

PIERLUIGI AMBROSETTI (*), CARLO BARTOLINI (**), & CARLO BOSI (***)

L'EVOLUZIONE GEOLOGICA E MORFOLOGICA QUATERNARIA DELL'AREA ADIACENTE LA BASSA VALLE DEL FIUME FIORA (Viterbo) (****)

ABSTRACT: AMBROSETTI P., BARTOLINI C. & BOSI C., *Geological and morphological Quaternary evolution of the lower Fiora Valley area (Viterbo)*. (IT ISSN 0084-8948, 1981). The lower reaches of the Fiora River valley show a tectonically disturbed sequence of Palaeozoic to Pliocene age, unconformably overlaid with marine and continental Quaternary deposits. Fifteen lithostratigraphic units have been identified within the Quaternary section, with a total thickness of some thirty meters.

The depositional environment of the Quaternary section was mostly littoral but also deltaic and lagoon. The sedimentary units overlie each other transgressively; a few paleosol remnants interbedded in the sequence point to relatively long emersion periods.

A characteristic feature of the studied area is the flatness of the summit areas, which dip weakly towards the present coastline. They are separated by valleys larger to the west and smaller to the east of the Fiora River, due to the different watershed dimensions. Four esplanades have been identified, which fit the Quaternary geological interpretation of the area on the basis of their bedrock lithology, their mutual morphological and areal relationships as well as, where present, of their pedologic features.

The chronologic references utilized for dating the litho- and morpho-stratigraphic units are the following: 1) presence of volcanic materials attributable for their features to the Vulsinic volcanic activity; 2) remnants of a pedogenesis which may be observed on the oldest of the esplanades; 3) morphologic, stratigraphic and faunal correlations with the Quaternary deposits of the northern Latium.

The two lowermost units of the Quaternary sequence ("Sabbie e Ghiaie Silicee di Mandria Polidori" and "Argille di Fontanile Secco"), most likely of upper Pliocene (?) - lower Pleistocene age, are tilted and faulted. On the contrary, the thirteen overlying units do not appear to have been affected by disjunctive tectonic movements, except for the "Ghiaie e Tufiti del Tafone" sedimentary unit, in the upper Tafone Valley. These are in fact disrupted by small direct and reverse faults and, accordingly, the summit esplanades are here much steeper (~ 5%) than in the southern part of the lower Fiora River valley where they do not attain a steepness of 1%.

The data so far collected point to a middle-upper Pleistocene evolution mostly characterized by several relative sea level fluctuations which brought about the deposition of at least as many marine, brackish or continental units. These may be divided into two large groups. The first group includes the older units of about 600÷700 000 y. to 200 000 y.B.P. in age ("Calcareniti, Ghiaie e Sabbie di Montalto" to "Complesso Continentale di C. Palombini"). Traces of maximum ingression lines of at least five transgressions belonging to this group are recorded at 20 to 30 m above the present sea level.

The second group of units, which are less than about 200 000 y. old, includes the "Complesso Marino e Continentale Superiore" of "Tyrrhenian" age (*Auctt.*). At least one erosive surface is recognizable in this complex. The coastline of the older "Tyrrhenian" cycle is at 25 m a.s.l.

Such evolutionary pattern whereby erosive and sedimentary events alternate, due to fluctuations of the relative sea level does not entail the intervention of disjunctive tectonic movements in middle-upper Pleistocene times (with the exception of the upper Tafone Valley). This is confirmed also by the lack of appreciable discontinuities in the summit esplanades and by the small difference in height which separate the esplanades from one another.

RIASSUNTO: AMBROSETTI P., BARTOLINI C. & BOSI C., *L'evoluzione geologica e morfologica quaternaria dell'area adiacente la bassa valle del Fiume Fiora (Viterbo)*. (IT ISSN 0084-8948, 1981). La serie stratigrafica affiorante nella bassa Valle del Fiora è costituita da una successione di terreni di età compresa fra il Paleozoico e il Pliocene medio-superiore, variamente piegati e dislocati, sulla quale poggia in discordanza una serie quaternaria, marina e continentale. Quest'ultima serie è costituita da una quindicina di unità litostratigrafiche il cui spessore complessivo non supera la trentina di metri.

Le facies deposizionali sono prevalentemente costiere con episodi di ambiente deltizio o lagunare; il carattere trasgressivo dei rapporti fra le unità identificate è sottolineato in alcuni casi dalla presenza di paleosuoli. Nelle zone più interne la serie comprende anche depositi continentali («Ghiaie e Tufiti del Tafone» e «Complesso Vulcanico della Valle del Fiora»).

In tutta l'area studiata esistono superfici sommitali caratterizzate da una notevole planarità; esse risultano debolmente inclinate verso mare ed interrotte da incisioni vallive generalmente modeste ad Est del Fiora e più ampie ad Ovest, in relazione alle maggiori dimensioni dei relativi bacini idrografici. Sono state identificate quattro diverse spianate che, tenuto conto delle caratteristiche dei rispettivi substrati, dei mutui rapporti morfologici ed areali e in alcuni casi delle caratteristiche pedologiche, costituiscono altrettanti elementi di riferimento stratigrafico per il quadro complessivo dell'evoluzione geologica dell'area.

I riferimenti utilizzati per la cronologia delle unità morfo e litostratigrafiche sono i seguenti: 1) presenza e caratteristiche dei prodotti vulcanici attribuibili all'attività dell'apparato vulsino;

(*) Istituto di Geologia, Università di Perugia.

(**) Istituto di Geologia, Università di Firenze.

(***) Centro di Studio per la Geologia Tecnica del C.N.R.

(****) Pubblicazione n. 378 del Progetto Finalizzato Geodinamica.

2) pedogenesi della spianata 1; 3) riferimenti alle serie quaternarie laziali finora studiate.

Le due unità basali della serie quaternaria (« Sabbie e Ghiaie Silicee di Mandria Polidori » e « Argille di Fontanile Secco »), attribuibili al Pliocene superiore (?) - Pleistocene inferiore, appaiono dislocate. Le tredici unità soprastanti non risultano invece interessate da movimenti disgiuntivi.

Fanno eccezione le « Ghiaie e Tufiti del Tafone », estesamente affioranti nell'alta valle del torrente omonimo, interessate da piccole faglie dirette e inverse. Anche le spianate sommitali sono in questa zona assai più acclivi (~ 5%) che nella zona meridionale, dove non superano una pendenza dell'1%.

Gli elementi stratigrafici, morfologici e cronologici hanno consentito di stabilire che l'evoluzione geologica sviluppatasi nell'intervallo di tempo corrispondente all'incirca al Pleistocene medio e superiore è stata largamente condizionata da una serie di oscillazioni del livello relativo del mare, che hanno determinato ripetute ingressioni e regressioni con conseguente sedimentazione di orizzonti marini, salmastri e continentali.

L'insieme di queste oscillazioni può essere suddiviso, in prima approssimazione, in due gruppi distinti.

Nel gruppo corrispondente agli eventi più antichi (grosso modo compresi tra 600÷700 000 e 200 000 anni d.P.) si sono depositate le unità litostratigrafiche comprese fra le « Calcareni, Ghiaie e Sabbie di Montalto » ed il « Complesso Continentale di C. Palombini » e si sono originate le superfici di erosione sviluppate a tetto delle unità stesse. Le linee di massima ingressione relative alle numerose trasgressioni (almeno cinque) collocabili in questo gruppo di eventi si sono mantenute, con ogni verosimiglianza, nell'intervallo altimetrico compreso all'incirca tra le quote corrispondenti agli attuali 20÷30 m s.l.m.

Nel gruppo corrispondente agli eventi più recenti (posteriori a circa 200 000 anni d.P.) si è depositato il « Complesso Marino e Continentale Superiore » comprendente orizzonti attribuibili ad uno o più « tirreniani », e si sono formate le relative superfici di erosione. La linea di costa relativa alla più antica delle trasgressioni riferibili a questo gruppo di eventi corrisponde agli attuali 25 m s.l.m.

Lo schema evolutivo risulta quindi basato esclusivamente sull'alternanza di fatti erosivi e sedimentari geneticamente connessi con oscillazioni del livello relativo del mare, senza l'intervento di alcuna particolare deformazione tettonica di età pleistocenica medio-superiore (salvo l'alta Val Tafone). Ciò appare confermato sia dall'assenza di evidenti discontinuità nelle spianate sommitali, che dalla modesta entità dei dislivelli che separano fra loro le spianate stesse.

TERMINI-CHIAVE: Stratigrafia; sedimentazione; morfodinamica del Quaternario continentale; Neotettonica; costa medio-tirrenica.

1. PREMESSA.

Nella presente memoria sono riportati i risultati di ricerche finalizzate al perfezionamento delle conoscenze sull'evoluzione tettonica del Pleistocene medio e superiore ⁽¹⁾ nel settore sud occidentale del foglio 136 « Toscana » della C.G.I. Queste ricerche sono state condotte nell'ambito del « Progetto Finalizzato Geodinamica » e sono destinate ad integrare quelle eseguite da altri ricercatori del Progetto per la elaborazione della Carta Neotettonica della stessa zona (CORDA & *alii*, 1979; CASTALDINI & *alii*, 1980).

L'area interessata dalle ricerche comprende l'alta valle del Fosso Tafone e la zona delimitata, all'incirca, dalla

spezzata Stazione del Chiarone - Pescia Fiorentina - Fattoria di Montauto - Molino di Ponte Sodo - Due Ponti (km 101 circa della S.S. Aurelia) - Foce del Fosso di Valfrigida (fig. 28).

Le conoscenze sul Quaternario di quest'area disponibili nella bibliografia geologica si sono rivelate, fin dalle prime osservazioni, alquanto scarse (capitolo 2). Lo studio è stato pertanto impostato e sviluppato praticamente *ex-novo* sulla base di dettagliati rilevamenti di campagna. Dato lo scopo del lavoro intrapreso, questi rilevamenti hanno interessato soltanto i terreni posteriori al Pliocene medio-superiore, ad eccezione di quelli più recenti (dune, spiagge e alluvioni di fondovalle) e i depositi alluvionali terrazzati, conservati i piccoli lembi incassati entro la Valle del Fiora.

Oltre che alla definizione di elementi di ordine litostratigrafico e strutturale, gli studi sul terreno sono stati indirizzati anche alla identificazione di elementi geomorfologici (essenzialmente antiche spianate di erosione e di accumulo) in grado di perfezionare le conoscenze sull'evoluzione geologica della zona. Questi studi sono stati integrati da analisi di laboratorio (petrografiche e micropaleontologiche) a carattere orientativo ⁽²⁾ e dall'esame di fotografie aeree in scala 1:33 000 circa (bianco e nero) e 1:15 000 circa (colore) ⁽³⁾. Malgrado la quantità ed il notevole dettaglio dei dati resi disponibili dallo studio, non si è ritenuto opportuno procedere alla elaborazione di una carta geologica. Infatti, per lo spessore molto modesto delle unità litostratigrafiche individuate (qualche metro al massimo) questa carta sarebbe risultata utile solo se realizzata su una base topografica a scala adeguata (1:5 000 o maggiore): realizzazione questa che, a parte la indisponibilità di una simile base, avrebbe comportato un impegno sproporzionato allo scopo da raggiungere.

I risultati finora ottenuti, sintetizzati nei paragrafi che seguono, saranno perfezionati nel corso di ulteriori ricerche che si intende sviluppare nella zona, dato il notevole interesse che essa presenta per il miglioramento delle conoscenze sull'evoluzione tettonica quaternaria del versante tirrenico dell'Italia Centrale.

