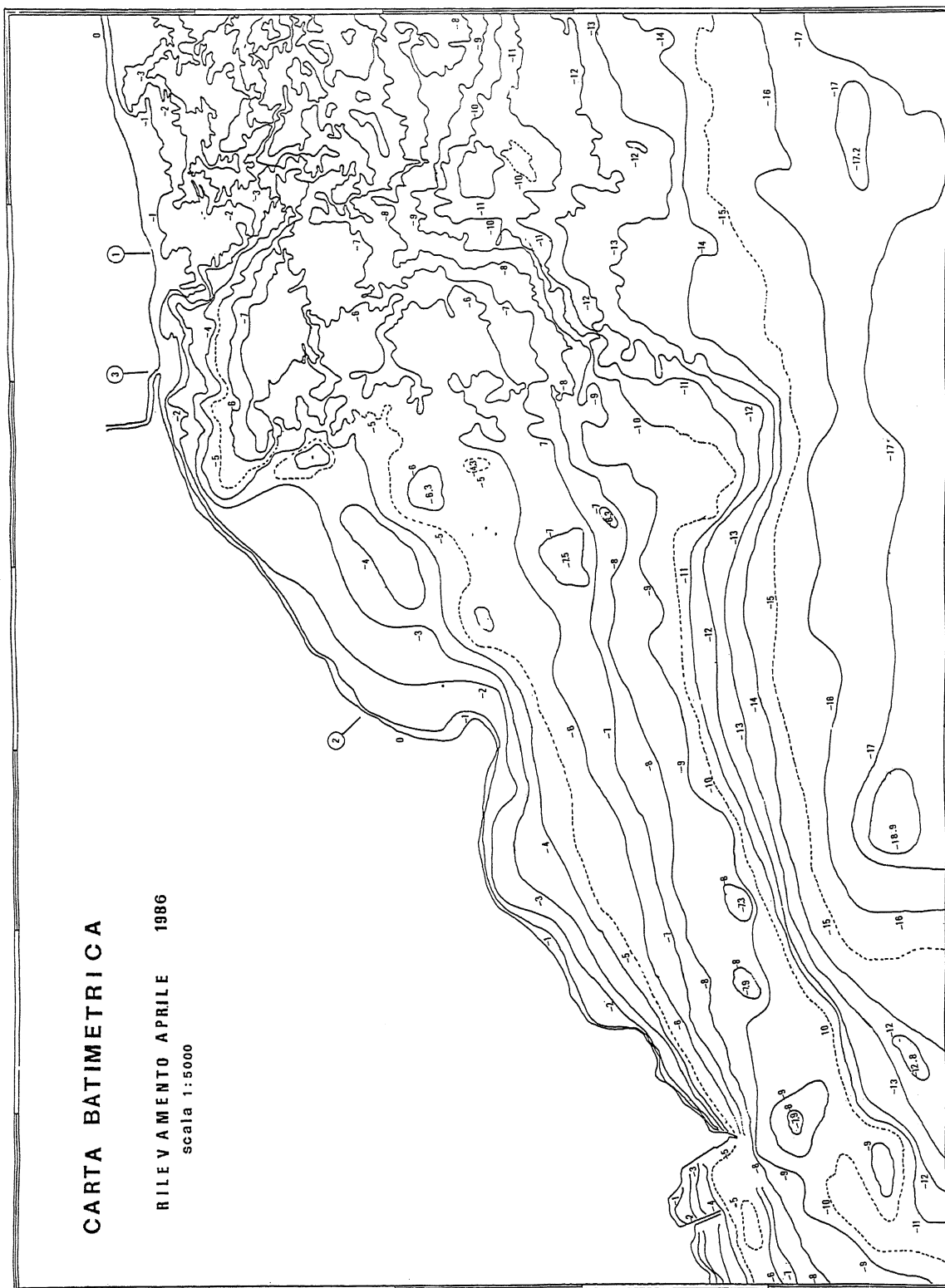


Fig. 6 - La successione delle batimetrie ricavate nel corso delle campagne di rilevamento degli anni 1985/1986; qui sono rappresentate le carte relative alle letture del settembre 1985 e aprile 1986. Bathymetric charts obtained during the 1985/1986 surveys: the figure shows the charts of the September 1985 and April 1986 readings.

Certamente i sedimenti basali della "Formazione di Scala Erre", che hanno inizialmente colmato la superficie del micrograben di Fiume Santo, possono ritenersi di origine miocenica (Cordy & Ginesu, 1993) ma, nella sua parte sommitale, tale formazione fa passaggio verso nord alla "Formazione di Fiume Santo" che documenta la presenza di un'antica linea di riva posta a circa 20-25 m dall'attuale. Su tali depositi è facilmente osservabile la paleofalesia tirreniana che costeggia anche il perimetro dell'attuale Stagno di Pilo ed è testimoniata, inoltre, dalla presenza dei depositi di spiaggia lungo il cordone litorale dello stesso stagno (Ozer, 1976) ed è nota anche in aree prossime grazie a recenti studi (Federici *et al.*, 1987).

