

GIANFRANCO CENSINI (*), ARMANDO COSTANTINI (**),
ANTONIO LAZZAROTTO (**), MICHELE MACCANTELLI (**), RENZO MAZZANTI (***),
FABIO SANDRELLI (**) & ENRICO TAVARNELLI (**)

EVOLUZIONE GEOMORFOLOGICA DELLA PIANURA DI PIOMBINO (TOSCANA MARITTIMA)

Abstract: CENSINI G., COSTANTINI A., LAZZAROTTO A., MACCANTELLI M., MAZZANTI R., SANDRELLI F. & TAVARNELLI E., *Geomorphological evolution of the Piombino plain, Tuscany*. (IT ISSN 0391-9838, 1991).

Following a new geologic survey and the results from about 170 drillings and 200 geoelectric surveys, the geological and geomorphological evolution of the Piombino plain is discussed. The main conclusions of this study concern:

— the presence of three sedimentary sequences in the whole Palmentello-Lumiere plain. Every sequence is characterized, at the bottom, by sediments of submerged beach or at least, of marine coastal facies. At the top, the sequence is characterized by emerged beach of dunes or littoral deposits still feeded to colian debris from the coast. All these sequences are of Late Pleistocene age;

— the location of the buried faults in the Piombino plain permitting the recognition of a NW-SE trending graben and of an important SW-NE oriented dislocation;

— a more detailed reconstruction of the paleo-geographic evolution during the Pliocene. This reconstruction is also based on the new data presented by BARTOLINI & *alii* (1989);

— the presence of a geo-physical buried surface. Such a surface is very important to understand the geo-morphological evolution of the studied area.

KEY WORDS: Geomorphology, Tectonics, Geoelectrical survey, Tuscany.

Riassunto: CENSINI G., COSTANTINI A., LAZZAROTTO A., MACCANTELLI M., MAZZANTI R., SANDRELLI F. & TAVARNELLI E., *Evoluzione geomorfologica della Pianura di Piombino in Toscana*. (IT ISSN 0391-9838, 1991).

L'evoluzione geomorfologica della Pianura di Piombino è presentata sulla base di un nuovo completo rilevamento geologico di campagna esteso a tutti i rilievi contermini e sulla base delle stratigrafie speditive di circa 170 perforazioni e di circa 200 sondaggi geoelettrici S.E.V. I risultati del nuovo studio riguardano principalmente:

— il riconoscimento, su tutta la Piana di Palmentello-Lumiere, di tre sequenze sedimentarie ciascuna delle quali formata in basso da suc-

cessioni trasgressive di spiaggia o, tutt'al più, di facies marina costiera e in alto da successioni di spiaggia emersa, o di duna, o di piana litoranea ancora collegata ad apporti colici di provenienza costiera, tutte queste sequenze sono riferibili al Pleistocene superiore;

— la precisazione della posizione delle faglie nel sottosuolo della Pianura di Piombino con la documentazione di una struttura a Graben ad asse NW-SE, e di una importante dislocazione trasversale nella parte centrale;

— una ricostruzione di maggior dettaglio della evoluzione paleogeografica della Pianura di Piombino nel Pliocene a seguito dei dati biostratigrafici dei sondaggi ENEL riportati in BARTOLINI & *alii* (1989);

— l'individuazione di una superficie di discontinuità della resistività (Se2) di grande interesse per l'interpretazione dell'evoluzione geomorfologica di tutta l'area.

TERMINI CHIAVE: Geomorfologia, Tettonica, Prospezione geoelettrica, Toscana.

INTRODUZIONE

L'area pianeggiante che a Sud di San Vincenzo si estende fino a Venturina, al piede occidentale dei Monti di Campiglia M.ma, per poi fiancheggiare il lato meridionale di questi ultimi verso Suvereto e spingersi fino al piede occidentale dei rilievi di Montioni e a quello orientale del Promontorio di Piombino occupando una superficie di poco meno di 50 km² (fig. 1), è stata definita da geografi e storici come Pianura di Piombino. Rilievi geologici e morfologici recenti (MAZZANTI & *alii*, 1981 e 1982; MAZZANTI, 1984) hanno messo in evidenza che tale area non costituisce un'unità fisiografica uniforme in quanto è suddivisibile in due parti: la parte a NW della linea Venturina-Montegemoli, nella quale affiorano in prevalenza sedimenti eolico-colluviali del Pleistocene superiore, riferibili, nel loro insieme, a un terrazzo che definiamo come «Piana di Palmentello-Lumiere», e la parte a SE della medesima linea, nella quale affiorano in prevalenza sedimenti alluvionali e palustro-lagunari olocenici e che indichiamo come «Pianura del Cornia».

La differenza di cui sopra, già netta e avvertibile in superficie, diventa più importante in profondità, come è risultato sulla base di un gran numero di perforazioni e dalle

(*) Georisorse Italia, Siena.

(**) Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Siena.

(***) C.N.R. Centro di Geologia Strutturale e Dinamica dell'Appennino, Pisa.

Comunicazione presentata al «2° Seminario sulle Pianure minori italiane» (Urbino, 9-10 Gennaio 1991) nell'ambito del Progetto del M.P.I. (fondi 40%) «Genesi ed evoluzione geomorfologica delle pianure dell'Italia peninsulare ed insulare» (Resp. Naz. prof. P.R. Federici) ed eseguito anche con fondi del M.P.I. 60% e del C.N.R., contr. n. 9000/22).

indagini geofisiche. Infatti la Piana di Palmentello-Lumiere è sempre stata del tutto estranea all'influenza del Fiume Cornia che invece ha avuto un ruolo fondamentale nelle vicende sedimentarie ed erosive occorse a Sud della linea Venturina-Montegemoli fino nei pressi di Vignale.

La Pianura di Piombino ha richiamato l'interesse di numerosi studiosi per l'evidenza con la quale appare come un braccio di mare, di recente colmamento, frapposto fra i Monti di Campiglia M.ma, i rilievi di Montioni e il Promontorio di Piombino. LOTTI (1906), nella 1^a ediz. del F^o 119 della C.G.I., ha rilevato lo stretto affioramento di «*Panchina*» pleistocenica che si interpone tra San Vincenzo e Torre Nuova e quello di «*Ciottoli e sabbie ocracee in terrazze*» corrispondente *grosso modo* all'area poco sopra definita come Piana di Palmentello-Lumiere, ben diversa da quella nella quale affiorano i «*Depositi fluviali...*», che ha cartografato invece nell'area sopra definita Pianura del Cornia.

MERCIAI (1910) ha richiamato l'attenzione sul fatto che l'affioramento di «*Panchina*» di San Vincenzo-Torre Nuova corrisponderebbe a un lido la cui emersione dal mare avrebbe congiunto i Monti di Campiglia M.ma con il Promontorio di Piombino e avrebbe separato un ampio golfo aperto verso SE nel quale il mare si sarebbe ritirato «*...gradatamente per il lento sollevamento del litorale, e per depositi alluvionali...*», ritiro che sarebbe durato «*...anche nel periodo storico fino ai confini attuali per causa degli interrimenti del vicino fiume Cornia e dei materiali trasportativi dalle correnti marine provenienti da Sud*».

Queste idee di MERCAI, apparse nel 1910 e ribadite

in altri lavori del 1920 e del 1929, hanno avuto un grande favore fra geografi ed archeologi tanto che sono state accettate acriticamente fino in scritti molto recenti ed è solo del 1984 il garbato rilievo dell'archeologo FEDELI alla vetustà dei presupposti culturali che ne stanno alla base. Infatti la ricostruzione di MERCAI non tiene conto del fatto che la linea di costa attuale è il risultato dell'ampia risalita olocenica del livello del mare (fase trasgressiva eustatica versiliana che ha seguito l'altrettanto ampia fase di regressione eustatica dell'ultima espansione glaciale würmiana durante il massimo della quale le pianure litoranee dell'area in esame erano più estese di almeno 10 km fino nei pressi dell'attuale isobata sottomarina di - 100 m a occidente dell'Isola d'Elba). Di conseguenza non ci può essere stata continuità fra la presenza di un eventuale braccio di mare pleistocenico corrispondente alla Pianura di Piombino e la laguna olocenica (poi Stagno di Piombino di fig. 10) la cui esistenza ci è stata tramandata dalle fonti letterarie classiche. Quest'ultima va vista (MAZZANTI & *alii*, 1982; MAZZANTI, 1984 e 1987; CHERUBINI & *alii*, 1987) come una conseguenza dello sviluppo della trasgressione versiliana avvenuta nell'Olocene, mentre i sedimenti marini presenti nell'area della Piana di Palmentello-Lumiere risalgono tutti al Pleistocene e sono riferibili a cicli stratigrafici anteriori e nettamente distinguibili da quello olocenico, come è ben documentato dai sedimenti eolico-colluviali che li sormontano, anch'essi pleistocenici secondo quanto indicato dai rinvenimenti di industrie del Paleolitico medio (GALIBERTI, 1970; FEDELI, 1984).

Le nuove idee sullo sviluppo della Pianura di Piombino

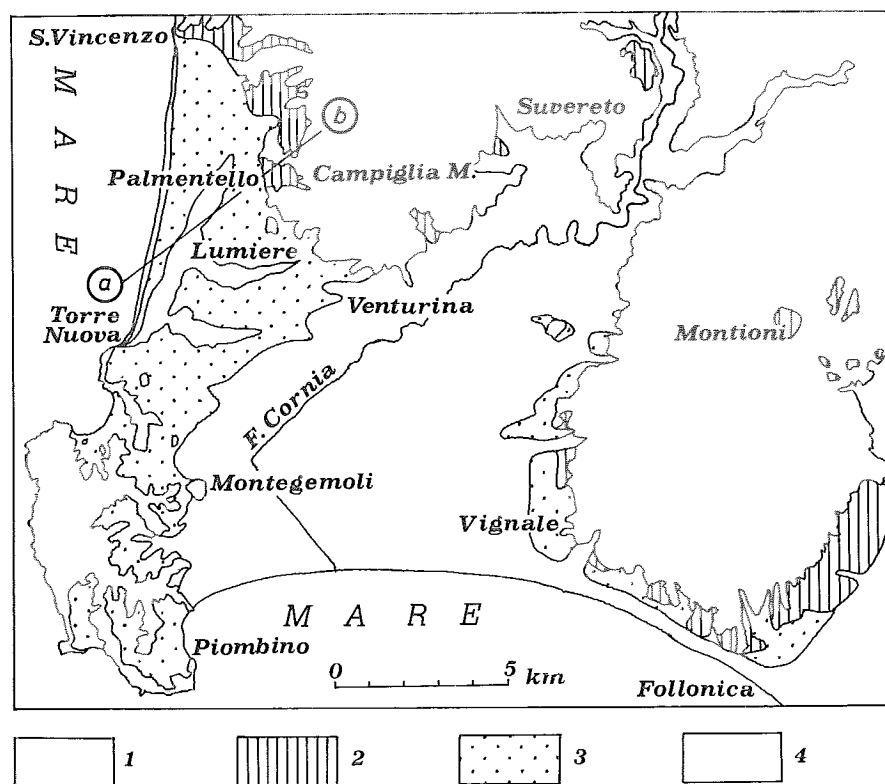


Fig. 1 - Lineamenti essenziali della Pianura di Piombino e dei rilievi contermini. 1 - affioramenti di rocce più antiche del Pleistocene medio; 2 - affioramenti di rocce del Pleistocene medio; 3 - affioramenti di rocce del Pleistocene superiore; 4 - affioramenti di rocce dell'Olocene. a-b - traccia della sezione geologica di fig. 4.

no sono il risultato dell'evoluzione generale delle conoscenze sul Quaternario e di una serie di rilevamenti geologici eseguiti in più occasioni negli ultimi venti anni principalmente da Renzo Mazzanti, rilievi che sono serviti alla redazione della Carta neotettonica dell'Appennino Settentrionale alla scala 1:400 000 (BARTOLINI & *alii*, 1983) e della Carta geologica della Provincia di Livorno a Sud del F. Cecina alla scala di 1:25 000 (COSTANTINI & *alii*, 1990). Lo studio della Pianura di Piombino è oggi possibile anche sulla base di una conoscenza moderna e di dettaglio della geologia delle formazioni che costituiscono le aree montuose contermini a Nord (Monti di Campiglia M.ma), ad Est (rilievi di Montioni) e ad Ovest (Promontorio di Piombino); queste formazioni è verosimile che si trovino nel substrato della pianura stessa. Nell'indagine geologica di quest'ultima, in prevalenza molto bassa con quote minori di 10 m a Ovest della Via Aurelia (passante per San Vincenzo-Palmentello-Lumiere-Venturina e poco discosto da Vignale (fig. 1) e che è costituita da depositi pleistocenici ed olocenici a giacitura orizzontale, hanno assunto rilevanza fondamentale i dati delle perforazioni e delle ricerche geofisiche. In questa nota, dopo un cenno alle formazioni geologiche dei rilievi contermini, che si possono ritrovare anche nel substrato, e dopo un cenno alle caratteristiche delle formazioni geologiche che affiorano nella pianura e alla morfologia di quest'ultima, esamineremo le informazioni che ci è stato possibile trarre dai dati delle perforazioni e quelle che sono suggerite dalla geofisica. Ciò allo scopo di ricostruire il quadro dell'evoluzione stratigrafica, tettonica e paleogeografica dell'area di tutta la Pianura di Piombino secondo i limiti dati in precedenza.