2. LAVORI PRECEDENTI

Fatta eccezione per le ricerche di carattere petrografico-minerario che MARINELLI (1955), BRONDI & *alii* (1971) e BRONDI (1972) hanno condotto sulle sabbie magnetiche versiliane ed attuali, la zona alla quale que-

⁽²⁾ Le analisi micropaleontologiche e le determinazioni delle malacofaune sono state eseguite da M. G. CARBONI, M. A. CONTI (Istituto di Geologia dell'Università di Roma) e da G. PARISI (Istituto di Geologia dell'Università di Perugia). Le osservazioni petrografiche sono state effettuate da E. AIELLO (Istituto di Geologia dell'Università di Firenze).

⁽³⁾ Le fotografie aeree sono state cortesemente fornite dall'ENEL, Direzione delle Costruzioni - Roma.

⁽¹⁾ Lasso di tempo corrispondente all'intervallo IV (da 700 000 a 20 000 anni d.P.) della Carta Neotettonica d'Italia.

sta memoria si riferisce non è stata mai oggetto di approfonditi studi sul Quaternario.

Nel foglio 136 della Carta Geologica d'Italia tutti i numerosi orizzonti quaternari osservabili nella zona sono stati raggruppati in poche formazioni, delle quali due soltanto sarebbero marine, trasgressiva l'una sull'altra ed attribuibili, rispettivamente, al « Siciliano-Tirreniano » ed al « Tirreniano » (*sensu* GIGNOUX, 1913).

La scarsa attenzione finora dedicata alla Stratigrafia quaternaria dell'area considerata risulta sorprendente se paragonata con quella riservata, verso Nord, alla costa toscana, per lunghi tratti priva o quasi di sedimenti marini quaternari e, verso Sud, alla costa laziale, nella quale l'interpretazione di questi sedimenti è fortemente ostacolata anche dalla probabile esistenza di dislocazioni tettoniche.

Nella fascia costiera toscana, immediatamente a Nord dell'area studiata ed in particolare nella zona dell'Argentario, il Pleistocene marino risulterebbe rappresentato da modesti lembi di depositi situati a quote sempre inferiori ai 15 metri (Torre Avoltore, Le Cannelle) databili al Tirreniano (SEGRE, 1959).

La costa laziale confinante con l'area considerata (zona di Tarquinia) è stata oggetto di studi fin dall'inizio del secolo (GIGNOUX, 1913; MELI, 1880; MELI, 1915). Nel corso delle ricerche più recenti sono state identificate da BONADONNA (1967) due linee di costa a 39-48 m ed a 15-20 m e da DAI PRA (1978) altre due linee di costa a 125 e 60-65 m di quota. La carenza di faune stratigraficamente significative nei depositi studiati e, in molti casi, la difficoltà di correlare livelli di facies litoranea, caratterizzati da frequenti eteropie ed affioranti per piccoli tratti in località relativamente distanti fra loro (cf. anche MALATESTA, 1978) lascia tuttora in gran parte irrisolto il problema delle attribuzioni cronologiche.

3. LITOSTRATIGRAFIA

La zona studiata è costituita da una successione di terreni di età compresa fra il Paleozoico ed il Pliocene medio-superiore (v. Carta Geologica d'Italia, foglio 136), piegati e dislocati sulla quale poggia in discordanza una serie quaternaria, marina e continentale.

Nell'ambito di questa serie sono state identificate le seguenti unità lito-stratigrafiche informali:

- a) « Sabbie e Ghiaie Silicee di Mandria Polidori »;
- b) « Argille di Fontanile Secco »;
- c) « Calcareniti, Conglomerati e Sabbie di Montalto »;
- d) « Complesso Vulcanitico della Valle del Fiora »;
- e) « Sabbie e Ghiaie Inferiori »;
- f) « Ghiaie e Tufiti del Tafone »;
- g) « Limi e Sabbie di S. Agostino »;
- h) « Sabbie e Ghiaie Superiori »;
- i) « Complesso a *Cerastoderma* e a *Glycymeris* »;
- l) « Piroclastiti e Tufiti di Montalto »;
- m) « Limi e Sabbie di Rompicollo »;
- n) « Complesso Fluvio-lacustre a Vulcaniti Rimaneggiate »;
- o) « Complesso Continentale di C. Palombini »;
- p) « Tufiti a Ciottoli Silicei »;
- q) « Complesso Marino e Continentale Superiore ».

Le caratteristiche di queste unità ed i loro reciproci rapporti stratigrafici (fig. 1) sono quelli indicati ai punti seguenti.

a) SABBIE E GHIAIE SILICEE DI MANDRIA POLIDORI

Questa unità, mai precedentemente segnalata, affiora estesamente sulla destra del F. Fiora, a Sud del parallelo di Poggio Contino; sulla sinistra del Fiora è presente in

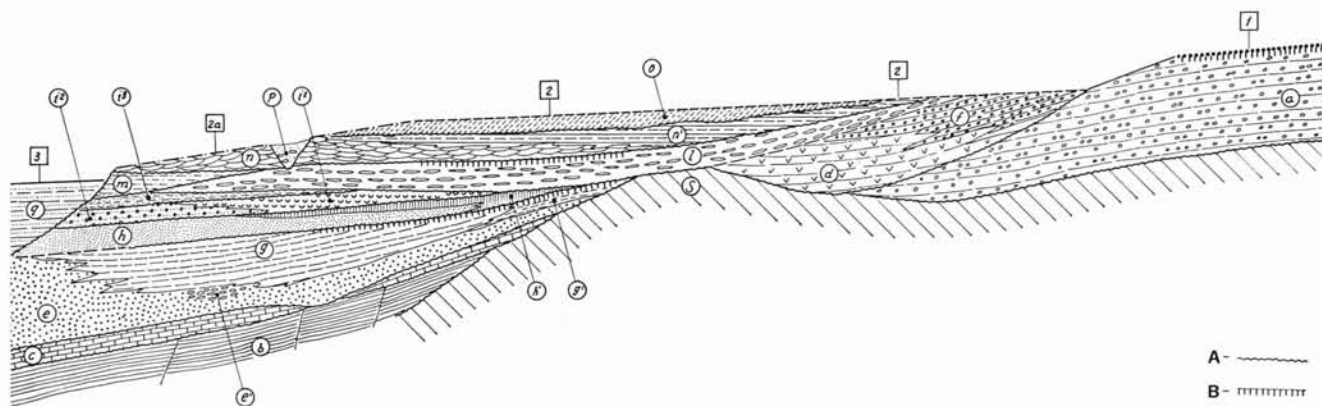


Fig. 1 - Schema lito- e morfo-stratigrafico: S) substrato; a) « Sabbie e Ghiaie Silicee di Mandria Polidori »; b) « Argille di Fontanile Secco »; c) « Calcareniti, Conglomerati e Sabbie di Montalto »; d) « Complesso Vulcanitico della Valle del Fiora »; e) « Sabbie e Ghiaie Inferiori »; f) « Ghiaie e Tufiti del Tafone »; g) « Limi e Sabbie di S. Agostino »; h) « Sabbie e Ghiaie Superiori »; i) « Complesso a *Cerastoderma* e a *Glycymeris* »; l) « Piroclastiti e Tufiti di Montalto »; m) « Limi e Sabbie di Rompicollo »; n) « Complesso Fluvio-lacustre a Vulcaniti Rimaneggiate »; o) « Complesso Continentale di C. Palombini »; p) « Tufiti a Ciottoli Silicei »; q) « Complesso Marino e Continentale Superiore ». Per alcune unità litostratigrafiche sono indicate con un apice le eventuali litofacies particolari (vedi testo); 1, 2, 2a, 3) spianate morfologiche; A) superfici d'erosione; B) superficie pedogenizzata.

ampie zone lungo la strada Montalto-Tuscania a quote superiori ai 55 m ⁽⁴⁾.

L'unità è costituita da sabbie gialle quarzose e ghiaie ad elementi prevalentemente quarzosi, con rari livelli limo-argillosi. Nelle sabbie l'osservazione microscopica ha rivelato l'esistenza, oltre ai granuli di quarzo, che costituiscono la quasi totalità del sedimento, anche di frammenti di rocce, mica e rari granuli di sanidino. Nei livelli limosi è presente una microfauna molto scarsa, probabilmente rimaneggiata, costituita da rari esemplari di *Ammonia* sp. e *Globorotalia crassaformis*. L'ambiente di sedimentazione non è ben definibile.

Al di sopra di quota 50 i terreni costituenti l'unità presentano tracce di una pedogenesi (fig. 2) il cui orizzonte B (B₁, B_{2T}, B_{3X}) si presenta fortemente arrossato (10R 4/8), screziato, con struttura da poliedrica angolare molto grossolana a prismatica grossolana, umido molto resistente, con reticolato di vene grigio chiare (2,5Y 7/2) orizzontali e verticali e cutans. L'orizzonte B è coperto da un *A plowed* (FERRARI G., com. pers.). Tale paleosuolo presenta caratteri analoghi a quelli dei paleosuoli più evoluti osservati nell'Italia Settentrionale e Centrale e genericamente indicati come « ferretti » (OROMBELLI G., com. pers.).

Le « Sabbie e Ghiaie Silicee di Mandria Polidori » poggiano con contatto erosivo su formazioni di varie età, le più recenti delle quali sono attribuite dalla Carta Geologica d'Italia al Pliocene medio-superiore (zona dei Rudereri di Vulcia). Lo spessore, non direttamente misurabile, dovrebbe essere dell'ordine, almeno, di alcune decine di metri.



FIG. 2 - « Sabbie e Ghiaie Silicee di Mandria Polidori »: visibili le screziature 10 R 4/8 e 2,5 Y 7/2. Località: Mandria Polidori.

b) ARGILLE DI FONTANILE SECCO

Affiorano alla base dei versanti della valle del F. Fiora, a monte di Montalto di Castro.

Nella zona di Fontanile Secco, ove meglio si possono osservare i rapporti con le unità sovrastanti, l'unità appare costituita da argille grigie prive di macrofossili. La microfauna è costituita da abbondanti *Ammonia perlucida* ff. HARON-ALLEN & EARLAND associate a *Ammonia beccarii* (L.), *Rosalina globularis* d'ORBIGNY, *Elphidium* sp., *Nonion* sp. Questa associazione è scarsamente indicativa dal punto di vista cronologico; si deve tuttavia rimarcare che la grande abbondanza delle forme di *A. perlucida* è stata finora constatata, nell'Italia Centrale tirrenica, solo in sedimenti del Pleistocene inferiore.

Anche in località Uliveto, alla base del versante destro della Valle del Fiora, le argille contengono abbondanti fossili marini (soprattutto Pectinidi e Ostreidi).

Altri orizzonti correlabili con l'unità lito-stratigrafica in esame sono stati osservati molto più a SW, in corrispondenza di uno scavo lungo la S.S. Aurelia (km 104, 300 circa). In questo affioramento la microfauna è caratterizzata dalla presenza di *Elphidium complanatum*

(d'ORBIGNY), *Elphidium decipiens* (COSTA), *Elphidium crispum* (L.), *Ammonia beccarii* (L.), *Ammonia inflata* (SEGUENZA), *Nonionella turgida* (d'ORBIGNY), *Nonion granosum* (d'ORBIGNY), *Valvulineria bradyana* (FORNASINI), *Textularia aciculata* (d'ORBIGNY), *Textularia concava* (KARRER) e Ostracodi.