La presenza, inoltre, di una rete idrografica ben marcata su queste superfici (Fig. 4) induce a ritenere i depositi sommitali come appartenenti ad un clima umido, che ha favorito l'incisione della sottostante formazione. Le forme del *glacis* sulla sommità di questi depositi sono probabilmente riprese dalle ultime regressioni fredde su una superficie di spianamento riconducibile, secondo le più recenti osservazioni, alla grande regressione del tardo Miocene e del Pliocene, che ha interessato anche le superfici carbonatiche del Mesozoico riconducendo ad un medesimo livello tutti i litotipi affioranti lungo la costa. La presenza di livelli ricchi di caolino su queste superfici riporta a situazioni sub-tropicali, analogamente a quanto osservato nella Nurra di Alghero (Cremaschi & Ginesu, 1991). Inoltre, un orizzonte petrocalcico, che pare trovarsi al passaggio tra le due formazioni, rende ancora più simili le situazioni dell'intera Nurra (Ginesu, 1989).

Dall'osservazione delle carte batimetriche si può facilmente individuare sia il paleostagno al largo dell'attuale foce del corso d'acqua, sia quello prospiciente l'attuale Stagno di Pilo ad ovest dell'impianto industriale. Entrambi mostrano un profilo allungato in direzione E-O e risultano ancora chiusi da un cordone litoraneo facilmente riconoscibile. Il paleostagno del rio di Fiume Santo si presenta spostato verso oriente, a documentare una posizione della foce leggermente differente dall'attuale. La posizione sia del paleostagno sia dell'attuale foce del rio di Fiume Santo sia il suo medesimo corso ben si giustificano con la presenza del micrograben, essendo tutti impostati ai margini di questa struttura in appoggio del pilastro tettonico del Monte Elva, mentre l'area inclusa tra queste morfologie e l'attuale Stagno di Pilo risulta costituita dalle formazioni detritiche che hanno riempito il graben.

Meritano, inoltre, un accenno sia le coperture eoliche osservate sulla sommità di queste superfici (la cui età è ancora incerta ed in corso di studio) sia i ruderi di una villa romana sita all'interno dell'area industriale in prossimità dell'attuale foce del Fiume Santo. La costruzione, di età imperiale, si trova praticamente tutta sommersa da circa 1.5 m d'acqua documentando così l'innalzamento del livello marino negli ultimi 2000 anni, già oramai noto e documentato anche in molte altre parti dell'isola (Atzeni & Ginesu, 1993; Ginesu *et al.*, 1993).

## LAVORI CITATI

- Atlante delle Spiagge Italiane*, 1991 - Fogli 166 e 179, Isola dell'Asinara e Porto Torres. Selca, Firenze.
- Atzeni A. & Ginesu S., 1993 - *L'evoluzione dei litorali della Sardegna e gli interventi di riequilibrio*. Vol. Sp. "Le coste italiane", a cura di E. Pranzini, **XX**, 1-20.
- Baldaccini P., Dettori B., Ginesu S., Madrau S., Marchi M., Passino A.M., Pietracaprina A. & Pulina M.A., 1981 - *Il rilievo integrale di Tottubella*. Atti Ist. Min. Geol. Univ. di Sassari, **2**, 1-169.
- Cherchi A., Marcello A., Marini A., Murru M., Pretti S. & Salvadori I., 1982 - *Carta geologica della Sardegna. Scala 1:250.000*. Selca, Firenze.
- Cordy J. M. & Ginesu S., 1993 - *Le site à Oreopithec du Fiume Santo (Sardaigne, Italie)*. Acad. Sc. Paris (in corso di stampa).
- Cremaschi M. & Ginesu S., 1990 - *Morfogenesi e pedogenesi tardo terziaria e pleistocenica antica nella Nurra occidentale (Sardegna) - Nota preliminare*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., **13**(1), 81-82.
- Ginesu S., 1983 - *Le alluvioni pedemontane dell'Argentiera (Sardegna nord-occidentale)*. Studi Sassaesi, **30**, 149-153.
- Ginesu S., 1989 - *Note illustrative della carta geomorfologica dell'area di La Corte (Nurra, Sardegna settentrionale)*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., **12**(2), 107-116.
- Ginesu S., Marogna A. & Sias S., 1993 - *Le trasformazioni del paesaggio nella Sardegna settentrionale come cause primarie dell'inse-diamento antropico*. Atti Conv. "L'Evoluzione dell'Ambiente Fisico nel Periodo Storico nell'Area Circum-mediterranea", Ravello 5-8 giugno 1993.
- Federici P.R., Ginesu S., & Oggiano G., 1987 - *Genesis ed evoluzione della pianura costiera turritana (Sardegna settentrionale)*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., **10**, 10-121.
- Ozer A., 1976 - *Géomorphologie du versant septentrional de la Sardaigne, Etude des fonds sous marins, de la morphologie côtière et des terrasses fluviales*. Thèse Doc. Sc. Geog., Fac. Sc., Univ. Liège, 1-284.