CENNI GEOLOGICI SUI RILIEVI CONTERMINI

Nei rilievi contermini alla Pianura di Piombino (aree rappresentate in 1 e 2 di fig. 1) affiorano formazioni sedimentarie di età compresa tra il Trias e il Pleistocene medio ⁽¹⁾, le rocce magmatiche giurassiche dell'Alloctono ligure e le rocce del Complesso magmatico neogenico. Le prime sono suddivisibili in quattro complessi che sono, a partire dal più profondo: il Complesso delle formazioni di facies toscana, il Complesso delle formazioni di facies austroalpina, il Complesso delle formazioni di facies ligure, il Complesso neoautoctono; le seconde sono le ofioliti associate alle unità del Complesso delle formazioni di facies ligure; le terze sono lo stock granodioritico di Botro ai Marmiti e i filoni di porfido granitico a cordierite e di porfido augitico, intrusi nel Complesso di facies toscana del Campigliese, e le vulcaniti di San Vincenzo.

(1) In realtà nel Promontorio di Piombino si trovano ampi depositi eolici del Pleistocene superiore e nei Monti di Campiglia M.ma e di Montioni stretti depositi alluvionali verosimilmente olocenici. Di questi depositi del tutto superficiali abbiamo ritenuto di non tener conto nella suddivisione schematica di cui sopra, anche se i primi sono rappresentati in fig. 1 ad Ovest della linea Torre Nuova-Montegemoli-Piombino, limite fisiografico tra il Promontorio e la Pianura di Piombino.

Il Complesso delle formazioni di facies toscana affiora nei Monti di Campiglia M.ma a partire dai Calcari neri stratificati del Trias superiore fino al Flysch arenaceo Macigno oligocenico con tutti i termini intermedi e cioè le formazioni del Giurese inferiore (Calcere massiccio, Calcari nodulari rossi con Ammoniti, Calcari selciferi), le Marne a *Posidonomya* del Giurese medio, le Radiolariti del Giurese superiore, la Scaglia toscana del Cretaceo-Eocene-Oligocene; nell'area di Montioni compare con la successione dal Calcere massiccio al Macigno; nel Promontorio di Piombino con l'affioramento del solo Macigno ⁽²⁾.

Il Complesso delle formazioni di facies austroalpina si sovrappone al Complesso delle formazioni di facies toscana; esso compare nei Monti di Campiglia M.ma con la Formazione di Santa Barbara del Trias e la Formazione di Canetolo dell'Eocene, entrambe riferite all'Unità esterna, e con le formazioni dell'Unità interna, cioè le Argilliti, arenarie calcarifere, marne e siltiti (Formazione di Antignano) del Cretaceo superiore e il sovrastante Flysch calcareo-marnoso di Poggio San Quirico del Paleocene-Eocene medio. Nell'area di Montioni di questo complesso sono presenti solo le due ultime formazioni di cui sopra, mentre nel Promontorio di Piombino affiora la sola Formazione di Canetolo (COSTANTINI & *alii*, 1990).

Il Complesso delle formazioni di facies ligure si sovrappone al Complesso delle formazioni di facies austroalpina o, direttamente, al Complesso delle formazioni di facies toscana. Nei Monti di Campiglia M.ma e nell'area di Montioni esso affiora con la successione del Cretaceo superiore delle Argilliti, siltiti, calcareniti a *Pithonella* - Flysch calcareo-marnoso di Monteverdi M.mo e con le Argilliti e calcari silicei «Palombini» del Cretaceo inferiore; nel Promontorio di Piombino affiora con le Argilliti e calcari silicei «Palombini» e con i basalti del Falcone e della Rocchetta (COSTANTINI & *alii*, 1990) ⁽³⁾.

Il Complesso neoautoctono comprende, a rigore, tutti i sedimenti depositi in loco dopo la messa in posto per trasporto tettonico delle unità alloctone; fanno quindi parte di esso anche i sedimenti del Pleistocene superiore e dell'Olocene che sono quasi del tutto estranei ai rilievi contermini alla Pianura di Piombino trovandosi per la maggior parte a costituire invece quest'ultima. Nei Monti di Campiglia M.ma e nei rilievi di Montioni i più antichi di questi sedimenti sono i Conglomerati di Montebamboli che corrispondono alla chiusura del ciclo sedimentario del Mio-

(2) Nel nucleo a formazioni di facies toscana di Frassine affiorano le Filladi e quarziti del Verrucano del Trias medio-superiore che, nello schema tettonico della Carta geologica della Provincia di Livorno a Sud del F. Cecina (COSTANTINI & *alii*, 1990), vengono considerate come appartenenti all'Unità di Monticiano-Roccastrada del Complesso delle formazioni di facies toscana, mentre tutti gli altri affioramenti di questo ultimo complesso dell'area di tale carta geologica — e quindi dello schema di fig. 2 — sono considerati appartenere alla «Falda toscana». Visto che questo argomento esula dagli scopi del presente lavoro, non ne faremo più cenno in questa nota.

(3) Nello schema tettonico di fig. 2 a Nord dell'Unità di Monteverdi M.mo è segnata l'Unità di Castelluccio; anche di quest'ultima non ci occuperemo in questa nota, come di un argomento del tutto estraneo al suo contesto.

cene superiore (LAZZAROTTO & *alii*, 1969) e al successivo ampliamento della sedimentazione nel ciclo del Miocene superiore terminale, rappresentato dalla così detta facies di «lago-mare». Nei rilievi contermini alla Pianura di Piombino il Conglomerato di Montebamboli non appare mai al tetto della serie gessifera, come ai Lagoni Rossi, a Montebamboli e alla Marsiliana (LAZZAROTTO & *alii*, 1969) bensì si sovrappone direttamente e in discordanza più di frequente al Complesso delle formazioni di facies ligure e, in misura molto minore, al complesso delle formazioni di facies austroalpina (COSTANTINI & *alii*, 1990).

Il Conglomerato di Podere San Luigi compare tutto intorno ai rilievi di Montioni a rivestire, di un velo di ciot-

toli con scarsa matrice sabbiosa, superfici pianeggianti indipendentemente dalla configurazione delle valli attuali. In prevalenza si trova sovrapposto al Conglomerato di Montebamboli, del quale spesso ha riciclato i grossi ciottoli che appaiono comunque sempre dilavati della patina rossoematite molto accesa che li caratterizza frequentemente nel sedimento originario; tuttavia si sovrappone anche direttamente alle Argilliti e calcari silicei «Palombini» e ai sedimenti dell'Unità interna del Complesso delle formazioni di facies austroalpina nei pressi di Riotorto (COSTANTINI & *alii*, 1990). Dai Conglomerati di Montebamboli si riconosce anche perché presenta sempre ben conservata la superficie piatta di chiusura della sedimentazione, elemento

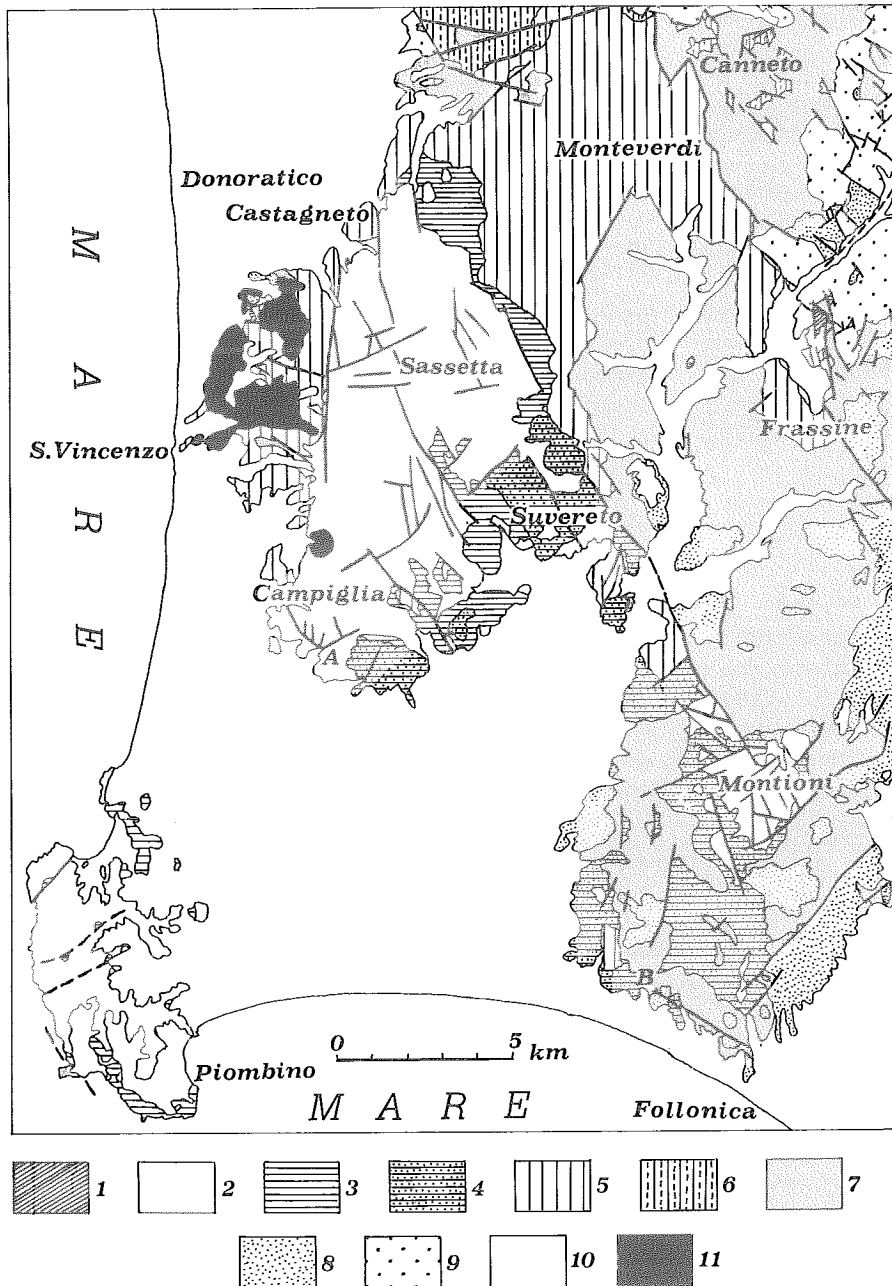


FIG. 2 - Schema tettonico dei rilievi contermini alla Pianura di Piombino (da COSTANTINI & *alii*, 1990). Complesso delle formazioni di facies toscana: 1 - Unità di Monticiano-Roccastrada, 2 - «Falda Toscana»; Complesso delle formazioni di facies austroalpina: 3 - Unità delle «Argille e calcari»; 4 - Unità di San Quirico-Antignano; Complesso delle formazioni di facies ligure: 5 - Unità di Monteverdi-Lanciaia, 6 - Unità di Castelluccio, 7 - Unità ofiolitifera superiore; Complesso neautoctono: 8 - Depositi miocenici, 9 - Depositi pliocenici, 10 - Depositi pleistocenici ed olocenici; 11 - Prodotti magmatici intrusivi, effusivi e filoniani.

morfologico che è ormai completamente perduto nei primi, verosimilmente per la più lunga erosione subita. Presso il Podere dell'Olivo, il Poggio Quercetina, il Poggio al Vento, la Casa Bonaria e il Poggio Romano (tutte località del fianco occidentale dei rilievi di Montioni) questo conglomerato presenta intercalazioni di un travertino marnosabbioso che suggerisce un ambiente di deposizione fluvio-palustre. Nella fig. 1 questo conglomerato è stato accorpato nella unità 2, nelle fig. 5, 6, 7, 8, 9 e 10 in 3, con gli altri sedimenti del Pleistocene medio. MAZZANTI (1984), sulla base di ricognizioni speditive e di quanto indicato nella II ediz. del F° 119 della C.G.I., ha riferito al Pleistocene medio i conglomerati che si trovano presso Casa San Frediano e Casa Poggio Avvoltoio; ma il nuovo rilevamento di campagna, eseguito per la redazione della Carta geologica della Provincia di Livorno a Sud del F. Cecina, ha rivelato trattarsi, nei due siti, del miocenico Conglomerato di Montebamboli.

In mancanza di elementi paleontologici diretti, l'età del Conglomerato del Podere San Luigi, per il quale viene indicata, come nuova zona tipo, la collina di San Luigi, 3 km a NE di Follonica, in sostituzione di quella relativa alla precedente denominazione di «Conglomerato di Casa Poggio Avvoltoio» (MAZZANTI, 1984), deriva dalla sua posizione stratigrafica, essendo sovrapposto ai Conglomerati di Montebamboli del Miocene superiore terminale e sottostante alle Sabbie rosse di Val di Gori verosimilmente deposte nelle fasi rissiane (Pleistocene medio). L'arco cronologico così definito resta molto ampio; riteniamo tuttavia che la deposizione di questi conglomerati sia più vicina a quella delle Sabbie rosse di Val di Gori che non ai Conglomerati di Montebamboli dai quali si staccano nettamente per la morfologia. Resta comunque il fatto che si differenziano alquanto anche dalla collocazione morfologica delle Sabbie rosse di Val di Gori in quanto non si trovano mai, come queste ultime, all'interno di valli attuali.

Le Sabbie rosse di Val di Gori (rientranti in 2 di fig. 1 e in 3 delle figg. 5, 6, 7, 8, 9 e 10) appaiono abbondanti in alcune ampie valli dei lati occidentale e meridionale dei Monti di Campiglia M.ma, dove è stata istituita appunto la serie tipo, e in valli dei lati occidentale e meridionale dei rilievi di Montioni. Di esse è caratteristica la facies prevalentemente continentale eolico-colluviale, la presenza di manufatti acheuleani e lo sviluppo di alfisuoili Palixeralfs nelle superfici superiori. L'insieme di questi elementi ne ha permesso l'attribuzione al Pleistocene medio, verosimilmente alle fasi rissiane (GALIBERTI & *alii*, 1982).

Vanno infine considerate collegate ai rilievi contermini (Monti di Campiglia M.ma) anche le due masse di travertino che si trovano presso Palmentello e presso Lumiere, allo sbocco nella Pianura di Piombino delle valli rispettivamente di Pozzatello e Romanella. Il passaggio interdigitato che queste due masse di travertino mostrano con le Sabbie rosse di Val di Gori suggerisce anche per queste un'età pleistocenica media.