La macrofauna comprende: *Glycymeris violacescens* (LAM.), *Chlamys flexuosa* (POLI), *Chlamys opercularis* (L.), *Ostrea* sp., *Lutraria lutraria* (L.), *Venus multilamella* (LAM.).

Le « Argille di Fontanile Secco » affiorano, sempre con uno spessore di pochi metri, nelle depressioni vallive più marcate, in condizioni tali da non permettere la identificazione dei terreni sui quali l'unità poggia. Mancano anche elementi atti a stabilire i rapporti stratigrafici con le « Sabbie e Ghiaie Silicee di Mandria Polidori », precedentemente descritte.

c) CALCARENITI, CONGLOMERATI E SABBIE DI MONTALTO

Affiorano sulle due sponde della Valle del Fiora a monte della S.S. Aurelia. Sulla sinistra della valle discreti affioramenti sono osservabili in corrispondenza di Montalto di Castro e nella zona di Fontanile Secco; sulla destra della stessa valle gli affioramenti sono abbastanza continui dalla S.S. Aurelia alla località l'Uliveto.

(4) L'area di affioramento di questa unità corrisponde grosso modo a quelle che la Carta Geologica d'Italia indica con le Sigle a¹ (a Sud della Strada dell'Abbadia) e QT-S (zona compresa fra questa strada ed il parallelo di Poggio Contino e zona sulla sinistra del Fiora).

L'unità è costituita da sabbie fini color giallo ocra, calcareniti con concrezioni intrasedimentarie suborizzontali (*sensu* MAZZANTI & PAREA, 1979) conglomerati e ghiaie, con frammenti di fossili marini (Pectinidi). Nelle sabbie e nelle calcareniti l'osservazione al microscopio ha rivelato la presenza di quarzo, feldspato potassico, plagioclasio, frammenti di rocce effusive, frammenti di rocce sedimentarie (carbonatiche, siltiti e arenarie) e di qualche rarissimo sanidino. I frammenti di rocce effusive presentano fenomeni di cloritizzazione e limonizzazione.

I clasti delle ghiaie e dei conglomerati sono essenzialmente costituiti da calcari di vario tipo, arenarie e siltiti; non sono stati osservati elementi di origine vulcanica.

Le « Calcareniti, Ghiaie e Sabbie di Montalto » (spessore osservabile 2-3 m) presentano giacitura sub-orizzontale e coprono una superficie d'erosione scolpita, almeno nella zona di Montalto, nelle « Argille di Fontanile Secco », dislocate e fagliate (capitolo 6).

Questa discordanza, unitamente alle caratteristiche sedimentologiche sopra descritte, indica chiaramente il carattere trasgressivo dell'unità. La distribuzione areale degli affioramenti rende verosimile l'ipotesi che, almeno nella zona di C. Camposcala (a N di Montalto), il substrato della trasgressione sia rappresentato dai sedimenti miocenici e pliocenici (v. foglio 136 della Carta Geologica d'Italia) ivi affioranti.

Oltre che nella Valle del Fiora, sedimenti analoghi per litologia, spessore e posizione stratigrafica affiorano anche nella Valle dell'Arrone ove sono chiaramente osservabili in corrispondenza del già citato affioramento al km 104,300 della S.S. Aurelia.

d) COMPLESSO VULCANITICO DELLA VALLE DEL FIORA

Si tratta di numerosi livelli di lave e piroclastiti, spesso associate a depositi di ambiente continentale (alluvionale e lacustre) nei quali sono largamente rappresentati i clasti di origine vulcanica. Questi livelli, la cui genesi è chiaramente connessa con l'attività degli apparati vulcanici vulsini (Latera in particolare; NAPPI, 1969), affiorano estesamente nella Valle del Fiora a monte degli Archi di Pontecchio, e nella zona di Molino di Ponte Sodo.

I terreni in esame sono stati oggetto, finora, soltanto di osservazioni a carattere preliminare che non hanno fornito gli elementi necessari per una loro dettagliata suddivisione lito-stratigrafica. Essi sono stati pertanto raggruppati in un unico complesso. I rapporti stratigrafici fra il complesso così configurato e le unità precedentemente descritte sono difficilmente precisabili, soprattutto per la non contiguità dei rispettivi affioramenti.

e) SABBIE E GHIAIE INFERIORI

Affiorano sulle due sponde della Valle del Fiora a valle di Pratogrande e nella fascia costiera tra Montalto e la Stazione del Chiarone, in corrispondenza delle principali incisioni vallive. La litofacies più diffusa è rappresentata prevalentemente da sabbie in sottili lamine



FIG. 3 - « Sabbie e Ghiaie Inferiori »: visibili, in basso, un livello fossilifero e, in alto, numerose concrezioni intra-sedimentarie orizzontali. Località: 230 m a SE del km 1 della Strada Provinciale del Fiora.

(spessore dell'ordine dei millimetri), biancastre e grigie, caratterizzate spesso da stratificazione incrociata e, talora, da ghiaie (figg. 3, 4, 5 e 34).

Le sabbie sono caratterizzate dalla presenza di quarzo mono- e poli-cristallino, di feldspato potassico e, subordinatamente di plagioclasio e minerali femici. I frammenti di rocce sedimentarie sono prevalentemente carbonatici, mentre quelli di rocce eruttive sono sia di tipo acido (trachiandesiti), sia di tipo basico; sono presenti talora (scavi per la centrale nucleare) anche pomice rosastre.

Le ghiaie contengono, oltre a clasti di rocce sedimentarie di vario tipo (prevalentemente arenacee e calcaree), anche clasti lavici (trachiandesiti). Esse sono rappresentate, di regola, nella parte superiore della unità; il loro spessore, generalmente modesto, aumenta localmente fino a qualche metro (sinistra Fiora a monte della S.S. Aurelia e destra Fiora in località Quartaccio). In quest'ultima località la facies ghiaiosa (con Ostreidi e Pectinidi) è probabilmente in eteropia con l'unità lito-stratigrafica soprastante, fatto questo che prelude ad una più vistosa eteropia che sarà descritta in relazione ai « Limi e Sabbie di S. Agostino »⁽⁵⁾.

La macrofauna, di regola non abbondante, è costituita da *Cerithium vulgatum* (BRUGUIERE), *Glycymeris violacescens* (LAM.), *Glycymeris bimaculata* (POLI), *Spisula subtruncata* (DA COSTA), *Lutraria lutraria* (L.), *Donax trunculus* (L.), *Dosinia exoleta* (L.), *Astarte* sp. e *Cerastoderma edule* (L.).

Questa fauna e le caratteristiche sedimentologiche sopra descritte indicano che si tratta di sedimenti marini di ambiente costiero, depositi posteriormente all'inizio

(5) Ambedue queste eteropie sono riportate nello schema di fig. 1.

FIG. 4 - « Sabbie e Ghiaie Inferiori ». Si distingue una parte inferiore, a grana fine, con lamine variamente inclinate ed una parte superiore a grana più grossolana con clinostratificazione immergente a SW (destra nella foto). All'estremità superiore è visibile il contatto (a tratteggio) coi termini delle soprastanti « Sabbie e Ghiaie Superiori ». Località: scavi per la centrale nucleare.

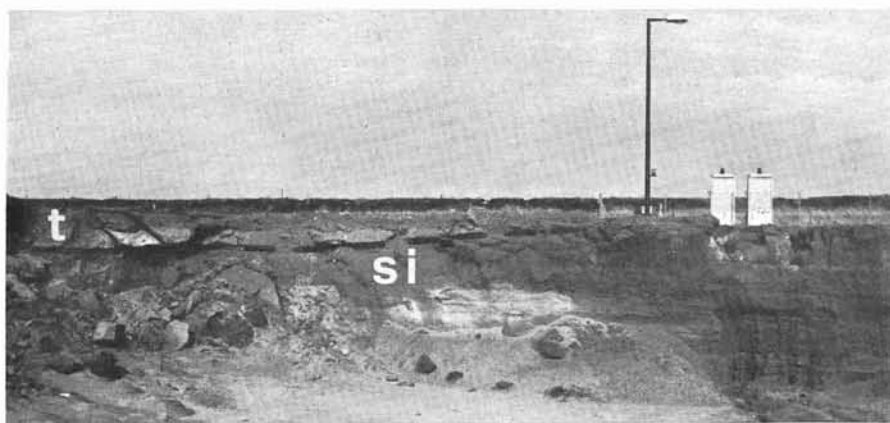


FIG. 5 - Stessa situazione di fig. 4 - Visibile la superficie d'erosione (a tratteggio) incisa nelle « Sabbie e Ghiaie Inferiori » (si), sulla quale si appoggia un orizzonte tufitico (t) che costituisce la base delle « Sabbie e Ghiaie Superiori ». Località: scavi per la centrale nucleare.

dell'attività vulcanica che ha interessato con i suoi prodotti zone prossime a quella studiata.

Le « Sabbie e Ghiaie Inferiori » poggiano su una superficie d'erosione scavata nelle « Calcareniti, Conglomerati e Sabbie di Montalto » e localmente (Fontanile Secco), nelle argille dell'unità sottostante (fig. 1).

La parte basale dell'unità in esame è talora costituita da sabbie violacee, ben classate e clinostratificate, verosimilmente dunari, osservabili sotto il ponte della S.S. Aurelia sul Fiora. L'esistenza di depositi in questa facies, nonché le caratteristiche sedimentologiche delle « Sabbie e Ghiaie Inferiori » e la natura della superficie che ne costituisce l'appoggio, testimoniano il carattere trasgressivo dell'unità. Sulla base della distribuzione degli affioramenti appare verosimile che sulla destra del Fiora la trasgressione abbia potuto spingersi verso N e NW fino ad interessare terreni appartenenti al substrato prequaternario; sulla sinistra della stessa valle la trasgressione può aver interessato anche orizzonti del « Complesso Vulcanitico della Valle del Fiora ».

La parte sommitale delle « Sabbie e Ghiaie Inferiori », conservata solo localmente, è costituita da 2-3 me-

tri di banchi sabbiosi, più o meno grossolani, caratterizzati da una progressiva e rapida sparizione dei fossili marini. La successione di questi banchi, con carattere chiaramente regressivo, è osservabile in corrispondenza dello scavo di un vecchio acquedotto, 250 m circa a SSE dal km 1 della Strada Provinciale del Fiora.

Lo spessore delle « Sabbie e Ghiaie Inferiori » è piuttosto variabile. A Nord della S.S. Aurelia il tetto stratigrafico dell'unità si mantiene sub-parallelo a quello delle sottostanti « Calcareniti, Ghiaie e Sabbie di Montalto » con inclinazione di qualche unità per mille verso SW: lo spessore, aggirantesi mediamente sui 3÷4 metri, può raggiungere i 6÷7 metri solo in corrispondenza delle sezioni stratigraficamente più complete (ad esempio quella del vecchio acquedotto sopra citato). A Sud della S.S. Aurelia le « Calcareniti, Ghiaie e Sabbie di Montalto » spariscono al di sotto delle alluvioni di fondovalle mentre il tetto delle « Sabbie e Ghiaie Inferiori » tende leggermente ad innalzarsi verso SW: lo spessore della unità viene di conseguenza ad aumentare, in misura peraltro non precisabile a causa dell'assenza della base dell'unità stessa nelle sezioni osservabili.

f) GHIAIE E TUFITI DEL TAFONE

Nell'alta valle del T. Tafone a monte della Fattoria di Montauto affiorano, con spessori dell'ordine delle decine di metri, alternanze di livelli limoso-sabbiosi rossastri e ghiaiosi con intercalazioni tufitiche (fig. 6).