Per quanto riguarda la tettonica, lo schema di fig. 2, tratto dalla Carta geologica della Provincia di Livorno a Sud del F. Cecina (COSTANTINI & *alii*, 1990), mostra co-

me nei rilievi contermini alla Pianura di Piombino non compaiono faglie di margine che siano collegabili con la formazione di quest'ultima. Gli elementi tettonici A e B di fig. 2, gli unici chiaramente marginali, sono molto frammentari, si interrompono prima di giungere in prossimità della pianura e non sembrano quindi responsabili della sua formazione. È evidente che, se per la Pianura di Piombino desideriamo invocare una natura tettonica, gli elementi che l'hanno determinata devono essere rimasti sommersi sotto gli stessi suoi sedimenti e non sono rintracciabili che con indagini geofisiche.

Dallo schema di fig. 2 è inoltre possibile trarre le indicazioni dei rapporti di sovrascorrimento tra i complessi alloctoni pre-neogenici; per quanto riguarda questo lavoro tuttavia, tali rapporti non interessano nei particolari in quanto realizzati in fasi tettoniche anteriori alle dislocazioni responsabili della sedimentazione dei depositi del Complesso neoautoctono, entro lo sviluppo dei quali va vista la formazione della Pianura di Piombino. Al fine di datare queste ultime dislocazioni è utile precisare l'età dei vari depositi presenti sui principali gradini tettonici originatisi per l'attività delle più importanti faglie di distensione. A questo scopo è stato tracciato lo schema tettonico di fig. 3 nel quale sono stati segnati i più importanti di questi gradini: Promontorio di Piombino (A); Monti di Campiglia M.ma e rilievi di Montioni (B), suddiviso in San Vincenzo (B₁), Sassetta-Suvereto (B₂) e rilievi di Montioni (B₃); Monteverdi M.mo - Frassine (C); sono state inoltre segnalate le aree marginali ribassate e cioè le aree di Canneto (D), di Donoratico (E) e di Follonica (F) e ovviamente l'area della Pianura di Piombino (G) i cui lineamenti tettonici non sono visibili in superficie.

Nello stilare lo schema di fig. 3 si è tenuto conto delle possibilità di suddividere il Complesso neoautoctono in vari cicli stratigrafici; i primi quattro, riconosciuti finora nella Toscana a sud dell'Arno, sono certamente collegati ad altrettante fasi di sprofondamento tettonico:

- un ciclo del Messiniano pre-evaporitico ed evaporitico;
- un ciclo del Miocene superiore terminale, rappresentato dalla così detta facies di «lago-mare» (qui costituita solo dal Conglomerato di Montebamboli), talora discordante sul precedente e spesso sovrapposto direttamente su formazioni pre-neoautoctone;
- un ciclo nel Pliocene inferiore con sedimenti di mare franco e concordante sul precedente quando inizia con la biozona a *Sphaeroidinellopsis*, oppure trasgressivo su termini più antichi del substrato, quando inizia con la biozona a *Globorotalia margaritae* e con quella a *G. punctulata*;
- un ciclo del Pleistocene inferiore (Santerniano-Emiliano), ben noto in Val di Cecina, a Rosignano e nelle colline Livornesi e Pisane (MAZZANTI, 1984).

I sedimenti del Pleistocene medio sono invece stati accorpatisi insieme a quelli del Pleistocene superiore e dell'Olocene in quanto la loro deposizione non sembra collegata a sprofondamenti tettonici quanto piuttosto a variazioni del livello del mare per lo sviluppo degli episodi glaciali quaternari.

La fig. 3 indica che i sedimenti del ciclo del Messinia-

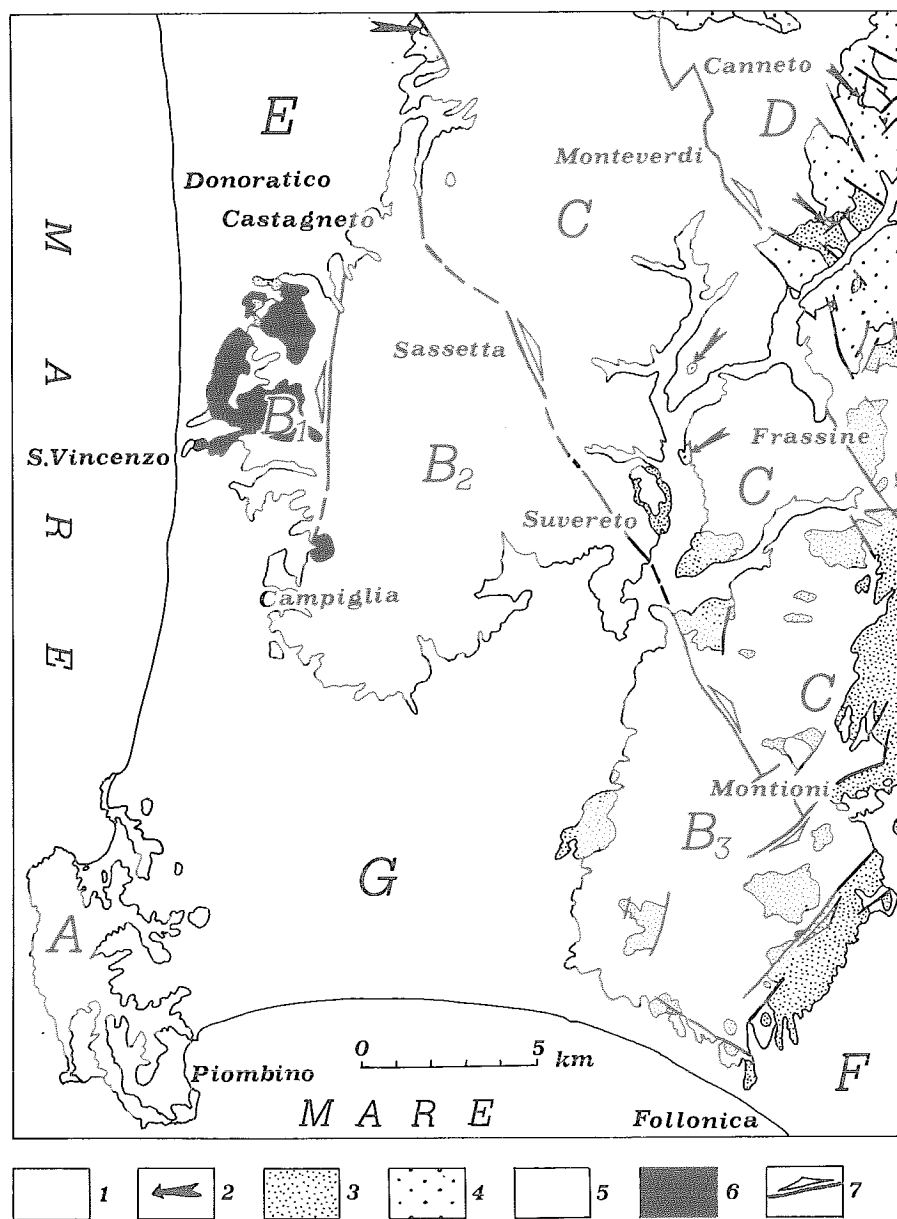


FIG. 3 - Schema tettonico semplificato per indicare i maggiori gradini tettonici individuabili dalle più importanti faglie di distensione: A - Promontorio di Piombino, B₁ - San Vincenzo, B₂ - Sassetta-Suvereto, B₃ - rilievi di Montioni, C - Monteverdi M.mo Frassine, e le aree marginali a questi gradini: D - Canneto, E - Donoratico, F - Follonica, G - Pianura di Piombino. 1 - Formazioni anteriori al Miocene superiore; 2 - Indicazioni dei piccolissimi affioramenti di depositi del Miocene superiore pre-evaporitico ed evaporitico; 3 - Conglomerato di Montebamboli (Miocene superiore terminale); 4 - Formazioni plioceniche; 5 - Formazioni pleistoceniche ed oloceniche; 6 - Prodotti magmatici intrusivi, effusivi e filoniani; 7 - Maggiori faglie di distensione (triangoli sul labbro abbassato).

no pre-evaporitico ed evaporitico compaiono nell'area di Canneto (D), in quella di Monteverdi M.mo-Frassine (C) e in quella di Donoratico (E); i sedimenti della facies di «lago-mare» sono presenti nelle aree di Donoratico (E), San Vincenzo (B₁), Montioni (B₃), Follonica (F), Monteverdi M.mo-Frassine (C) e Canneto (D); i sedimenti del ciclo del Pliocene inferiore compaiono nelle aree di Donoratico (E) e Canneto (D); i sedimenti del ciclo del Pleistocene inferiore non affiorano in nessuna delle località rappresentate in fig. 3 ma si può ritenere certo che siano presenti nel sottosuolo della Piana di Donoratico, affiorando poco a NE e immergendosi verso la stessa.

È noto che nelle ricostruzioni paleogeografiche quando in un'area non sono presenti i sedimenti di una certa età non è corretto imputarne la mancanza semplicemente al fatto che si sia trovata emersa in quanto è anche possi-

bile che tutti i sedimenti eventualmente depositi in quell'età siano stati asportati nelle fasi erosive successive. Uno degli argomenti più indicativi per affermare o escludere che in una certa località si siano depositati sedimenti di una determinata età è il ritrovamento o meno, nei sedimenti più recenti di quella stessa area e dei dintorni, di elementi clastici la cui provenienza possa essere considerata esclusiva dai sedimenti dell'età di cui si cerca di ricostruire il quadro paleogeografico. È ovvio che una ricerca del genere non è sempre possibile perché possono mancare elementi esclusivi, o fortemente caratteristici, fra i sedimenti di una certa età di una regione. Ma per i rilievi contermini alla Pianura di Piombino fortunatamente disponiamo di buoni indicatori da usare in questo senso. Si tratta degli strati di gesso che sono sempre presenti nei depositi del Messiniano evaporitico e che hanno rifornito

di ciottoli depositi più recenti (LAZZAROTTO & *alii*, 1964); ebbene in nessuno degli affioramenti del Conglomerato di Montebamboli sono stati notati ciottoli di gesso; verosimilmente la mancanza di questi ciottoli dipende dal fatto che tutta l'area dalla quale è provenuta la grande quantità di ciottoli che costituiscono questo conglomerato non è stata interessata dalla sedimentazione del Messiniano evaporitico in quanto si trovava emersa. Inoltre fra i clasti del Conglomerato di Montebamboli dei rilievi di Montioni si trovano ciottoli di apfite porfirica e di porfido granitico la cui provenienza dai filoni dell'area elbana è stata sicuramente dimostrata da MARINELLI (1955). La presenza di questi ciottoli, che diventa più abbondante nei sedimenti del Pliocene inferiore delle alte valli di Cecina e di Cornia e del Massetano (MAZZANTI, 1966; LAZZAROTTO, 1967; TONGIORGI, 1963) assume un preciso significato paleogeografico, nella necessità di ammettere un'area emersa che dai dintorni dell'attuale costa toscana raggiungesse l'Elba, e un significato tettonico che sposta a dopo il Pliocene inferiore la formazione della depressione della Pianura di Piombino la cui presenza non avrebbe permesso il corso fluviale fra l'area elbana e quella delle alte valli del Cecina e del Cornia e dei dintorni di Massa M.ma.

Se la ricostruzione paleogeografica delle aree della Pianura di Piombino e dei rilievi contermini può essere considerata assai ben delineata per il Messiniano evaporitico e per il tetto del Miocene superiore, maggiori incertezze sussistono per il Pliocene. Già è stato detto che la presenza, spesso in notevole quantità, di ciottoli di apfite porfirica e di porfido granitico nei sedimenti del Pliocene inferiore a oriente dell'area in esame, richiede che in questa non si fosse ancora formata la Pianura di Piombino. La sovrapposizione diretta delle vulcaniti di San Vincenzo, datate a 4.7 MA (FERRARA & TONARINI, 1985) e quindi rientranti nell'ambito cronologico del Pliocene inferiore,

sopra rocce del Complesso delle formazioni di facies ligure e sopra rocce del Complesso delle formazioni di facies toscana indica che il gradino dei Monti di Campiglia M.ma-Montioni era sicuramente emerso almeno nella zona di San Vincenzo (B₁ di fig. 3); la sovrapposizione delle stesse vulcaniti sopra i Conglomerati di Montebamboli, risultata ben evidente nel corso dei recenti rilevamenti di campagna (CONSTANTINI & *alii*, 1990), documenta che anche questo episodio di deposizione continentale era terminato nel Pliocene inferiore e che l'area dei gradini tettonici di Piombino e di Campiglia M.ma-Montioni si doveva trovare, ovviamente insieme a quella nella quale in seguito si formerà la Pianura di Piombino, in una situazione di emersione e di erosione. D'altra parte per i dintorni di Campiglia M.ma (B₂ di fig. 3) ciò va considerato conseguente anche alla messa in posto dello stock granodioritico di Botro ai Marmi.

LA GEOLOGIA DI SUPERFICIE DELLA PIANURA DI PIOMBINO

Le osservazioni geologiche che sono possibili nella Pianura di Piombino sono piuttosto scarse per la mancanza di incisioni di una certa profondità. Sulla differenza essenziale fra la zona a NW della linea Venturina-Montegemoli e quella a SE ci siamo già intrattenuti, comunque è qui il caso di ribadirla essendo di natura fondamentale stratigrafica e quindi geologica.

Nella Piana di Palmentello-Lumiere sono presenti il lungo e stretto affioramento di «Panchina» di San Vincenzo-Torre Nova ed altri piccoli di aree più interne (Villa Biserno, Podere Uguccione, Podere Contessa Lea); le perforazioni del Comune di San Vincenzo (MAZZANTI & *alii*, 1981) hanno rivelato che la «Panchina» si prolunga al di sotto delle würmiane Sabbie rosso-arancio di Donoratico

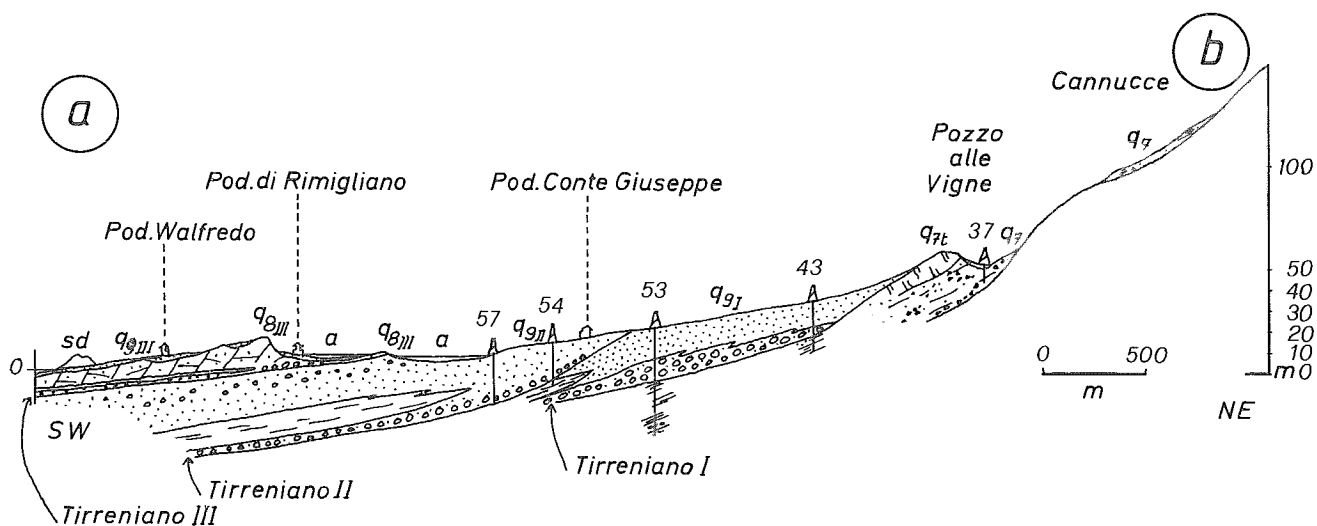


Fig. 4 - Sezione geologica a-b (localizzata in Fig. 1) attraverso la Piana di Palmentello-Allumiere. In grise il substrato pre-pleistocenico; q₇ - Sabbie rosse di Val di Gori (Pleistocene medio); q_{7t} - Travertino; q_{9I} - Sabbie rosso-arancio di Donoratico (Würm I); q_{9II} Sabbie rosso-arancio di Donoratico (Würm II); q_{8III} «Panchina» (Tirreniano III); q_{9III} Sabbie rosso-arancio di Donoratico (Würm III); sd Dune; a Alluvioni.

e non costituisce quindi un cordone tipo lido, come sostenuto da MERCIAI (1910) e da SAGGINI (1967) in una interpretazione un poco diversa ma comunque ugualmente non sostenibile (si veda in MAZZANTI & *alii*, 1982).

Al di sopra della «Panchina», che in affioramento mostra facies con fossili marini di spiaggia solo nella parete immediatamente a Sud del Pod. Torre Nuova di San Vincenzo («Tirreniano II» in fig. 4) e prevalentemente facies eolica con stratificazione incrociata, si trovano le Sabbie rosso-arancio di Donoratico, ampiamente estese sulla maggior parte della piana fino ad attestarsi «a mantello» sopra le Sabbie rosse di Val di Gori o sopra conici di deiezione pre-tirreniani o, direttamente, sulle pendici inferiori dei Monti di Campiglia M.ma al limite orientale della piana stessa. Anche le Sabbie di Donoratico hanno facies in prevalenza eolica, sia pure «inquinata» da episodi colluviali. I ritrovamenti in esse di industrie del Paleolitico medio e la presenza nelle superfici superiori di inceptisuoli e degli Haploxeralfs indicano che le Sabbie di Donoratico sono state soggette ad una fase di alterazione iniziata attorno al Würm; si tratta quindi di un sedimento rientrante nell'ambito cronologico del Pleistocene superiore.

Lo studio della bella sezione della Baia di Baratti, non propriamente collocata nella Piana di Palmentello-Lumiere ma da essa separata dal bassissimo spartiacque di Poggio Piovanello (di quota 69 m), ha evidenziato l'esistenza di tre livelli di «Panchina», ciascuno dei quali sormontato da un livello di Sabbie rosso-arancio. Queste coppie di litofacies sono considerate come l'espressione di tre cicli eustatici nell'ambito del Pleistocene superiore (CORTEMIGLIA & *alii*, 1984); vedremo l'importanza che questa sezione ha nell'interpretazione delle stratigrafie delle numerose perforazioni di cui disponiamo per la Piana di Palmentello-Lumiere.

Subordinati di gran lunga ai sedimenti del Pleistocene superiore nella Piana di Palmentello-Lumiere affiorano anche alcuni sedimenti olocenici: le alluvioni e i depositi lacustri del «Lago di Rimigliano» nei tre bracci di Rimigliano, di Lumiere e della Fossa Calda (MAZZANTI & *alii*, 1981 e 1982), i depositi di duna e di spiaggia e le Arenarie di San Vincenzo-Punta del Molino, strettamente allineati lungo il litorale (MAZZANTI & *alii*, 1981). I depositi di duna più antichi hanno rivelato frammenti ceramici dell'Età del Bronzo antico presso Casa Cavalleggeri (FEDELI, 1984) e del Bronzo finale presso la Punticella di San Vincenzo (FEDELI & GALIBERTI, 1979); le Arenarie di San Vincenzo - Punta del Molino contengono scorie della lavorazione del ferro e sono particolarmente significative del più recente sollevamento del livello del mare in quanto subaffiorano durante le basse maree pur corrispondendo in origine a un sedimento di spiaggia emersa e quindi deposto uno o due metri al di sopra del livello del mare del tempo (MAZZANTI & *alii*, 1981) ⁽⁴⁾.

⁽⁴⁾ Il sollevamento del livello del mare intorno a 1 m è confermato, per altra via, dal ritrovamento della tomba tardoellenistica in località La Sterpaia, appunto in un fondale marino di circa m 0,80 (FEDELI, 1989).

Nella Pianura del Cornia prevalgono in grandissima maggioranza gli affioramenti di depositi olocenici alluvionali, lagunari-palustri e di colmata. Solo lungo il margine dei rilievi di Montioni affiora una fascia di Sabbie rosso-arancio di Donoratico, presente anche intorno al nucleo di Argilliti e calcari silicei «Palombini» di Casa Lappi. L'appartenenza al Pleistocene superiore di questi ultimi sedimenti è garantita dalle industrie del Paleolitico medio rinvenute a Casa Lappi e alla Casa Rossa di Riotorto (GALIBERTI, 1970). Sui sedimenti alluvionali e lagunari-palustri della Pianura del Cornia sono stati rinvenuti materiali del Neo-eneolitico, del Bronzo, orientaleggianti, ellenistici e romani, tutti segnalati da FEDELI (1984). A parte i dettagli degli sviluppi degli insediamenti che in questa sede non interessano, nell'insieme questi reperti indicano chiaramente una frequentazione fin da epoca neo-eneolitica dei dintorni della Fattoria della Sdriscia (fig. 5), che dovevano di conseguenza trovarsi emersi. L'esistenza del sottile lido che verso SE separa la Pianura del Cornia dal mare è documentata nel Bronzo finale dall'insediamento di Torre Mozza; ma anche lungo tutto questo lido, a pochi metri dalla battigia, è conosciuto l'affioramento, ora subacqueo, delle Arenarie di San Vincenzo-Punta del Molino (MAZZANTI, 1984).

LA MORFOLOGIA DELLA PIANURA DI PIOMBINO

Da un punto di vista strettamente morfologico la Pianura di Piombino è ancora suddivisibile, come da quello geologico, nella Piana di Palmentello-Lumiere e nella Pianura del Cornia. La prima, di forma triangolare si trova a quote che raramente raggiungono 50 m lungo il lato San Vincenzo-Venturina e intorno a quote di 10 m nel vertice opposto poco a Nord di Montegemoli; la seconda ha anch'essa, una forma triangolare, con base tra Ponte d'Oro (Piombino) e Torre Mozza (Follonica), corrispondente alla spiaggia e alla bassissima e stretta duna, e vertice poco a Sud di Suvereto, al piede occidentale del Monte Peloso tra i Monti di Campiglia M.ma e i rilievi di Montioni, a quote di poco superiori a 30 m. Il tratto in comune tra questi due triangoli (linea Venturina - Montegemoli) è ben netto presso quest'ultima località, dove corrisponde a una vera e propria scarpata di terrazzo alta alcuni metri anche se un poco declive; è invece meno percettibile nei pressi di Venturina dove, oltre alle esondazioni ed erosioni del Cornia è verosimile abbiano agito corsi d'acqua minori provenienti dai sovrincombenti Monti di Campiglia M.ma.

Entrambe queste superfici triangolari sono leggermente inclinate: maggiormente quella della Piana di Palmentello-Lumiere, che è anche un po' più alta, in media, sul livello del mare e che corrisponde nell'insieme a un terrazzo, leggermente depresso verso il centro in coincidenza col percorso della Fossa Calda nella zona del Mulinaccio; assai meno quella della Pianura del Cornia, che diminuisce leggermente di pendenza presso a poco a valle del percorso della Via Aurelia, tra Venturina e Vignale.

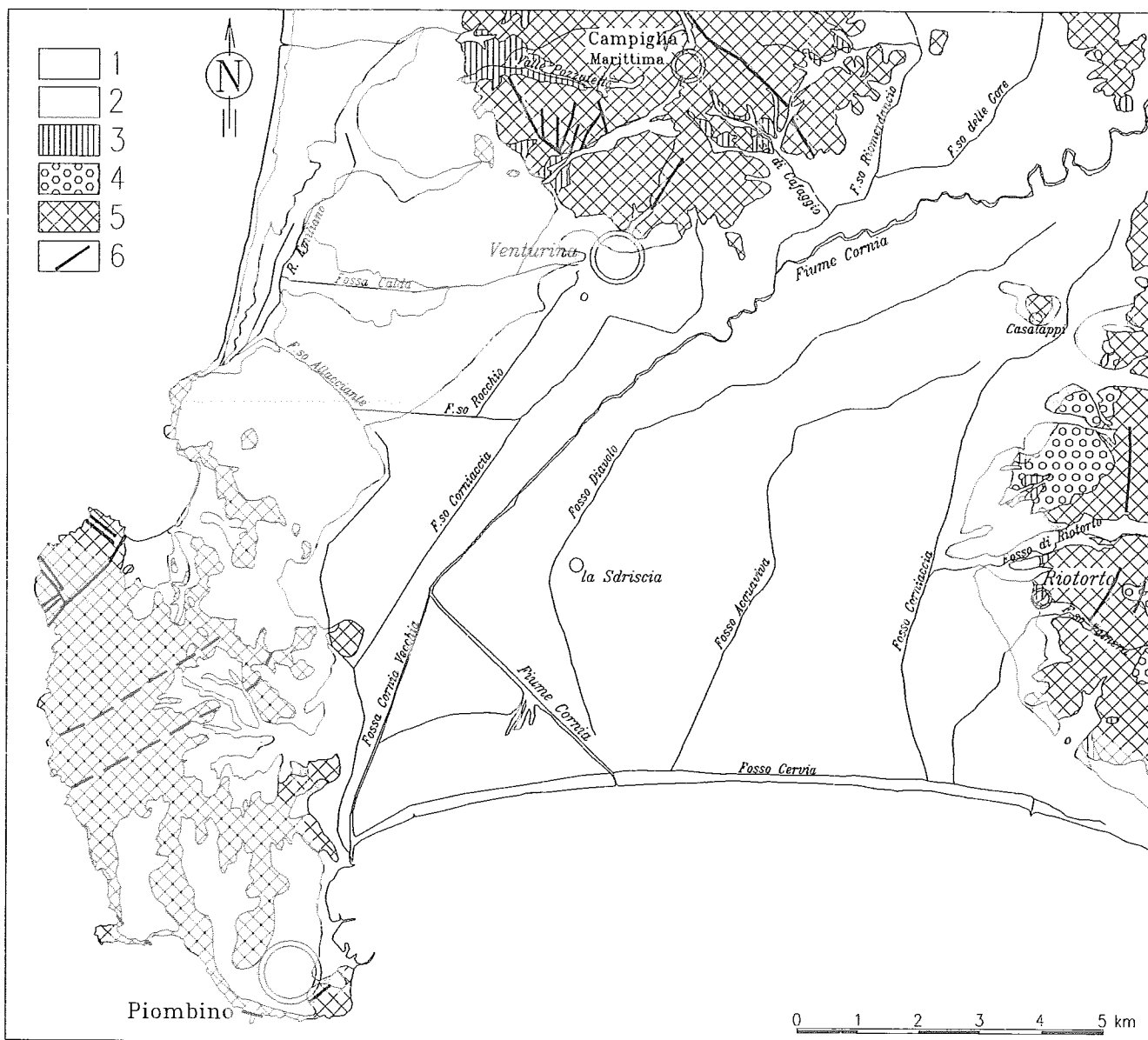


FIG. 5 - Carta geologica schematica della Pianura di Piombino e dei rilievi contermini. 1 - Sedimenti alluvionali, palustri, lagunari e dei cordoni dunari (Olocene); 2 - Sabbie rosso-arancio di Donoratico (Pleistocene superiore); 3 - Sabbie rosse di Val di Gori, Travertini e Conglomerati del Podere San Luigi (Pleistocene medio); 4 - Conglomerati di Montebamboli (Miocene Superiore); 5 - Insieme delle rocce anteriori al Miocene superiore; 6 - Faglie.