I clasti della frazione ghiaiosa sono prevalentemente filladici e subordinatamente quarziticci; le intercalazioni tufitiche sono di regola costituite da banchi con abbondante contenuto di pomici giallastre, nei quali sono spesso evidenti tracce di rimaneggiamento e risedimentazione.

Le alternanze tufitico-ghiaiose coprono in discordanza i terreni del substrato pre-quadernario e localmente le « Sabbie e Ghiaie Silicee di Mandria Polidori ». Le loro caratteristiche litologiche e sedimentologiche, nonché la loro giacitura sempre inclinata verso SW (cioè concordante con l'andamento del versante dei Monti Romani) inducono a ritenere che si tratti di depositi di *glacis*.

La scarsità e discontinuità degli affioramenti (di fatto limitati agli scavi esistenti lungo la nuova strada per Manciano) non consente di precisare ulteriormente le caratteristiche genetiche, in particolare per quanto riguarda le relazioni fra la deposizione degli orizzonti clastici grossolani e di quelli tufitici. È comunque da osservare che il processo sedimentario non è stato continuo, ma è stato interrotto da almeno una importante fase erosiva. L'esistenza di due diverse successioni tufitico-ghiaiose separate da una marcata superficie di erosione è infatti chiaramente osservabile lungo la strada sopra citata, in prossimità della diramazione che conduce alla miniera di antimonio.

La parte superiore delle « Ghiaie e Tufiti del Tafone » è caratterizzata da una pedogenesi con colore 2.5 YR 3/6 meno evoluta di quella che ha interessato le « Sabbie e Ghiaie Silicee di Mandria Polidori ». Da osservazioni preliminari (FERRARI G., com. pers.) sembra trattarsi almeno in parte di un sedimento di suolo. Tale interpretazione è suggerita dalla presenza, nel suolo, di livelli non alterati, di aggregazioni sia poliedriche che lamellari e di figure pedologiche rimaneggiate.

Depositi simili, per litologia e giacitura, a quelli descritti affiorano anche più a Sud, fra il Fosso della Violetta ed il Fosso della Margherita (fino quasi alla linea

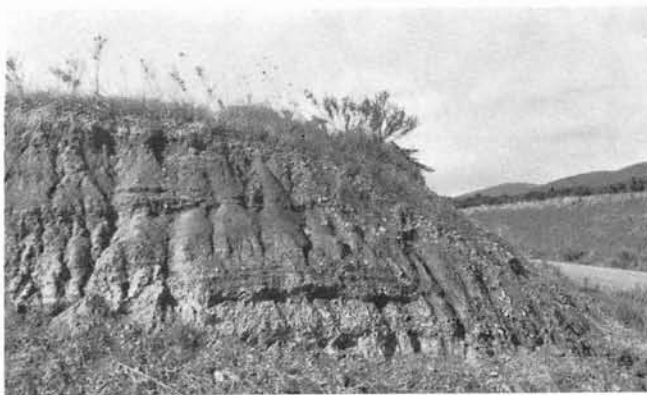


FIG. 6 - « Ghiaie e Tufiti del Tafone ». Alternanza di banchi tufitici a grana fine e livelli di clasti filladici. Località: strada per Manciano, al bivio per la miniera di antimonio.

ferroviaria); questi terreni sono sovrapposti, anch'essi, alle « Sabbie e Ghiaie Silicee di Mandria Polidori » e sono ricoperti da orizzonti correlabili con i « Limi e Sabbie di S. Agostino » e con le « Sabbie e Ghiaie Superiori » (vedi sotto). Sulla base di queste circostanze, nonché della distribuzione areale degli affioramenti, appare lecito ritenere che anche questi sedimenti facciano parte dell'unità lito-stratigrafica in esame.

Per quanto riguarda la posizione crono-stratigrafica delle « Ghiaie e Tufiti del Tafone », la presenza delle tufiti indica chiaramente che essa è posteriore all'inizio dell'attività vulcanica che ha interessato con i propri prodotti l'area studiata. L'unità dovrebbe pertanto risultare più recente o coeva del complesso delle « Vulcaniti della Valle del Fiora ».

g) LIMI E SABBIE DI S. AGOSTINO

Si tratta di una successione che affiora con buone esposizioni solo in corrispondenza dei versanti occidentali delle colline ubicate sulla sinistra del Fosso di Ponte Rotto, a valle della S.S. Aurelia. In questa zona l'unità è costituita da 6 ÷ 7 m di alternanze di strati limo-argillosi e, subordinatamente sabbiosi e ghiaiosi, nelle quali sono talora presenti intercalazioni di tufiti chiare (fig. 7).

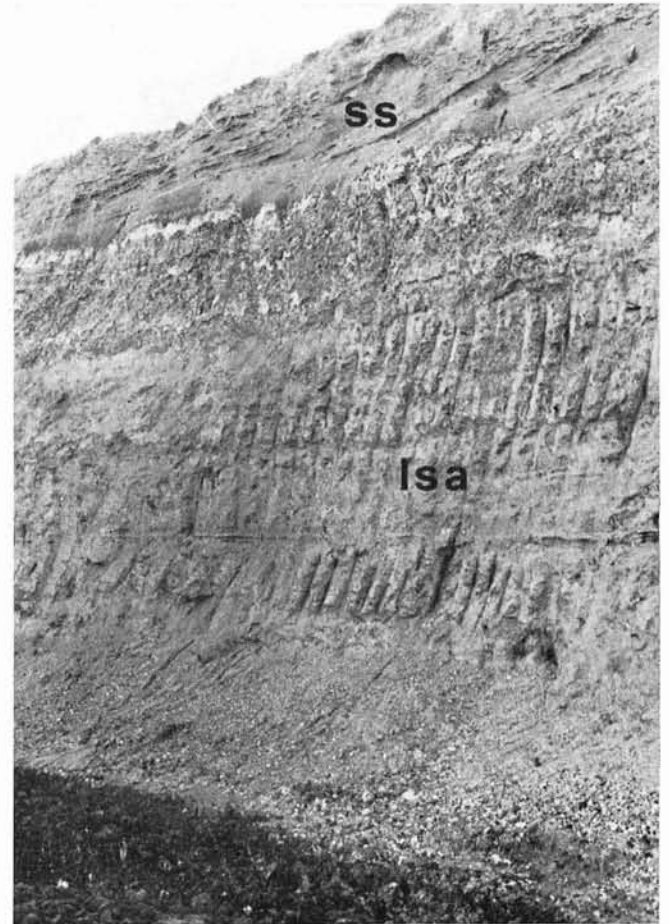


FIG. 7 - « Limi e Sabbie di S. Agostino » (lsa); « Sabbie e Ghiaie Superiori » (ss). Località: sponda sinistra della valle del Fosso di Ponte Rotto, 500 m circa a WSW di S. Agostino Nuovo.

Gli strati limo-argillosi contengono solo qualche valva di *Cerastoderma* sp.; gli strati sabbiosi contengono anche frammenti di Lamellibranchi di ambiente litorale.

Le caratteristiche sedimentologiche e faunistiche suggeriscono l'ipotesi che i « Limi e Sabbie di S. Agostino » affioranti nella zona sopra indicata rappresentino il prodotto della sedimentazione in un bacino costiero, nel quale si sono ripetutamente alternate condizioni ipolinee e condizioni più francamente marine, sempre però di ambiente litorale.

Sedimenti analoghi a quelli di S. Agostino affiorano, anche se con cattive esposizioni, nella zona compresa fra la Valle della Serpe e la Valle del Fiora ed alla base del versante destro di quest'ultima, sotto Montalto di Castro. Più a NE, l'unità diminuisce gradualmente di spessore e passa lateralmente a limi verdastri con rari *Cerastoderma* sp. e caratteristiche concrezioni calcaree violacee. La riduzione dello spessore e il passaggio a facies meno francamente marine sembra testimoniare la maggiore prossimità al bordo del bacino di sedimentazione; sulla base di quanto osservabile negli scarsi affioramenti esistenti si può ipotizzare che questo bordo corrispondesse, grosso modo, al parallelo passante per il km 1 della Strada Provinciale del Fiora.

Questa ipotesi è d'altra parte confermata dalla presenza, poco più a N, di un orizzonte di ambiente continentale correlabile con l'unità in esame; tale orizzonte (visibile nello scavo prospiciente l'ovile della casa di q. 33 a W del già citato km 1 della Strada Provinciale del Fiora) ha uno spessore di circa 3 metri ed è costituito da limi sabbiosi a struttura prismatica con caratteristiche *stone-lines* (fig. 8).

Verso l'estremità occidentale dell'area considerata (lungo la strada che unisce la S.S. Aurelia alla Stazione del Chiarone) l'unità è costituita ancora da limi verdastri con concrezioni calcaree violacee: i dati disponibili non sono però sufficienti a delimitare il bacino di sedimentazione in questa zona.

I « Limi e Sabbie di S. Agostino » risultano sovrapposti sia alle « Sabbie e Ghiaie Inferiori », sia alle « Ghiaie e Tufti del Tafone ».

La prima sovrapposizione, abbastanza chiaramente osservabile alla base dello scavo recentemente eseguito 500 m circa a WSW di S. Agostino nuovo, non sembra evidenziare alcuna particolare discontinuità fra le due unità. La possibilità che queste si siano deposte in continuità di sedimentazione è, d'altra parte, avvalorata dal fatto che più a S e SW le due unità sembrano in rapporto di eteropia, testimoniata dal graduale innalzamento del tetto delle « Sabbie e Ghiaie Inferiori » (pag. 109) e dalla progressiva diminuzione dello spessore dei « Limi e Sabbie di S. Agostino ». A proposito di quest'ultima circostanza è da segnalare che in corrispondenza degli affioramenti più sud-occidentali osservabili (scavi per la centrale nucleare) i « Limi e Sabbie di S. Agostino » mancano del tutto e le « Sabbie e Ghiaie Inferiori » sono direttamente ricoperte dalle « Sabbie e Ghiaie Superiori » (vedi sotto). È da osservare che l'eteropia fra « Sabbie e Ghiaie Inferiori » e « Limi e Sabbie di S. Agostino » è in accordo con quella prospettata all'interno di

quest'ultima. Ambedue sono infatti perfettamente compatibili con una paleogeografia caratterizzata da un ambiente francamente marino verso S e SW e da ambienti progressivamente più continentali verso N e NE.

La sovrapposizione dei « Limi e Sabbie di S. Agostino » sulle « Ghiaie e Tufti del Tafone » è deducibile da considerazioni stratimetriche nella zona della media valle del Fosso di Ponte Rotto. Il fatto che il contatto non sia direttamente osservabile impedisce però di precisare la natura del rapporto stratigrafico fra le due unità litostratigrafiche.