MAZZANTI & *alii* (1981) hanno mostrato che nella Pianura di Palmentello-Lumiere le valli del Rio Emiliano e della Fossa Calda, che ospitarono le acque del lago di Campiglia o di Rimigliano, sbarrato verso il mare dalla spiaggia e oggi prosciugato (si veda in MAZZANTI & *alii*, 1982), sono da considerarsi di escavazione fluviale würmiana. La medesima piana riceve infiltrazioni di acque, attraverso coni di deiezione più o meno sepolti, anche da una serie di ampi valloni, di escavazione pre-tirreniana (ed ora possiamo affermare anche pre-rissiana, come è dimostrato dal fatto che sono parzialmente riempiti dalle rissiane Sabbie rosse di Val di Gori). Questi valloni hanno dimensioni spropor-

zionate agli esili corsi d'acqua che li percorrono attualmente (Vallone del Podere San Pellegrino tra San Vincenzo e San Carlo, Val di Gori, Botro Bufalone, Botro della Casina, Botro ai Marmi, Botro della Casa del Franchi, Valle Pozzanello, Valle di Casa Romanella).

Le condizioni morfologiche della Pianura del Cornia prima dei grandi lavori di bonifica dei secoli XIX e XX, con le varie zone umide talora a quote inferiori al livello del mare, sono state rappresentate in fig. 10, si tratta della carta intitolata «Pianura di Cornia / prima delle bonifiche / anno 1830», inserita nella Statistica della Prov. di Grosseto e derivata dalle operazioni geodetiche e carto-

grafiche per il Catasto Ferdinando-Leopoldino. Per lo scopo di questa nota riteniamo superfluo occuparci delle operazioni di prosciugamento che hanno condotto alla situazione attuale, tanto più che questo argomento è stato trattato di recente da CHERUBINI & *alii* (1987).

Anche nella Pianura del Cornia scaricano le loro acque valloni di incisione assai antica, attualmente solcati da corsi d'acqua inadeguati alle loro dimensioni come il sistema di valli a SE di Campiglia M.ma di escavazione pre-rissiana in quanto riempite dalle Sabbie rosse di Val di Gori, il vallone del Fosso Riomerdancio (tra Campiglia e Suvereto) e il vallone della Cagliana sul Promontorio di Piombino, di escavazione pretirreniana (CORTEMIGLIA & *alii*, 1984).

LE INDICAZIONI DELLE PERFORAZIONI

La Pianura di Piombino è stata interessata da centinaia di perforazioni per ricerche e sfruttamento d'acqua, per ricerche minerarie e per accertamenti geotecnici a scopi costruttivi. Purtroppo nessun rendiconto di questa enorme quantità di dati è stato pubblicato finora salvo i brevi cenni alle perforazioni ENEL da parte di BARTOLINI & *alii* (1979 e 1989) e le stratigrafie dei cinque sondaggi dell'acquedotto del Comune di San Vincenzo da parte di MAZZANTI & *alii* (1981). Per quanto ci riguarda siamo riusciti ad ottenere informazioni sulle successioni litologiche di circa 170 perforazioni senza per altro disporre di carote per gli esami di laboratorio. Resta comunque il fatto che è stato raccolto un numero veramente alto di notizie che ci proponiamo di rendere pubbliche in un prossimo lavoro a carattere più analitico, corredato dalla Carta geologica della Provincia di Livorno a Sud del F. Cecina (COSTANTINI & *alii*, 1990) nella quale sono indicate le posizioni di tutte queste perforazioni. Per adesso ci preme di informare che, malgrado quanto detto sopra, la quantità delle perforazioni, specialmente in corrispondenza del triangolo Palmentello-Venturina-Torre Nuova⁽⁵⁾, è tale da aver fornito dati che riteniamo senza dubbio di buona affidabilità. Ciò, in modo particolare, per quanto riguarda la possibilità di ricostruire nei primi trenta metri del sottosuolo la stratigrafia del Pleistocene superiore, seguendo l'andamento dei corpi sedimentari calcarenitici, sabbiosi, conglomeratici e argillosi. Così in alcune perforazioni sono state rinvenute fino a tre sequenze sedimentarie ognuna costituita, nell'ordine dal basso da psefiti, peliti e psammiti, in altre due sequenze, in altre una sola. Tenendo conto della presenza delle tre sequenze, esposte nella sezione della Baia di Barratti, e della possibilità di una disposizione «a mantello» in corrispondenza dell'apice trasgressivo di ciascuna di queste su quella inferiore, sono state tracciate sei sezioni di grande dettaglio delle quali presentiamo quella di fig. 4,

⁽⁵⁾ Esprimiamo la nostra gratitudine alla Direzione della RI.MIN. di Scarlino e al Comitato di Gestione del C.I.G.R.I. di Venturina che hanno permesso la pubblicazione dei dati delle loro perforazioni e dei risultati di indagine geoelettrica.

corrispondente al tracciato riportato in fig. 1. Appare evidente che con i dati reperibili solamente in superficie la ricostruzione di fig. 4 non sarebbe stata possibile. Infatti presso il Podere Conte Giuseppe le sabbie, attribuite alle sequenze I e II (q_{9I} e q_{9II}) non sono distinguibili per alcun elemento; tuttavia la possibilità di una suddivisione è evidente dalla stratigrafia del pozzo 54, qualora ovviamente si accetti che, in corrispondenza del Podere Conte Giuseppe passi l'apice della sequenza II, o Tirreniano II - Würm II. L'affidabilità di un simile metodo di indagine diviene maggiore quando i dati delle perforazioni disponibili siano veramente molti come nel caso della Piana di Palmentello-Lumiere (con maglia di nove perforazioni per chilometro quadrato).

In quest'ultima piana è stato possibile riconoscere tre sequenze stratigrafiche del Pleistocene superiore, riferite al «Tirreniano I» - «Würm I», «Tirreniano II» - «Würm II» e «Tirreniano III» - «Würm III», ognuna caratterizzata da un piccolo spessore di sedimenti di spiaggia basali (indicati come «tirreniani») e da un corpo più potente di sedimenti continentali sommitali (in prevalenza sabbie eoliche e colluviali, indicate come «würmiane» e assimilate nell'unica formazione di Sabbie rosso-arancio di Donoratico)⁽⁶⁾. La Piana di Palmentello-Lumiere, che in superficie ci era sembrata costituita da un unico terrazzo leggermente più alto della Pianura del Cornia, è così risultata, con l'ausilio delle numerose perforazioni delle quali abbiamo

⁽⁶⁾ Considerate le notevoli incertezze e differenze di opinione che ancora sussistono in letteratura sul significato da dare al termine Tirreniano, riteniamo di precisare che in questa nota abbiamo indicati come «tirreniani» tutti quei sedimenti di facies marina, di spiaggia sommersa ed emersa (compresi quelli dovuti al getto di riva) che abbiamo ritenuto essere stati depositi durante il Pleistocene superiore, inteso come l'intervallo cronologico che va da circa 124 mila a circa 10 mila anni or sono e per le successioni stratigrafiche di facies marina del quale la Scala Cronologica del I Convegno sulla Cartografia Geologica Nazionale (Roma, 2/5/1991) suggerisce l'impiego del Piano Tirreniano. Parimenti abbiamo indicati come «würmiani» tutti i sedimenti di facies continentale (eolica, colluviale, alluvionale, ecc.) o di transizione (lagunare, palustre) che abbiamo ritenuto depositi durante il Pleistocene superiore, ovviamente secondo i limiti cronologici di cui sopra.

Ciò premesso e riconosciuta, attraverso i sondaggi della Piana di Palmentello-Lumiere, la possibilità di individuare tre sequenze sedimentarie addossate l'un l'altra a mantello e ognuna costituita da un piccolo spessore di depositi di spiaggia alla base (conglomerati, «Panchina») e da un più cospicuo spessore di depositi continentali (o di transizione) al tetto, abbiamo ritenuto di indicare le facies marine di queste sequenze rispettivamente come «Tirreniano» I, II e III e quelle continentali come «Würm» I, II e III. Resta inteso comunque che nella Piana di Palmentello-Lumiere sono stati rinvenuti fossili marini (peraltro non indicativi dal punto di vista biostratigrafico) solo nella «Panchina» affiorante nella parete posta immediatamente a Sud del Podere di Torre Nuova, affioramento da noi considerato appartenere alla seconda sequenza sedimentaria. Migliori indicazioni cronologiche ci provengono dai sedimenti continentali delle sequenze prima e seconda nei quali sono state trovate industrie musteriane, quindi rientranti nell'ambito del Pleistocene superiore. È su questa base e sul tipo dell'alterazione paleopedologica di questi sedimenti (Inceptisuoli, Haploxeralfs) che riteniamo la loro deposizione non precedente al Pleistocene superiore, mentre la giacitura dei sedimenti della terza di queste sequenze al di sotto delle oloceniche Arenarie di San Vincenzo-Punta del Molino, rappresentanti la deposizione olocenica, è significativa di una loro deposizione completamente nell'ambito del Pleistocene superiore.

potuto usufruire, formata da tre terrazzi amalgamati che riteniamo di poter classificare anche come terrazzo policiclico, in quanto generato in tre episodi eustatici distinti ma non più riconoscibili in superficie per l'omogeneizzazione operata, nelle sabbie prevalenti in questi cicli, dalla pedogenesi in Inceptisuoli e Haploxeralfs, dalle lavorazioni agricole e dai notevoli spostamenti di terra effettuati con i moderni mezzi agricoli. A questo proposito ricordiamo che LOTTI, nella legenda della I ediz. del F° 119 del 1906, ha classificato i sedimenti della Piana di Palmentello-Lumiere come «*Ciottoli e sabbie ocracee in terrazze*» non aggiungendo altre spiegazioni a questa sinteticissima definizione. Sulla base di quanto abbiamo ricostruito in questo lavoro c'è da chiedersi se LOTTI non si fosse già accorto della natura policiclica del terrazzo di Palmentello-Lumiere che indica, appunto, al plurale come «*terrazze*», magari favorito nelle sue osservazioni, oltre che dal noto finissimo senso di osservazione, da una condizione della campagna meno interessata da pesanti interventi umani.

Un'altra informazione interessante che si può trarre dalle descrizioni dei sondatori sulle litologie incontrate nelle perforazioni è che il termine «*Panchina*» si trova per i pozzi ubicati in corrispondenza della Piana di Palmentello-Lumiere e non per quelli dislocati nella Pianura del Cornia. Questi ultimi in genere presentano nei primi 50 e talora 100 m alternanze di ghiaie e sabbie oltre a banchi di limo e di argilla. Ciò può dipendere dal fatto che nel sottosuolo della Pianura del Cornia le sequenze sedimentarie del Pleistocene superiore, ricche di «*Panchina*», sono state in gran parte erose nell'ultima fase di profondo abbassamento del livello marino dei 18 000 anni or sono e sostituite da depositi lagunari e palustri (limi e argille) e fluviali (conglomerati e sabbie) olocenici. Va chiarito comunque che per l'area della Pianura del Cornia l'interpretazione delle stratigrafie dei pozzi presenta molte difficoltà, e quindi incertezze, rispetto a quella della Piana di Palmentello-Lumiere. Infatti non si può considerare nota la profondità alla quale è giunto l'alveo del Cornia nella fase di massimo approfondimento dei 18 000 anni e, d'altra parte, è possibile che in precedenza si siano verificate fasi di approfondimento fluviale anche maggiori, come appare per esempio nella Pianura di Pisa, dove sembra che la fase di approfondimento fluviale maggiore sia stata quella corrispondente all'anaglaciale di Würm II (DELLA ROCCA & alii, 1988).

Riepilogando, dalle numerose perforazioni è risultata chiara la suddivisione della Pianura di Piombino in una Pianura del Cornia, con stratigrafia influenzata dalla presenza di questo notevole fiume, e nel terrazzo di Palmentello-Lumiere, con stratigrafia non influenzata dal Cornia e nella quale invece risulta in buona evidenza la presenza di tre sequenze del Pleistocene superiore. Per quanto riguarda la stratigrafia precedente al Pleistocene superiore, sempre nell'area della Piana di Palmentello-Lumiere, le perforazioni non hanno dato indicazioni attendibili, sia perché la maggior parte di esse non è stata spinta oltre i 30 m di profondità, sia per mancanza di informazioni cronologiche su basi biostratigrafiche. Le per-

forazioni della Pianura del Cornia presentano in genere dai 50 ai 100 m di sedimenti detritici fini con ripetute alternanze di livelli conglomeratici; è verosimile che detti sedimenti siano collegati al trasporto solido del Cornia in fasi deposizionali delle quali non abbiamo alcuna indicazione cronologica precisa, a parte per i livelli superiori corrispondenti alla sedimentazione olocenica, il cui spessore tuttavia non è noto.

Se la maggioranza delle perforazioni presenti nella Pianura di Piombino rivela dati relativi ai livelli più superficiali, i sette sondaggi esplorativi dell'ENEL per le fondazioni della Centrale di Torre del Sale hanno raggiunto profondità maggiori e aprono interrogativi diversi. Le prime notizie su questi sondaggi sono state fornite nel 1977 da BARTOLINI & alii (1979); «*Il limite Plio-Pleistocene, cui corrisponde la transizione da sedimenti prevalentemente marini di ambiente litoraneo a sedimenti prevalentemente continentali, si trova, in prossimità della base geodetica dell'I.G.M., nella parte centro-orientale della pianura del F. Cornia, a circa 80 m di profondità sotto l'attuale livello del mare. Nella stessa zona, ma più vicino alla costa, lo stesso orizzonte è a quota - 110 m*».