In corrispondenza degli affioramenti più settentrionali (Fontanile Secco e zona del km 1 della Strada Provinciale del Fiora) la parte superiore dell'unità in esame è caratterizzata da tracce di una pedogenesi che può raggiungere la profondità di 3÷4 m, fino ad interessare, talora, strati ghiaiosi appartenenti alle « Sabbie e Ghiaie Inferiori ». Questa pedogenesi, sepolta ad opera degli orizzonti che coprono i « Limi e Sabbie di S. Agostino », indica chiaramente che la sedimentazione di questa unità litostratigrafica è stata seguita da un periodo di esposizione in ambiente continentale. Agli effetti di questa esposizione sono verosimilmente da imputare anche alcune tracce di pedogenesi osservate a tetto delle « Sabbie e Ghiaie Inferiori » in corrispondenza degli scavi per la centrale nucleare attualmente in costruzione a Sud de La Ficonaccia (fig. 5).

h) SABBIE E GHIAIE SUPERIORI

Si tratta di una unità lito-stratigrafica presente nella maggior parte dell'area compresa fra la S.S. Aurelia ed il mare, ad W di Montalto di Castro. Le migliori espo-

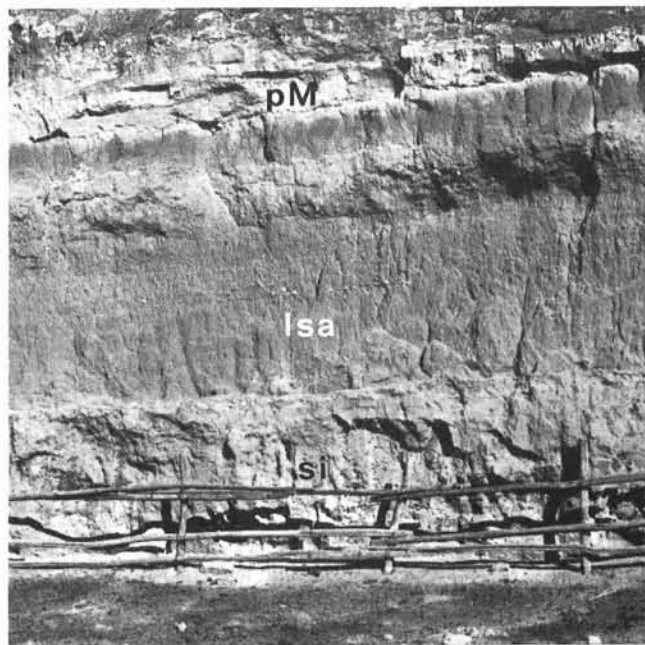


FIG. 8 - Orizzonte limoso-sabbioso con *stone-lines*, correlabile con i « Limi e Sabbie di S. Agostino » (Isa), ricoprente le « Sabbie e Ghiaie Inferiori » (si) e sormontato da orizzonti riferibili alle « Piroclastiti e Tufti di Montalto » (pM). Località: Uliveto, NW di Montalto.

sizioni sono quelle dovute ad alcuni scavi recenti in località Quartaccio. In queste sezioni l'unità appare costituita da un paio di metri di sabbie, spesso clinostratificate, in lamine millimetriche di colore grigio e nerastro che al microscopio appaiono costituite da frammenti di rocce sedimentarie e di rocce effusive di tipo trachitico, da bioclasti, da sanidino e da minerali femici (pirosseni e, subordinatamente, anfiboli). Sono presenti anche quarzo mono- e poli-cristallino, plagioclasti e ortoclasio.

La macrofauna è caratterizzata da *Cerithium vulgatum* (BRUGUIERE), *Anomia ephippium* (L.), *Tellina* sp., *Tapes decussatus* (L.), *Dosinia* sp., *Astarte sulcata* (DA COSTA), *Spisula subtruncata* (DA COSTA), *Glycymeris violacescens* (LAM.), *Glycymeris bimaculata* (POLI), *Venerupis rhomboides* (PENNANT), *Cerastoderma edule* (L.) e *Scrobicularia plana* (DA COSTA).

Sulla sinistra del Fiora, nella trincea della S.S. Aurelia sotto Montalto di Castro, l'unità è costituita da orizzonti ghiaiosi (spessore complessivo 2 ÷ 3 m) ad elementi lavici e calcarei, talora debolmente cementati, con fossili marini (Pectinidi) spesso in frammenti.

Nell'affioramento ad WSW di S. Agostino Nuovo (già citato a proposito della unità precedentemente descritta) le sabbie (2 m circa) si presentano (fig. 9) in facies di duna e di spiaggia con *Glycymeris violacescens* (LAM.), *Callista chione* (L.), *Cerastoderma edule* (L.), *Donax trunculus* (L.), *Donax semistriatus* (POLI) e *Dosinia exoleta* (L.).

Una litofacies analoga è stata osservata anche qualche km più ad W, nella trincea ferroviaria sovrappassata dalla strada per Marina di Pescia Romana.

In corrispondenza degli scavi per la centrale nucleare le « Sabbie e Ghiaie Superiori » presentano una litofacies particolare caratterizzata dall'abbondanza di elementi di provenienza vulcanica (soprattutto leucite e piccole pomice chiare) e da qualche intercalazione tuffitica (figg. 5 e 10).

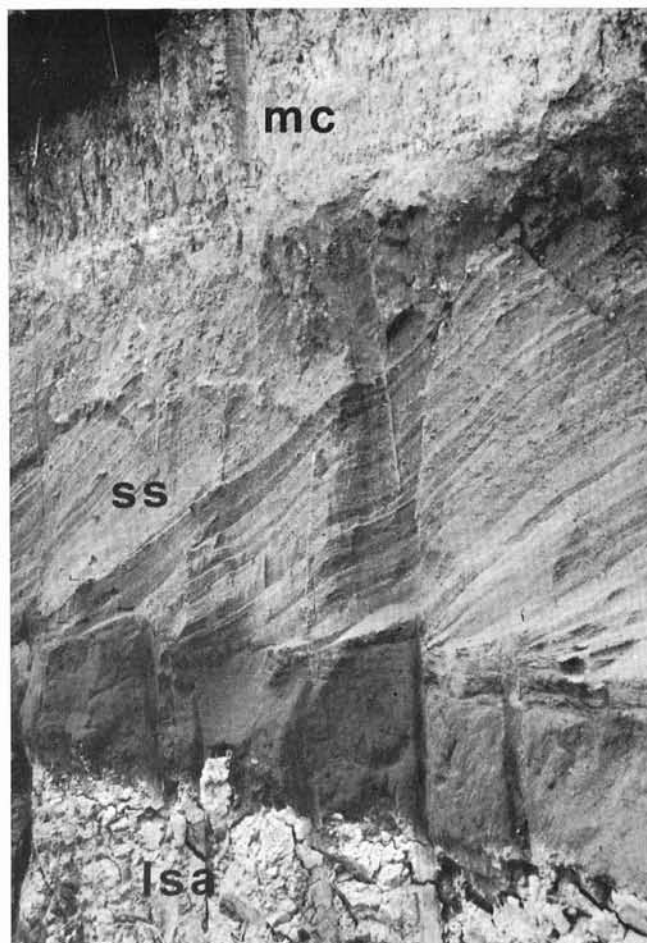


FIG. 9 - Particolare della sezione di fig. 7, mostrandone un orizzonte di sabbie dunari (ss) correlabile con le « Sabbie e Ghiaie Superiori », interposto fra i « Limi e Sabbie di S. Agostino » (Isa) e le « Marne a *Cerastoderma* » (mc).

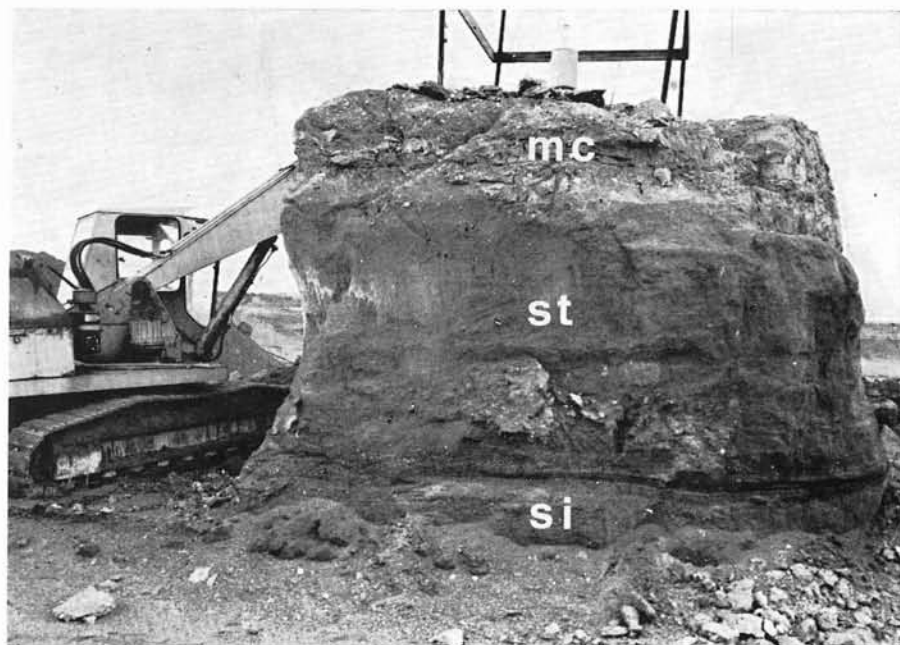


FIG. 10 - Orizzonte sabbioso-tuffitico (st) correlabile con le « Sabbie e Ghiaie Superiori » ricoprente le « Sabbie e Ghiaie Inferiori » (si) e sormontato dalle « Marne a *Cerastoderma* » (mc); da notare il sottile livello bruno con ossidi di ferro e manganese, che separa in una vasta area le due unità sabbiose. Località: scavi per la centrale nucleare.

Gli strati descritti fanno spesso passaggio graduale verso l'alto, e talora anche lateralmente, ad un orizzonte abbastanza caratteristico costituito da sabbie giallastre, granulometricamente eterogenee e prive di lamine, a luoghi debolmente cementate, contenenti spesso piccoli ciottoli quarzosi, più raramente filladici, di regola concentrati nella parte superiore dell'orizzonte. La macrofauna è di regola assente: solo localmente sono stati rinvenuti piccoli Gasteropodi dolcicoli. Questo orizzonte è osservabile sulle due sponde del Fiora (trincee della S.S. Aurelia in corrispondenza di Montalto di Castro e in prossimità del km 111 dove presenta uno spessore di un paio di metri). Più a W (al km 120 circa della stessa strada ed in località Cercuabella) lo spessore risulta alquanto più ridotto (fig. 11) o addirittura l'orizzonte manca totalmente.

Le « Sabbie e Ghiaie Superiori » giacciono generalmente su una superficie d'erosione scavata nei « Limi e Sabbie di S. Agostino » o direttamente nelle « Sabbie e Ghiaie Inferiori ». Questi due tipi di sovrapposizione si possono osservare rispettivamente nell'affioramento, già citato, a WSW di S. Agostino Nuovo (fig. 9) e negli scavi per la centrale nucleare (figg. 5 e 10). Nel settore nord-occidentale dell'area esaminata la superficie d'erosione è scavata invece nelle « Ghiaie e Tufiti del Tafone » (valli del Fosso Tafone e del Fosso della Margherita in corrispondenza della S.S. Aurelia).

Le caratteristiche sedimentologiche, faunistiche e giaciture indicano chiaramente che le « Sabbie e Ghiaie Superiori » si sono deposte in ambiente marino costiero in conseguenza di una trasgressione sviluppatasi su un'area precedentemente a lungo emersa, come dimostrato dalla pedogenesi sviluppata a tetto delle sottostanti unità litostratigrafiche. Sulla base della distribuzione areale degli affioramenti è verosimile che questa trasgressione non si sia spinta oltre il bordo del bacino di sedimentazione dei « Limi e Sabbie di S. Agostino ». L'orizzonte sabbioso, verosimilmente continentale, che costituisce il tetto stratigrafico delle « Sabbie e Ghiaie Superiori » sta molto verosimilmente ad indicare la fase regressiva che ha concluso questo ciclo marino.

i) COMPLESSO A CERASTODERMA E A GLYCYMERIS

In questo complesso sono stati raggruppati tre orizzonti (« Marne a *Cerastoderma* », « Sabbie Pomicee » e « Sabbie Nere a *Glycymeris* »), tra loro almeno in parte eteropici.

L'orizzonte delle « Marne a *Cerastoderma* » è costituito da marne argillose assai ricche di valve di *Cerastoderma edule* e rari *Venerupis senescens*, affioranti estesamente dal km 112 della S.S. Aurelia fino a quasi al Lago di Burano, a quote praticamente costanti fra i 15 e i 20 m. Queste marne sono ben visibili in particolare ad Est della località « I Due Pini », nelle trincee della stessa strada (fig. 12).

Le « Marne a *Cerastoderma* », il cui spessore si aggira sul paio di metri, poggiano su una superficie di erosione che interessa di regola le « Sabbie e Ghiaie Superiori » (figg. 9 e 11).

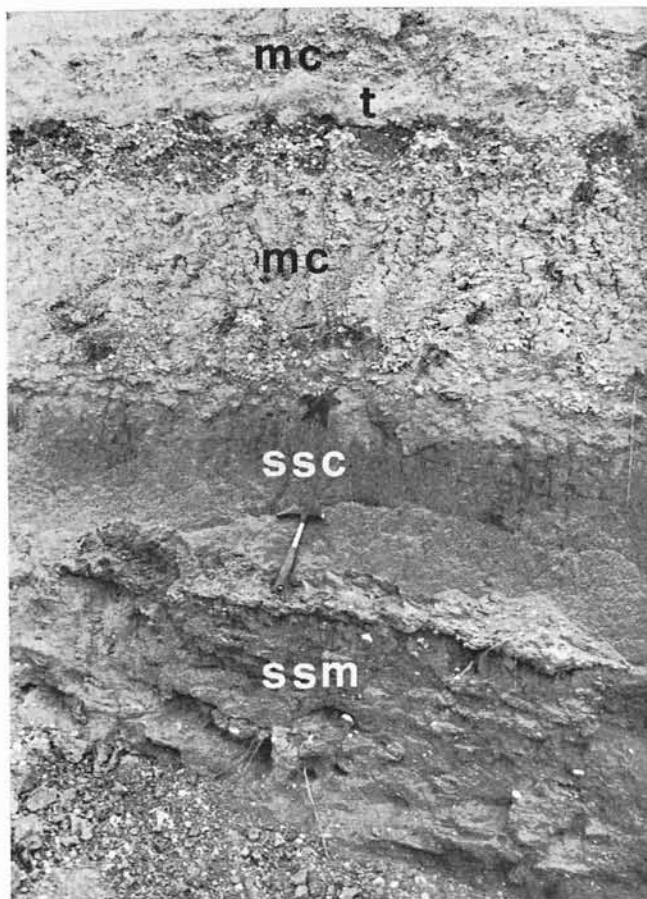


Fig. 11 - « Sabbie e Ghiaie Superiori » ricoperte dall'orizzonte delle « Marne a *Cerastoderma* ». Nella prima unità si distingue una parte inferiore con fossili marini (ssm), clinostatificata con immersione a SW (destra nella foto) e una parte superiore priva di struttura con piccoli ciottoli silicei (ssc). Nella seconda unità (mc) è visibile una intercalazione tuffica (t). Località: Cercuabella, 500 m circa a SW del km 119 della S.S. Aurelia.

La continuità litologica verticale dell'orizzonte marinoso descritto è talora interrotta da livelli pelitici verdastri, verosimilmente almeno in parte a componente cineritica (fig. 11).

L'orizzonte delle « Sabbie Pomicee » è costituito da sabbie fini grigio-giallastre con numerosi livelletti di piccole pomice bianche e qualche grossa scoria rossa, passanti verso l'alto a sabbie limose con scarse faune salmastre (rari *Cerastoderma*); esse affiorano con spessori di 4-5 m poco a Sud di Rompicollo (fig. 13), sulla trincea della S.S. Aurelia sotto Montalto, poco a Nord de « il Sassone » e nella zona di « La Ficonaccia ».

In corrispondenza delle località citate lo spessore visibile è di 4÷5 m. Nella parte occidentale dell'area considerata l'orizzonte in esame risulta del tutto assente: non è chiaro se tale assenza sia dovuta a mancata sedimentazione o a successivi fenomeni erosivi.

Anche le « Sabbie Pomicee » poggiano sulle « sabbie e Ghiaie Superiori »; il contatto, male individuabile data la scarsità di affioramenti e la somiglianza litologica, coincide con un sottile livello ghiaioso che testimonia una sia pur debole fase erosiva.

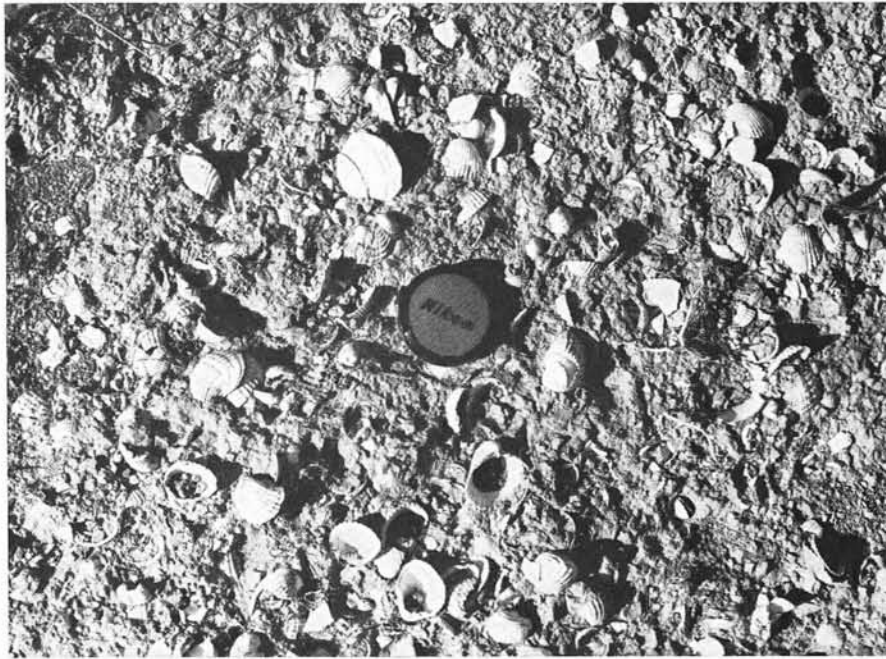


FIG. 12 - Orizzonte delle « Marne a *Cerastoderma* », contenente anche qualche *Glycymeris*. Località: Due Pini, nello scavo dello svincolo in costruzione.

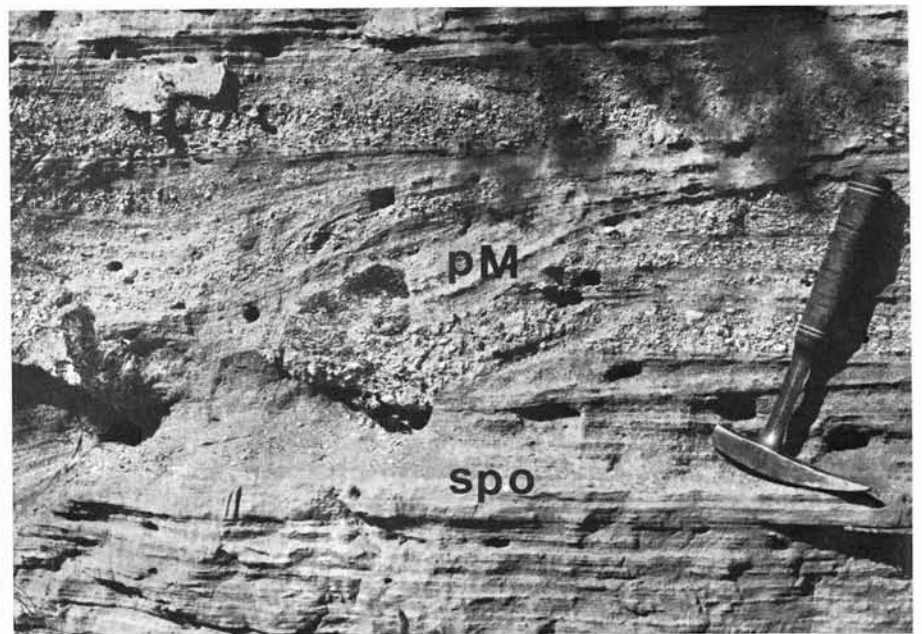


FIG. 13 - « Sabbie Pomicee » a fitta laminazione orizzontale (spo) incise da una marcata superficie di erosione, sulla quale poggiano orizzonti ben stratificati a pomici, costituenti la parte basale delle « piroclastiti e tufiti di Montalto (pM) ». Località: in prossimità della grotta situata 500 m circa a SSW di Rompicollo.

L'orizzonte delle « Sabbie Nere a *Glycymeris* » è costituito da un modesto spessore (1 ÷ 2 m al massimo) di sabbie fittamente laminate biancastre e nere ⁽⁶⁾ con *Hinia* sp., *Ostrea* sp., *Glycymeris violacescens* (LAM.), *Acanthocardia* cf. *tuberculata* (L.), *Cerastoderma edule* (L.), *Donax trunculus* (L.) *Donax* cf. *semistriatus* (POLI), *Spisula subtruncata* (DA COSTA), *Maetra corallina* (L.), *Venerupis rhomboides* (PENNANT), *Venerupis aurea* (GMELIN), *Loripes lacteus* (L.) e *Anomia ephippium* (L.).

⁽⁶⁾ Le lamine nere sono costituite quasi esclusivamente da pirosseni e magnetite.

L'orizzonte descritto copre in trasgressione le « Marne a *Cerastoderma* ». Nella più volte citata sezione a WSW di S. Agostino Nuovo il contatto tra i due orizzonti è interessato da una vistosa e complicata deformazione, genericamente assimilabile ad un fenomeno di *slumping* (figg. 14, 15 e 16). Un livello analogo è visibile anche nella parte più profonda della tomba etrusca sulla destra della strada che conduce al cantiere della centrale nucleare ENEL.

La distribuzione areale degli orizzonti descritti, unitamente alle loro caratteristiche sedimentologiche e faunistiche, induce a ritenere che le « Marne a *Cerastoderma* » si siano sedimentate in un bacino costiero svi-

FIG. 14 - Parte superiore della sezione di fig. 7. Sono visibili tre «lobi» (L) determinati in seguito ad una deformazione tipo «slumping» delle «Marne a *Cerastoderma*», che ha coinvolto anche un sottile livello sabbioso (s), prima della sedimentazione delle «Sabbie Nere a *Glycymeris*» (sg); le valve di questi fossili appaiono nella foto come piccoli dischi bianchi.



luppato parallelamente alla costa attuale su una larghezza massima di 2÷3 km, esteso dalla zona del km 112 della S.S. Aurelia fino ad oltre il limite NW dell'area considerata. Questo bacino doveva essere limitato, almeno verso SE, da un cordone litorale costituito dalle «Sabbie Pomicee». La sedimentazione delle «Sabbie Nere a *Glycymeris*» corrisponde al successivo ristabilirsi, almeno su parte del bacino sopra indicato, di un ambiente francamente marino.