L'indicazione di cui sopra, data senza un preciso riferimento a una biozonazione micropaleontologica, non è sembrata affidabile a MAZZANTI (1980) che, nei Contributi alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia, segnala tutta l'area del F° Piombino come in sollevamento e quindi emersa nell'intervallo IIIa e IIIb (corrispondente a parte della Zona a *Globorotalia punctulata*, alla Zona a *G. bononiensis*, alla Zona a *G. aemiliana-crassaformis* e alla Zona a *G. inflata*). MAZZANTI ha motivato questa posizione col fatto, già ampiamente discusso in questa nota, che la Pianura di Piombino nel Pliocene non avrebbe potuto corrispondere a una depressione in quanto quest'ultima avrebbe interrotto le comunicazioni fluviali tra l'area elbana e quella interna maremmana, rifornita di grandi quantità di ciottoli di aplite porfirica e di porfido granitico. MAZZANTI (1980) suggerisce invece che nel sottosuolo della Pianura di Piombino si trovino sedimenti marini dell'intervallo IIIc (corrispondente al Pleistocene inferiore) in analogia con quanto ampiamente provato nella vicina Piana di Rosignano Solvay-Donoratico (GIANNINI, 1962).

Nel 1989 BARTOLINI & alii sono tornati indirettamente sull'argomento: «*In tre dei sette sondaggi esplorativi effettuati dall'ENEL, all'inizio degli anni '70 in prossimità della Base Geodetica I.G.M., è stato riconosciuto un evento trasgressivo attribuito alla parte alta del Pliocene Medio (zona a *Discoaster brouweri* - *D. tamalis*). Il livello sedimentario corrispondente, dello spessore di circa 10 m, si trova a profondità comprese fra i 70-80 m nel pozzo più lontano dalla costa (S 19) e i 120-130 m in quello più prossimo alla costa stessa (S 2)*». Questa precisazione sposta i termini della questione in quanto i ciottoli di aplite porfirica e di porfido granitico di sicura provenienza elbana si trovano nei sedimenti della Maremma a partire dal Conglomerato di Montebamboli (COSTANTINI & alii, 1990) e dal livello m_{5a} di Pomarance (MAZZANTI, 1966), entrambi del Miocene terminale e, con maggiore frequenza, nei conglomerati del Plio-

cene inferiore. D'altra parte non sono noti in Toscana sedimenti marini della parte superiore del Pliocene medio e del Pliocene superiore (DALLAN & SALVATORINI, 1967), che viene considerato un intervallo di tempo di totale emersione per tutta la regione. Lo sprofondamento dell'area corrispondente alla Pianura di Piombino, se avvenuto nella parte alta del Pliocene medio e nel Pliocene superiore, si sarebbe in ogni caso verificato dopo che i fiumi di provenienza elabana avevano avuto il tempo necessario per rifornire i sedimenti della Maremma dei ciottoli di apfite porfirica e di porfido granitico; rimane comunque ancora il fatto che dalle perforazioni della Pianura di Piombino ci proviene l'unica indicazione, per adesso nota, di una fase

trasgressiva nella parte alta del Pliocene medio - Pliocene superiore.

I RILIEVI GEOFISICI

Per la Pianura di Piombino i risultati di un primo parziale rilievo geofisico sono stati pubblicati da GABBANI (1983) sulla base di 24 S.E.V., disposti in una fascia di 12 km per 5 km, orientata secondo l'allungamento NNW-SSE dalla Torre Nuova di San Vincenzo alla Torre del Sale.

In questa ricerca è stata impiegata una disposizione elettrodica secondo lo schema Schlumberger, con linee di ener-

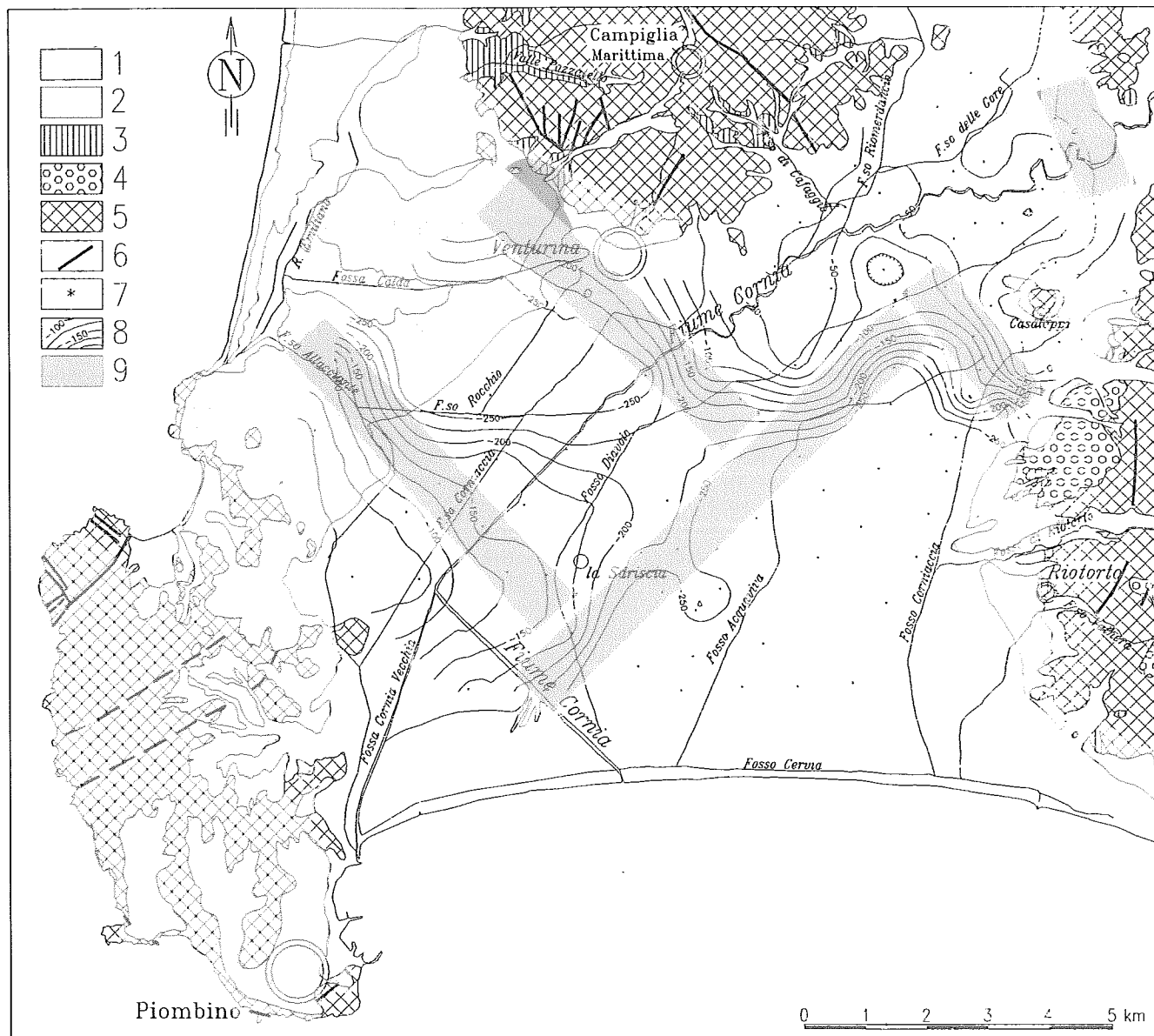


FIG. 6 - Carta delle isoipse del tetto delle formazioni pre-neototone (Superficie sepolta Se_1). 1-6 come in fig. 5; 7 - ubicazione dei sondaggi S.E.V.; 8 - isoipse del tetto delle formazioni pre-neototone; 9 - tratti a notevole ripidità (verosimilmente corrispondenti a faglie o fasci di faglie) della superficie Se_1 .

gizzazione AB al massimo di 500 m, che ha permesso una profondità di indagine di poco superiore ai 100 m. I risultati sono così riassunti dall'Autore: «Le Sabbie di Donoratico costituiscono nella zona compresa fra il Golfo di Baratti e i Monti di Campiglia M.ma il tetto della serie. Nell'area investigata prevalgono sedimenti di natura argilloso-sabbiosa. Sono presenti anche corpi lenticolari a grana più grossolana, probabili sedi di acquiferi.

Il substrato resistivo, costituito presumibilmente da Maccigno, passa verso Est, in corrispondenza del tratto ad orientazione NE-SO del F. Cornia, dalla profondità di circa 30-40 m a circa 70-120 m (massima profondità di indagine)».

Nuove campagne di indagini geofisiche sono state eseguite dalla Georisorse Italia, di Siena, per conto del

C.I.G.R.I. di Venturina, e della RI.MIN. di Scarlino. Sono stati utilizzati i risultati di circa 200 sondaggi S.E.V., eseguiti con il dispositivo Schlumberger con lunghezze di linea AB variabili da 1 000 a 4 000 m. Per l'elaborazione delle carte delle figg. 6, 7, 8 e 9 sono stati considerati in prevalenza i sondaggi eseguiti nell'area di pianura. Le elettrostratigrafie, ottenute dall'interpretazione geofisica dei S.E.V., sono state interpretate per il significato geologico alla luce dei risultati del nuovo rilevamento di campagna eseguito per allestire la Carta geologica della Provincia di Livorno a Sud del F. Cecina (COSTANTINI & alii, 1990) e delle informazioni litologiche e stratigrafiche fornite dalle numerose perforazioni. L'insieme delle informazioni di cui sopra ha permesso di delineare l'andamento di superfici

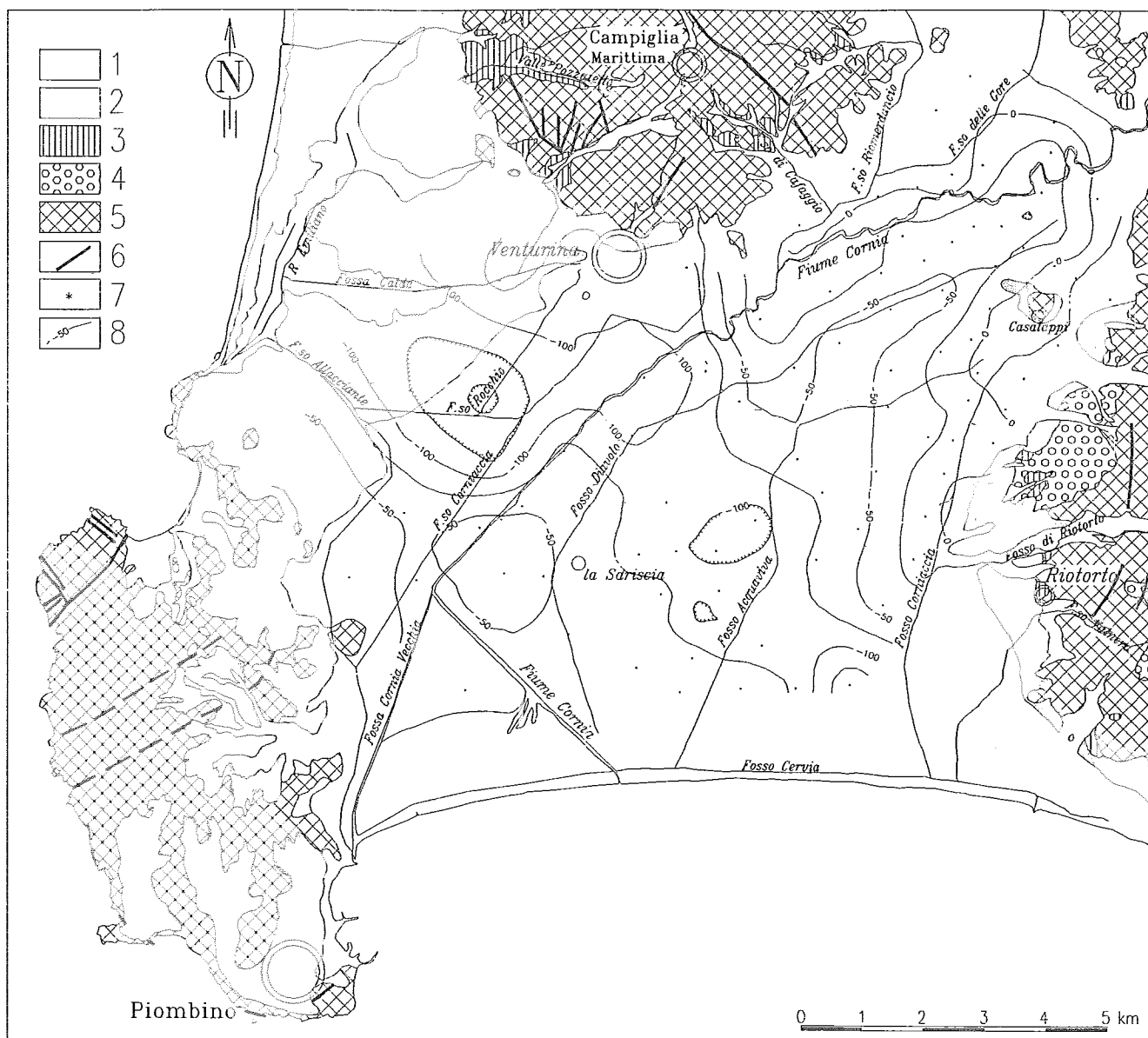


Fig. 7 - Carta delle isoipse della superficie sepolta Se₂. 1-7 come in fig. 6; 8 - isoipse della superficie sepolta Se₂.