Orizzonti salmastri e marini correlabili con quelli che costituiscono il complesso in esame sono presenti anche al di fuori della zona alla quale si riferisce lo schema paleogeografico sopra delineato. Fra quelli meglio esposti sono da segnalare quelli affioranti presso il km 103 della S.S. Aurelia, già descritti da DAI PRA (1978) come «Sabbie di ambiente sublitorale a *Murex brandaris*... ricoprenti alternanze di livelli salmastri a *Cerastoderma*».

l) PIROCLASTITI E TUFITI DI MONTALTO

In questa unità sono stati raggruppati depositi prevalentemente vulcanici, stratigraficamente compresi fra il «Complesso a *Cerastoderma* e a *Glycymeris*» e i «Limi e Sabbie di Rompicollo» affioranti estesamente nell'area considerata al di sotto di quota 40 circa.

Rinviando uno studio più approfondito al prosieguo della ricerca, ci si limita a segnalare che si tratta, di regola, di piroclastiti chiare a pomice biancastre⁽⁷⁾, talora con numerose leuciti alterate, alle quali si associano livelli di materiali vulcanici risedimentati (tufiti). Depositi di questo tipo sono ben esposti nella zona di

Montalto di Castro e lungo la S.S. Aurelia tra i km 101 e 112, con spessori dell'ordine di alcuni metri. Più a Ovest la facies dei depositi cambia gradualmente per il progressivo aumento dei livelli tuftici. A questo cambiamento fa riscontro una diminuzione di spessore; all'estremità occidentale dell'area esaminata l'unità in esame è infatti ridotta a pochi decimetri di una tuftite grigio-verdastra, direttamente sovrapposta alle «Marne a *Cerastoderma*» e terminante in sommità con un sottile livello di calcari a grana finissima, probabilmente lacustri (fig. 17).

Le caratteristiche litologiche e sedimentologiche macroscopicamente rilevate, nonché l'assenza di fauna (limitata a rari *Cerastoderma* sp. osservati talora nei livelli basali) inducono a ritenere che per le «Piroclastiti e Tufiti di Montalto» si possa ipotizzare un bacino di sedimentazione continentale in gran parte subacqueo (lacustre o palustre).

Anche l'unità in esame presenta localmente nella parte superiore tracce di pedogenesi, peraltro scarsamente sviluppata, sepolta dalle unità che saranno descritte ai punti seguenti. Le tracce più chiare di questo fenomeno sono osservabili lungo le trincee della S.S. Aurelia fra i km 119 e 121 circa (fig. 23).

Le «Piroclastiti e Tufiti di Montalto» poggiano ovunque su una marcata superficie di erosione scolpita nel «Complesso a *Cerastoderma* e a *Glycymeris*», e nelle «Sabbie e Ghiaie Superiori»; localmente (ad es. zona del Quartaccio) questa superficie giunge ad interessare i «Limi e Sabbie di S. Agostino».

m) LIMI E SABBIE DI ROMPICOLLO

Questa unità affiora sporadicamente nella zona di Rompicollo e nelle alture a Sud di questa località, ed è costituita da una successione di modesto spessore (2-3 m al massimo) di peliti grigie e verdastre, talora

(7) Depositi di questo tipo si rinvengono anche a quote più elevate di quella sopra indicata, sotto forma di lembi isolati sovrapposti alle «Sabbie e Ghiaie Silicee di Mandria Polidori» ed alle «Ghiaie e Tufiti del Tafone».



FIG. 15 - Idem come fig. 14. Dettaglio di un « lobo » che ha interessato anche la parte basale delle « Sabbie Nere a *Glycymeris* ».



FIG. 16 - Idem come fig. 14: da notare le microfaglie che hanno interessato le sabbie a *Glycymeris*, verosimilmente in seguito ad assestamento delle sottostanti « Marne a *Cerastoderma* », dopo la deformazione illustrata in fig. 14.

FIG. 17 - « Marne a *Cerastoderma* » (ms) ricoperte da un orizzonte tufitico passante superiormente ad un livello di calcari probabilmente lacustri (cl). Località: trincea ferroviaria in prossimità del casello, sulla destra del Fosso della Marzola.

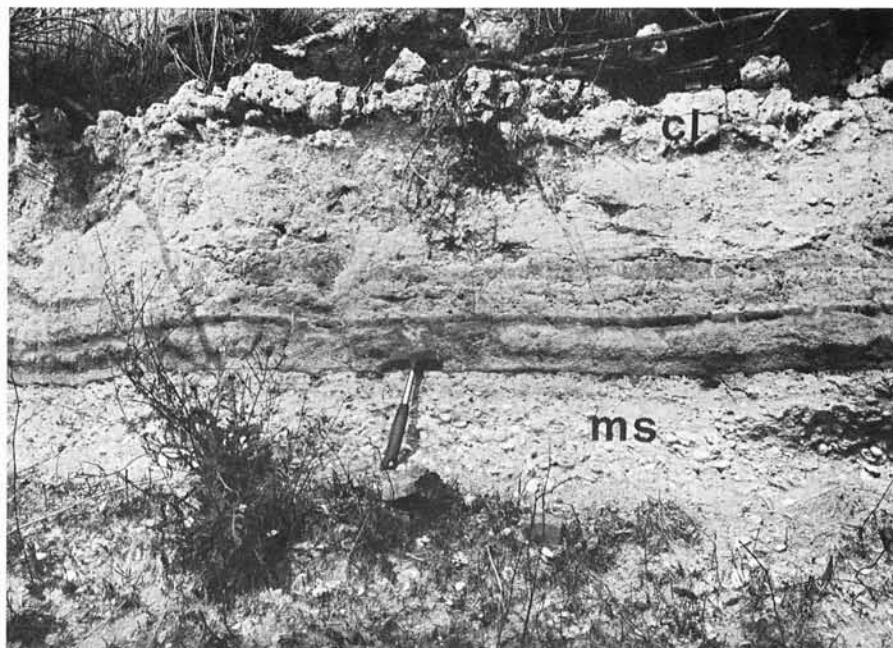


FIG. 18 - « Limi e Sabbie di Rompicollo » (lsr) interposti fra le « Piroclastiti e Tufiti di Montalto » (pM) e il « Complesso Fluvio-lacustre a Vulcaniti Rimangiate » (flv). Località: 500 m circa a SSW di Rompicollo.

fittamente laminate, e di sabbie grossolane grigie. Questa successione poggia sulle « Piroclastiti e Tufiti di Montalto » dal quale è separata da una superficie di erosione (figg. 18 e 19).

La fauna, rappresentata da piccoli Gasteropodi dolcicoli nella parte inferiore e da piccoli Lamellibranchi neritico-litorali in quella superiore, indica che si tratta di una unità litostratigrafica trasgressiva. Sulla base di quanto osservabile nelle sezioni esistenti sulla sinistra del Fiora sembra che questa trasgressione sia stata di ampiezza limitata avendo interessato solo l'estremità meridionale dell'area esaminata (all'incirca a Sud della S.S. Aurelia).

Orizzonti correlabili con quelli descritti sono stati individuati anche sulla destra del Fiora, nella zona cir-

costante la località S. Agostino Vecchio. Questi orizzonti sono costituiti da sedimenti eterogenei caratterizzati da una apprezzabile quantità di elementi vulcanici e da abbondante fauna marina. Le migliori esposizioni sono quelle osservabili nelle due tombe etrusche lungo la strada che conduce dalla S.S. Aurelia al cantiere della centrale nucleare ENEL e quella esistente sulla sponda destra della Valle della Serpe in corrispondenza della strada asfaltata che la attraversa a valle della linea ferroviaria, nonché negli scavi per la centrale nucleare.

Nella sezione delle tombe etrusche l'orizzonte è costituito da un sedimento limoso con abbondanti clasti anche grossolani e contiene una ricca fauna caratterizzata da: *Loripes lacteus* (L.), *Cerastoderma edule* (L.),

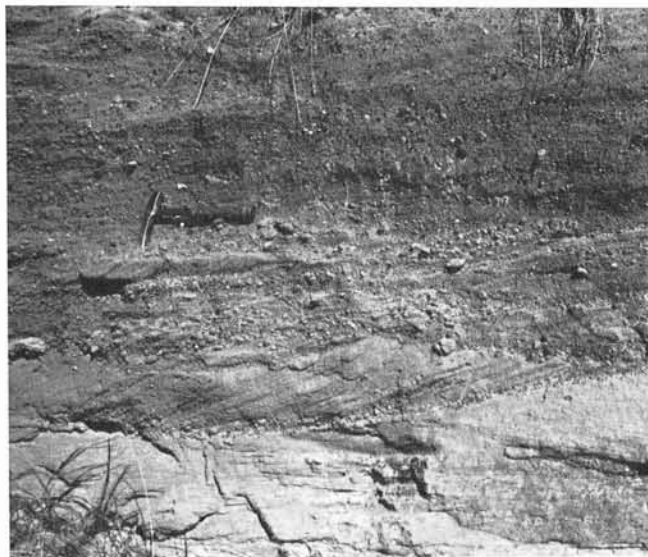


FIG. 19 - Particolare dei « Limi e Sabbie di Rompicollo » nella stessa sezione di fig. 18.

Gastrea fragilis (L.), *Venerupis* sp., *Hydrobia* sp., *Rissoa ventricosa* (DESMAREST), *Bittium reticulatum* (DA COSTA) *Cerithium vulgatum* (BRUGUIERE).

Questo orizzonte ricopre uno strato sabbioso correlabile con le « Sabbie Nere a *Glycymeris* ».

Lo strato affiorante sulla sponda destra della Valle della Serpe è caratterizzato da una fauna analoga e contiene un livello detritico-organogeno costituito pressoché esclusivamente da frammenti di Lamellibranchi. Negli scavi della centrale nucleare la fauna, notevolmente più scarsa, è rappresentata prevalentemente da *Cerastoderma* sp. (fig. 20).

Nel settore occidentale dell'area considerata orizzonti correlabili con l'unità in esame sono stati identificati fino alla zona del km 3,300 della strada Pescia Romana-Stazione del Chiarone, dove uno strato sabbioso ricoperto da uno strato litologicamente simile a quello descritto per le tombe etrusche copre l'orizzonte tuffitico già descritto a proposito delle « Piroclastiti e Tuffiti di Montalto ».

La trasgressione rappresentata dai « Limi e Sabbie di Rompicollo » risulta pertanto largamente testimoniata anche nell'area estendentesi dal Fiora all'estremità occidentale della zona rilevata.

n) COMPLESSO FLUVIO-LACUSTRE A VULCANITI RIMANEGGiate

Affiora estesamente su buona parte dell'area considerata, di regola al di sotto di quota 40-45 m.

Nel settore centro-orientale di questa area l'unità è costituita, nella sua facies più diffusa, da sedimenti a grana da sabbiosa a ghiaiosa, i cui clasti sono in assoluta prevalenza di origine vulcanica (scorie, lapilli, pomici, ecc.) e solo subordinatamente sedimentari; la stratificazione sempre molto evidente è, di regola, incrociata (fig. 21). Nel loro insieme le caratteristiche sedi-

mentologiche rilevabili in campagna e l'assenza di fauna appaiono indicativi di un ambiente deposizionale di pianura deltizia.