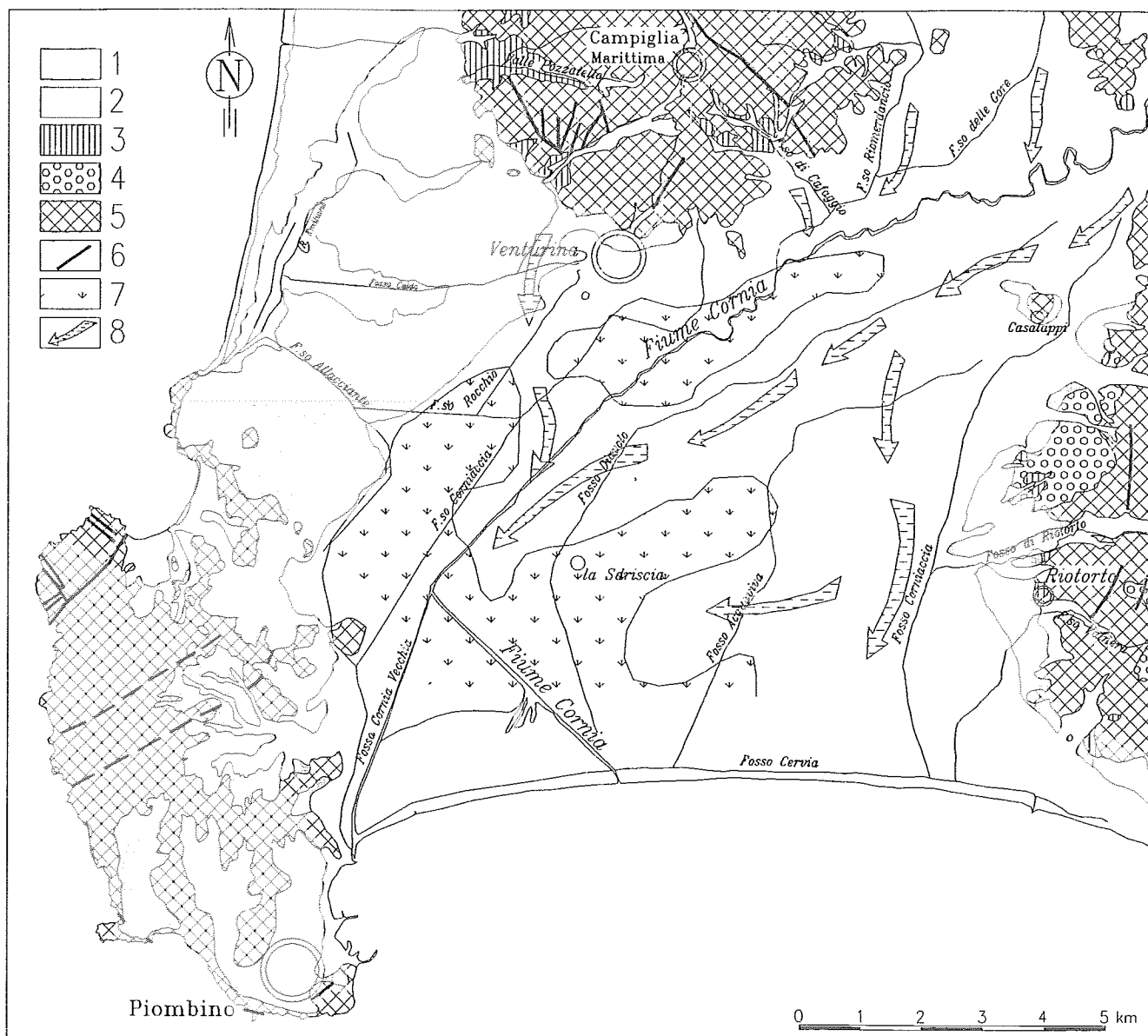


Fig. 9 - Carta dello sviluppo massimo dei paduli e delle lagune. 1-6 come in fig. 6; 7 - aree palustro-lagunari; 8 - direzioni di deflusso delle acque dolci fluviali cariche di sedimenti.

Casa Lappi» che inclina verso SW e sembra allacciarsi in superficie con la faglia che passa poco a NE di Campiglia M.ma. La «faglia del margine NE» mostra un piccolo rigetto con labbro abbassato verso la pianura.

La carta di fig. 7 evidenzia una superficie sepolta (Se_2) che segna, in linea di massima, la base di un insieme di litologie prevalentemente ghiaioso-conglomeratiche. Questa superficie segnala ancora il Graben longitudinale a direzione appenninica, ma con scarpate laterali molto meno ripide (isoipse meno ravvicinate) rispetto alla Se_1 ; segnala inoltre con bella evidenza un profondo e ampio solco vallico a NW di Casa Lappi, che indichiamo come «Vallone sepolto antiappenninico» e che si innesta, appunto con direzione antiappenninica, nel Graben longitudinale più o

meno all'altezza del tracciato della Via Aurelia, indicato in precedenza. La superficie Se_2 raggiunge i -150 m di profondità al centro del Graben longitudinale, tra Venturina e Montegemoli a Nord dell'attuale corso del Cornia; raggiunge inoltre i -100 m in tre depressioni a Sud del medesimo fiume, ancora in corrispondenza dell'asse del Graben longitudinale, asse spostato trasversalmente di circa 4 km in corrispondenza dell'attuale corso del Cornia (fig. 7).

La carta di fig. 8 rappresenta le resistività apparenti per stendimenti di 20 m e fornisce indicazioni sulle caratteristiche elettriche dei primi 3-4 m. Valori molto bassi indicano probabilmente aree con presenza di depositi lagunari soprasalati; i valori più alti si hanno in corrispondenza di fasce strette ed allungate interpretabili come le di-

retrici di deflusso delle acque dolci cariche di materiale solido.

Dalla carta di fig. 8, considerando anche la carta di fig. 10, indicante le lagune e i paduli esistenti nel 1830, prima dei maggiori prosciugamenti, è stata derivata la carta di fig. 9 che rappresenta l'estensione massima delle lagune e degli stessi paduli in un momento non esattamente precisabile dell'Olocene che dovrebbe comunque collocarsi intorno all'optimum climatico dei 5 000 anni a.C., quando il livello del mare non doveva differire di molto da quello indicato dalle Arenarie di San Vincenzo-Punta del Molino con scorie di fusione del ferro e valutabile in 1-2 m più

basso di quello attuale. Dalla carta di fig. 9 sembra di poter dedurre anche un progressivo spostamento verso NW dell'alveo principale del Cornia che in precedenza doveva corrispondere al corso dell'attuale Fosso Diavolo. Minori certezze ci sono sul significato dell'antico ramo del fiume che passava tra gli attuali fossi Acquaviva e Corniaccia, in quanto può rappresentare un corso precedente a quello del Fosso Diavolo, oppure un ramo divergente e contemporaneo a quest'ultimo di un apparato deltizio che avrebbe avuto l'apice in corrispondenza di una lieve diminuzione della pendenza della pianura a valle della faglia di Casa Lappi.

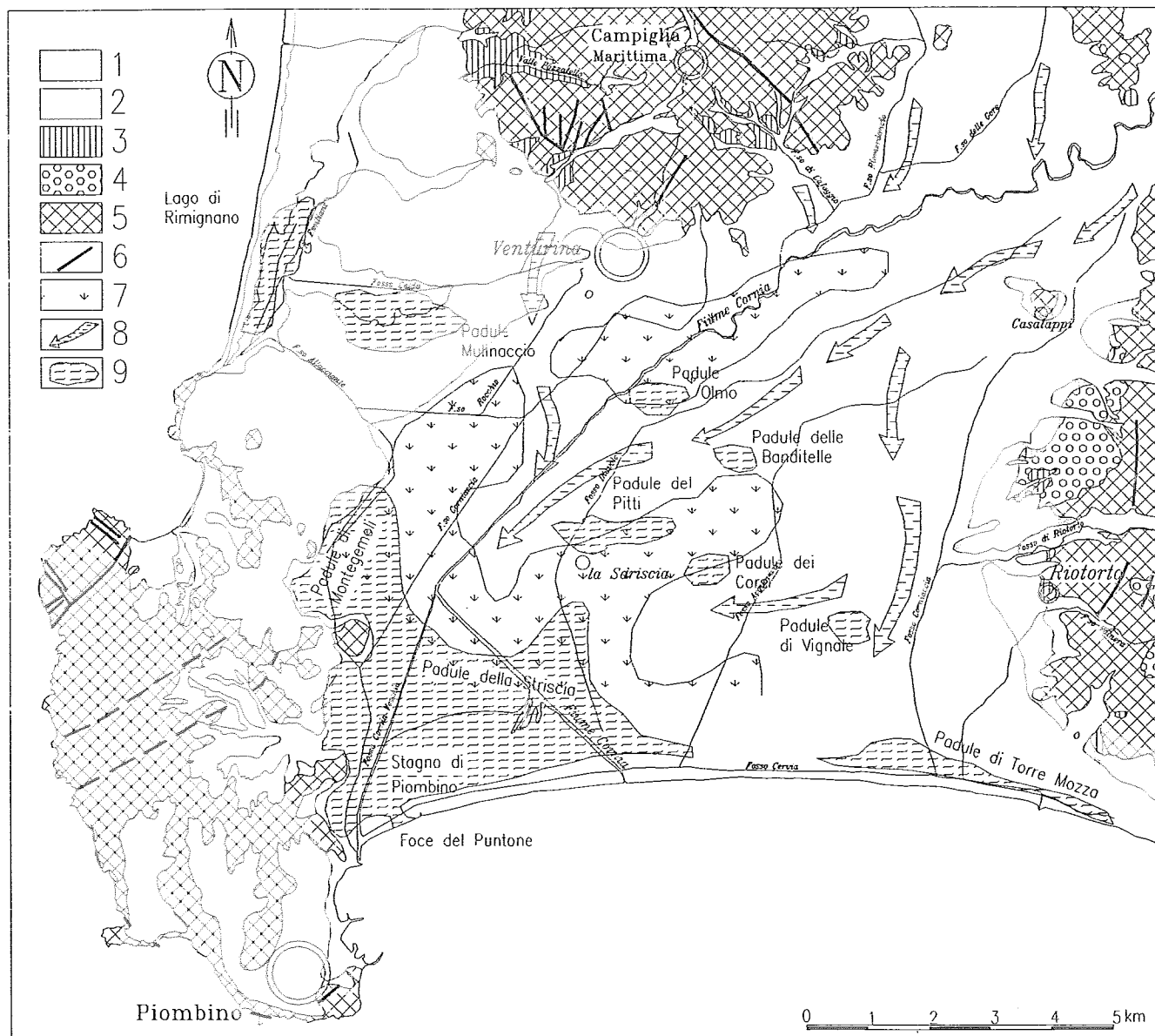


FIG. 10 - Carta geomorfologica derivata dalla somma delle carte delle figg. 5 e 9 e della carta intitolata «Pianura di Cornia / prima delle bonifiche / anno 1830», nella quale sono precisamente rappresentate le aree umide della Pianura di Piombino precedenti i grandi interventi umani dei secoli XIX e XX. 1-8 come in fig. 9; 9 - aree palustri e lagunari.

CONCLUSIONI

Le maggiori novità che sono scaturite dalla possibilità di confrontare le informazioni deducibili dal nuovo completo rilevamento geologico alla scala 1:25 000 dei rilievi contermini alla Pianura di Piombino (COSTANTINI & *alii*, 1990), dalle notizie sulle stratigrafie di circa 170 perforazioni nell'area della pianura e da un nuovo rilievo geofisico esteso su quasi tutta la sua area, riguardano:

— il riconoscimento, su tutta la Piana di Palmentello-Lumiere, di tre sequenze sedimentarie ciascuna delle quali formata in basso da successioni di facies non più profonda della marina costiera o di spiaggia sommersa od emersa fino al getto di riva e, in alto, da successioni lagunari, o di duna, o di piana litoranea ancora collegata ad apporti eolici di provenienza costiera (sedimenti tipo «Panchina» e tipo Sabbie rosso-arancio di Donoratico; argille silteose lagunari e palustri), tutte riferibili al Pleistocene superiore;

— la precisazione della posizione delle faglie del sottosuolo della Pianura di Piombino con la documentazione di una struttura a Graben ad asse appenninico, tagliato in due settori da una notevole dislocazione trasversale centrale;

— una ricostruzione di maggior dettaglio della evoluzione paleogeografica della Pianura di Piombino nel Pliocene a seguito dei dati biostratigrafici dei sondaggi ENEL riportati in BARTOLINI & *alii* (1979);

— infine l'individuazione della superficie geofisica Se₂, di grande interesse per l'interpretazione dell'evoluzione geomorfologica di tutta l'area.

Riguardo al riconoscimento nella Piana di Palmentello-Lumiere di tre sequenze stratigrafiche all'interno del Pleistocene superiore, notiamo come confermi quanto esposto in bella evidenza nella Baia di Baratti (CORTEMIGLIA & *alii*, 1984) e, almeno per le due più profonde, noto per la Piana di Livorno (BARSOTTI & *alii*, 1974; MAZZANTI, 1984; LAZZAROTTO & *alii*, 1990) e per quella di Rosignano Solvay (BAROLETTI & *alii*, 1986) ⁽⁷⁾.

Che la Pianura di Piombino sia impostata su un Graben di sprofondamento neogenico o quaternario può esse-

re considerato ovvio da quando TREVISAN (1952) ha tracciato il significato in Toscana della tettonica di distensione post-parossimale e indicato il suo sviluppo a partire dal Miocene superiore. MAZZANTI (1980), senza disporre di dati del sottosuolo, ha creduto di poter localizzare le faglie bordiere di questo Graben, rispettivamente: quella sul fianco occidentale, subito ad Est degli affioramenti di Macigno e del Complesso delle formazioni di facies austroalpina del Promontorio di Piombino, con una direzione N-S, e, con maggiore incertezza, quella sul fianco orientale, da poco a occidente di Punta Ala fino lungo il piede occidentale dei rilievi di Montioni, ancora con una direzione all'incirca N-S. Questo Graben si sarebbe ristretto a Nord di Venturina, più o meno in corrispondenza della Piana di Palmentello-Lumiere, e sarebbe stato delimitato in questo tratto da una probabile faglia Venturina-San Vincenzo a direzione NNW-SSE (COSTANTINI & *alii*, 1980). Il nuovo rilievo geofisico ha precisato l'orientazione di questo Graben (appenninica e non N-S) sulla base della individuazione della «faglia del Fosso Allacciante», sul lato occidentale, e della «faglia di Venturina» sul lato orientale. La «faglia trasversale di centro» è stata individuata dal rilievo geofisico presso a poco nella posizione ipotizzata per il tratto occidentale della linea tettonica Piombino-Faenza durante gli studi di allestimento della Carta neotettonica dell'Appennino Settentrionale.

Riguardo alla segnalazione di sedimenti della Zona a *Discoaster broweri-D. tamalis* sui 70-80 m e sui 120-130 m di profondità in vicinanza della Centrale ENEL di Torre del Sale osserviamo che, mentre in quell'area non disponiamo di indicazioni geofisiche sulla posizione del tetto del substrato pre-neogenico (carta di fig. 6), le profondità di 70 (sondaggio S 19) e 120 m (sondaggio S 2) sono in ottimo accordo con la posizione della superficie geofisica Se₂ (carta di fig. 7) che a parer nostro marca un cambiamento notevole nel tipo di sedimentazione nell'intero Graben della Pianura di Piombino. Questo cambiamento, per analogia con le stratigrafie dei pozzi ENEL, può essere veduto come il passaggio da una facies prevalentemente pelitica di ambiente marino ad una in prevalenza psammitica e pselitica, di ambiente continentale senza escludere che contenga anche ripetuti episodi di sedimentazione di spiaggia o di mare sottile di cui si è riferito in precedenza.

Per quanto concerne la superficie Se₂ ci sembra evidente il suo significato di fondo di valle fluviale in tutto il tratto a monte della Via Aurelia, cioè in corrispondenza del «Vallone sepolto antiappenninico» sopra localizzato. L'inclinazione di questo Vallone verso SW è diametralmente opposta a quella che dovettero avere i fiumi che trasportavano materiale elbano verso la Maremma interna (ciottoli di apliti porfirica e porfido granitico). Si può quindi ritenere che l'incisione di questo vallone sia posteriore alla deposizione del Conglomerato di Montebamboli. Indicazioni in tal senso provengono anche dal fatto che il fondo di questo vallone fa parte della superficie Se₂ che sarebbe stata incontrata dalle perforazioni ENEL al di sopra dei sedimenti della Zona a *Discoaster broweri - D. tamalis*. I depositi sovrapposti alla superficie sepolta Se₂ ver-

(7) Il riconoscimento di queste sequenze stratigrafiche, verosimilmente riferibili ad eustatismo glaciale, non è privo di problemi dovuti principalmente alla difficoltà di precisare con esattezza la facies dei sedimenti che le compongono nella generale scarsità (e spesso mancanza) di fossili e nella estrema piccolezza degli spessori delle successioni sedimentarie. Le difficoltà aumentano qualora si cerchi di stabilire la posizione esatta degli antichi livelli del mare nei confronti dei diversi sedimenti, operazione pur di grande interesse nell'ambito dello studio di queste sequenze glacioeustatiche. Così, per esempio, nel tentativo di ricostruzione dell'antico livello del mare corrispondente ad una paleospiegia il riferimento va fatto ai sedimenti di facies di spiaggia sommersa, o a quelli di spiaggia emersa, oppure, ancora, a quelli di getto di riva? La differenza può superare il valore di 2 m; comunque, specialmente operando su materiale proveniente da sondaggi non eseguiti a scopi di ricerca e studio, è impensabile di potere definire con esattezza la quota dei singoli strati e, a maggior ragione, di giungere ad una valutazione precisa degli antichi livelli del mare. Il significato delle sezioni geologiche (del tipo della fig. 4) va valutato quindi con un'ampia approssimazione senza pretendere una lettura rigorosamente puntuale.

rebbero così ad essere più recenti del Pliocene medio-superiore. Dall'indagine geofisica tali depositi sono risultati potenti al massimo 100-150 m anche al di sotto delle Sabbie rosso-arancio di Donoratico (carta di fig. 7). È evidente che lo spessore è eccessivo per la normale sedimentazione del Pleistocene superiore e medio e dell'Olocene; d'altra parte l'andamento delle isoipse della carta di fig. 7, indica, per la superficie sepolta Se₂, una disposizione almeno in parte ricalcante il Graben nettamente delineato dalla sottostante superficie Se₁. Non possiamo di conseguenza escludere che lo sprofondamento del Graben longitudinale sia continuato, anche se in forma attenuata, durante la deposizione almeno dei sedimenti più profondi posti al di sopra della superficie Se₂.

BIBLIOGRAFIA

- BARSOZZI G., FEDERICI P.R., GIANNELLI L., MAZZANTI R. & SALVATORINI G., (1974) - *Studio del Quaternario livornese, con particolare riferimento alla stratigrafia ed alle faune delle formazioni del Bacino di carenaggio della Torre del Fanale*. Mem. Soc. Geol. It., 13, 425-495.
- BARTOLETTI E., BOSSIO A., ESTEBAN M., MAZZANTI R., MAZZEI R., SALVATORINI G., SANESI G. & SQUARCI P. (1986) - *Studio geologico del territorio comunale di Rosignano M.mo in relazione alla Carta geologica alla scala 1:25.000*. In: La Scienza della Terra nuovo strumento per lettura e pianificazione del territorio di Rosignano Marittimo. Suppl. 1 Quad. Mus. Stor. Nat. Prov. Livorno, 6 (1985), 33-127.
- BARTOLINI C., BERNINI M., CARLONI G.C., COSTANTINI A., FEDERICI P.R., GASPERI G., LAZZAROTTO A., MARCHETTI G., MAZZANTI R., PAPANI G., PRANZINI G., RAU A., SANDRELLI F., VERCESI P.L., CASTALDINI D. & FRANCAVILLA F. (1983) - *Carta neotettonica dell'Appennino settentrionale*. Note Illustrative. Boll. Soc. Geol. It., 101 (1982), 529-549.
- BARTOLINI C., PALLA B. & PRANZINI E. (1989) - *Studi di geomorfologia costiera: X - il ruolo della subsidenza nell'erosione litoranea della pianura del F. Cornia*. Boll. Soc. Geol. It., 108, 635-647.
- BARTOLINI C., PRANZINI E., LUPA PALMIERI E. & CAPUTO C., (1979) - *Studi di geomorfologia costiera: VI. L'erosione del litorale di Follonica*. Boll. Soc. Geol. It., 96 (1977), 87-116.
- CHERUBINI L., DEL RIO A. & MAZZANTI R., (1987) - *Sviluppo e prosciugamento dei paduli nella Provincia di Livorno*. In: Pranzini E. (a cura) La gestione delle risorse idriche. Edizioni delle Autonomie, Roma, 149-209.
- CORTEMIGLIA C.G., MAZZANTI R. & PAREA G.C., (1984) - *Geomorfologia della Baia Baratti (Livorno-Toscana) e della sua spiaggia*. Geogr. Fis. Dinamica. Quat., 6 (1983), 148-173.
- COSTANTINI A., GANDIN A., GUASPARRI G., MAZZANTI R., LAZZAROTTO A. & SANDRELLI F., (1980) - *Neotettonica dei Fogli 111 Livorno - 112 Volterra - 113 Castelfiorentino - 119 Massa Marittima - 120 Siena - 121 Montepulciano - 126 Isola d'Elba - 127 Piombino - 128 Grosseto - 129 S. Fiora*. C.N.R. Progetto Fin. Geodinamica, Pubbl. n. 356, 1075-1186.
- COSTANTINI A., LAZZAROTTO A., MACCANTELLI M., MAZZANTI R., SANDRELLI F. & TAVARNELLI E., (1990) - *Carta geologica della provincia di Livorno a Sud del F. Cecina*. Scala 1:25.000, S.EL.CA., Firenze.
- DALLAN L. & SALVATORINI G., (1967) - *Biostratigrafia del Pliocene della Toscana Marittima*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., Ser. A, 74, 570-578.
- DELLA ROCCA B., MAZZANTI R. & PRANZINI E. (1988) - *Studio geomorfologico della Pianura di Pisa*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 10 (1987), 56-84.
- FEDELI F., (1984) - *Populonia, storia e territorio*. Firenze.
- FEDELI F. (1989) - *Tomba tarsoellenistica in località La Sterpaia (Piombino-Livorno)*. Rass. Archeologia, 8, 201-223.
- FEDELI F. & GALIBERTI A., (1979) - *Insedimenti dell'età del Bronzo nella zona di Piombino*. Rass. Archeologia, 1, 257-322.
- FERRARA G. & TONARINI S., (1985) - *Radiometric geochronology in Tuscan: results and problems*. Rend. Soc. It. Min. Petrol., 40, 111-124.
- GABBANI G., (1983) - *Dati preliminari su di una indagine geoelettrica nella Pianura di Piombino (Prov. di Livorno)*. Quad. Mus. Stor. Nat. Prov. Livorno, 4, 1-6.
- GALIBERTI A., (1970) - *Stazioni preistoriche all'aperto nelle provincie di Grosseto e di Livorno*. Riv. Sc. Preist., 25, 183-224.
- GALIBERTI A., GIANNELLI L., MAZZANTI R., MAZZEI R., SALVATORINI G. & SANESI G., (1982) - *Schema stratigrafico del Quaternario della zona compresa fra Castiglioncello, Guardistallo, S. Vincenzo (Toscana Marittima)*. Atti XXIII Riunione Ist. It. Preist. Protost., Firenze, 7-9 maggio 1980, 499-509.
- GIANNINI E., (1962) - *Geologia del bacino della Fine (provincie di Pisa e Livorno)*. Boll. Soc. Geol. It., 81, 99-224.
- LAZZAROTTO A., (1967) - *Geologia della zona compresa fra l'alta valle del Fiume Cornia ed il Torrente Pavone (Prov. di Pisa e Grosseto)*. Mem. Soc. Geol. It., 6, 151-197.
- LAZZAROTTO A., MAZZANTI R. & NENCINI C., (1990) - *Geologia e morfologia dei comuni di Livorno e Collesalveti*. In: La Scienza della Terra nei comuni di Livorno e Collesalveti. Suppl. 2 Quad. Mus. Stor. Nat. Prov. Livorno, 11, 1-85.
- LAZZAROTTO A., MAZZANTI R. & SALVATORINI G., (1964) - *Stratigrafia neogenica toscana: esame geologico e micropaleontologico del complesso neoautoctono delle valli di Cornia e di Milia*. Boll. Soc. Geol. It., 83, 401-460.
- LAZZAROTTO A., MAZZANTI R. & SALVATORINI G., (1969) - *Conglomerato di Montebamboli*. Studi illustrativi C.G.I., Serv. Geol. d'It., 2.
- LOTTI B., (1906) - *Carta Geologica d'Italia. F°119 Massa M.ma* (scala 1:100.000), I ediz., Serv. Geol. d'It.
- MARINELLI G., (1955) - *Le rocce porfiriche dell'Isola d'Elba*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., 62, 24-32.
- MAZZANTI R., (1966) - *Geologia della zona di Pomarance-Lardello (Provincia di Pisa)*. Mem. Soc. Geol. It., 5, 105-138.
- MAZZANTI R., (1980) - *Foglio 127 - Piombino*. In: COSTANTINI & alii, (1980). C.N.R. Prog. Fin. Geodinamica, Pubbl. n. 356, 1119-1122.
- MAZZANTI R., (1984) - *Il punto sul Quaternario della fascia costiera e dell'Arcipelago di Toscana*. Boll. Soc. Geol. It., 102 (1983), 419-556.
- MAZZANTI R., (1987) - *Aspetti geologici, erosione e subsidenza del litorale toscano*. Atti Conv. problemi ambiente zone litoranee, Pisa 2-4 dicembre 1987, 75-92.
- MAZZANTI R., NENCINI C. & UGHI R., (1982) - *Nuove osservazioni sul Lago (prosciugato) di Rimigliano nella Pianura di Piombino*. Quad. Mus. Stor. Nat. Prov. Livorno, 3, 3-30.
- MAZZANTI R., PRANZINI E. & TACCINI S., (1981) - *Studi di geomorfologia costiera: VII - Variazioni della linea di riva dal Pleistocene medio-superiore ad oggi, caratteristiche sedimentologiche e stato delle associazioni vegetali del Litorale di San Vincenzo (Toscana)*. Boll. Soc. Geol. It., 99 (1980), 341-364.
- MERCIAI G., (1910) - *Mutamenti avvenuti nella configurazione del litorale tra Pisa e Orbetello dal Pleistocene in poi*. Nistri, Pisa.
- MERCIAI G., (1920) - *Del sottosuolo della Pianura di Campiglia Marittima e di alcuni pozzi artesiani recentemente escavati*. Pisa.
- MERCIAI G., (1929) - *Sulle condizioni fisiche del litorale etrusco tra Livorno e Civitavecchia*. Studi Etruschi, 3, 347-354.
- SAGGINI F., (1967) - *Geologia della Val di Cornia*. In: *Studi sul Comprensorio della Val di Cornia - 1; Lineamenti di geologia e geografia fisica del bacino del Fiume Cornia*. Prov. di Livorno.
- TONGIORGI M., (1963) - *Stratigrafia neogenica toscana: la questione dell'arenaria di Perolla (Massa Marittima - Grosseto)*. Boll. Soc. Geol. It., 82, 475-503.
- TREVISAN L., (1952) - *Sul complesso sedimentario del Miocene superiore e del Pliocene della Valle di Cecina e sui movimenti tettonici tardivi in rapporto ai giacimenti di lignite e di salgemma*. Boll. Soc. Geol. It., 70 (1951), 29-35.