La litofacies descritta passa talora, lateralmente e superiormente, a fitte alternanze di peliti grigie o verdastre (almeno in parte cineritiche), di filliti chiare e di sabbie fittamente stratificate, interpretabili come sedimenti di ambiente lacustre (fig. 22).

Nel settore occidentale dell'area considerata (grosso modo oltre la Valle del Tafone) i sedimenti, sempre costituiti in assoluta prevalenza da materiali vulcanici, presentano stratificazione piuttosto fitta e parallela, verosimilmente imputabile alla minor energia del mezzo nel quale avveniva la sedimentazione.

Il « Complesso Fluvio-lacustre a Vulcaniti Rimaneggiate » copre, con uno spessore massimo di 5÷6 metri, orizzonti di regola attribuibili alle « Sabbie e Ghiaie Superiori », alle « Piroclastiti e Tuffiti di Montalto » ed ai « Limi e Sabbie di Rompicollo » (figg. 18 e 23).

La superficie di appoggio è una superficie d'erosione caratterizzata, stando a quanto è possibile osservare in affioramento, da blande ondulazioni (fig. 23).

o) COMPLESSO CONTINENTALE DI CASALE PALOMBINI

Questo complesso, che costituisce il tetto della successione finora descritta e supporta direttamente la spianata 2 (vedi capitolo 4), affiora abbastanza estesamente solo sulla sinistra del Fiora; le esposizioni più significative sono state osservate in corrispondenza delle trincee della S.S. Aurelia (fra i km 102-103).

Il complesso è costituito da limi e sabbie rossastre, talora con ghiaie minute (associate a materiali fini di origine vulcanica) concentrate nella parte basale del complesso stesso (fig. 24).

Gli elementi raccolti non consentono di precisare ulteriormente le caratteristiche litologiche di questi orizzonti (anche a causa della loro marcata alterazione), né di definirne con certezza l'ambiente di sedimentazione. Appare comunque verosimile che si tratti di depositi almeno in parte fluviali, forse rimaneggiati ad opera del vento.

Il « Complesso Continentale di C. Palombini » ha uno spessore variabile fino ad un massimo di 5÷6 m e ricopre una superficie d'erosione scolpita di regola nelle « Piroclastiti e Tuffiti di Montalto » e nel « Complesso Fluvio lacustre a Vulcaniti Rimaneggiate ». A tetto è sviluppato un paleosuolo, con orizzonte B 5 YR 4/4, lisciviato con cutans, aggregati e facce di pressione (FERRARI G., com. pers.). Il suolo appare meno evoluto di quello esistente a tetto delle « Sabbie e Ghiaie Silicee di Mandria Polidori » (vedi pag. 107).

p) TUFFITI A CIOTTOLI SILICEI

Questo complesso, di limitata importanza ed estensione, è stato osservato solo sulla sinistra del Fiora (zona di Montalto e area a NW degli Archi di Pontecchio); le esposizioni migliori sono quelle delle trincee stradali della S.S. Aurelia.

FIG. 20 - Banco, prevalentemente limoso, correlabile con i «Limi e Sabbie di Rompicollo» (IsR) interposto fra l'orizzonte delle «Marne a *Cerastoderma*» (mc) e strati del «Complesso Fluvio-lacustre a Vulcaniti Rimaneggiate» (tlv); da notare l'addensamento di fossili alla sommità delle «Marne a *Cerastoderma*». La parte superiore della sezione è costituita da limi e sabbie rossastre (sr) riferibili al «Complesso Marino e Continentale Superiore». Località: scavi per la centrale nucleare.

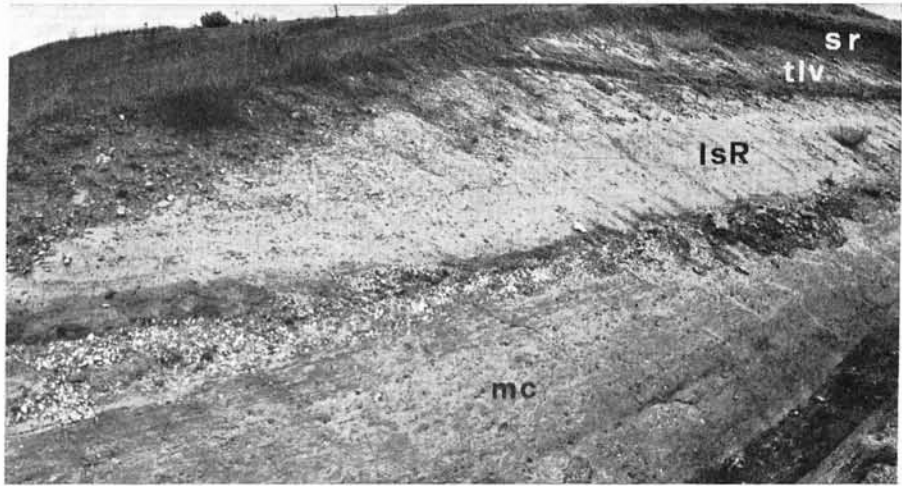


FIG. 21 - «Complesso Fluvio-lacustre a Vulcaniti Rimaneggiate» nella facies sabbioso-ghiaiosa a stratificazione incrociata. Località: trincea della S.S. Aurelia, a SE di Fosso Sanguinaro.

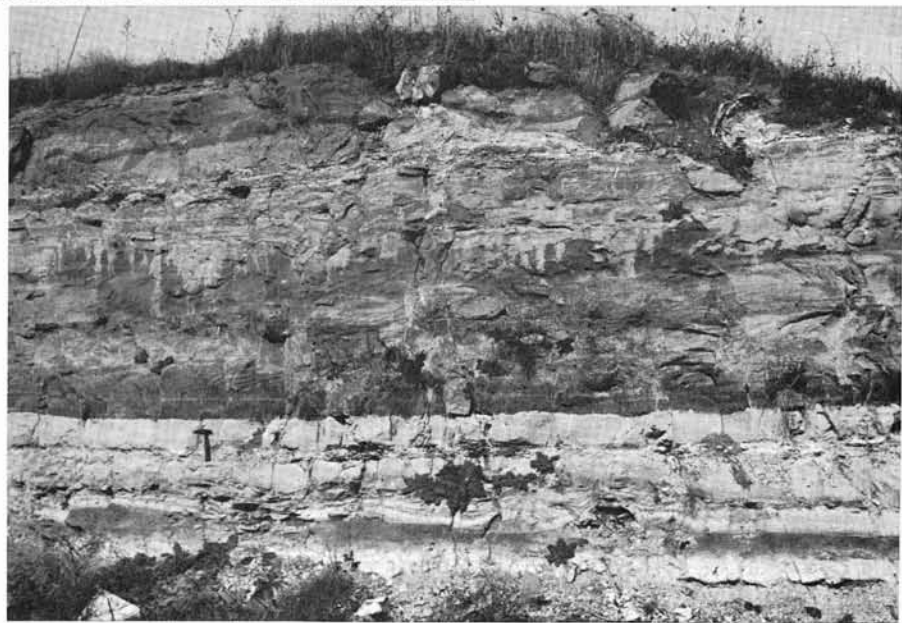


FIG. 22 - «Complesso Fluvio-lacustre a Vulcaniti Rimaneggiate» nella facies di peliti fittamente stratificate. Località: ciglio superiore della cava di lava del Campone.



FIG. 23 - Successione « Marne a *Cerastoderma* » (mc) - « Piroclastiti e Tufti di Montalto » (pM) qui in facies prevalentemente tuftica, e « Complesso Fluvio-lacustre a Vulcaniti Rimaneggiate » (flv); da notare la superficie d'erosione blandamente ondulata (a tratteggio) che separa le due unità superiori, al di sotto della quale si osservano tracce di pedogenesi. Località: trincea della S.S. Aurelia al km 120 circa.

Il complesso è costituito da materiali di origine vulcanica, rimaneggiati e contenenti spesso ciottoli silicei. In corrispondenza di tutti gli affioramenti osservati questi sedimenti colmano marcate incisioni scolpite entro le « Piroclastici e Tufti di Montalto » e il « Complesso Fluvio-lacustre a Vulcaniti Rimaneggiate »; il loro spessore è di regola pari alla profondità di queste incisioni (massimo $4 \div 5$ m; fig. 25).

q) COMPLESSO MARINO E CONTINENTALE SUPERIORE

In questo complesso sono stati provvisoriamente raggruppati sedimenti di varia origine (marina, fluviale, eolica) che costituiscono buona parte del settore costiero della zona studiata fino ad una distanza massima dalla costa di $1 \div 2$ km. Gli affioramenti significativi sono molto rari, limitati praticamente a quelli di seguito descritti.

— km 103 della S.S. Aurelia

Poco ad Ovest della strada che dal km 103 della S.S. Aurelia conduce a Riva dei Tarquini, un piccolo scavo, a quota 25 circa, ha messo in evidenza pochi decimetri di sabbie, talora debolmente cementate, contenenti rari grossi *Glycymeris* associati a *Astraea rugosa* (L.) e a *Donax trunculus* (L.). Questi sedimenti coprono una superficie di erosione, scavata in strati tuftici verosimilmente correlabili con le « Piroclastiti e Tufti di Montalto » (fig. 26) e sono immediatamente sottostanti alla *spianata 3* (capitolo 4). Tanto questa spianata quanto gli strati a *Glycymeris* terminano poche decine di metri più a monte contro un modesto declivio inciso nella successione delle unità precedentemente descritte.

I rapporti di giacitura con i terreni sottostanti e le relazioni con la *spianata 3* indicano piuttosto chiaramente

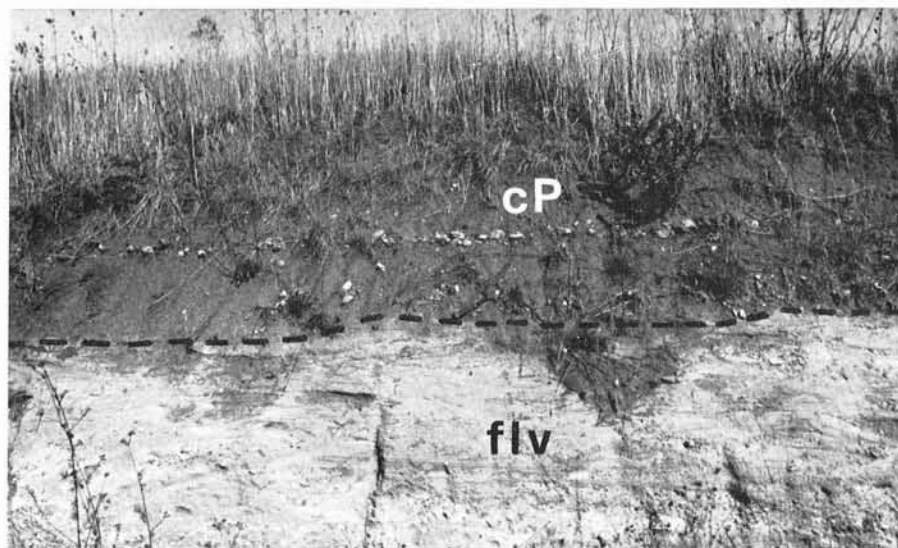


FIG. 24 - Orizzonti sabbioso-limosi con *stone-lines* del « Complesso Continentale di C. Palombini » (cP), ricoprenti una superficie d'erosione (a tratteggio) scavata nel « Complesso Fluvio-lacustre a Vulcaniti Rimaneggiate » (flv). Località: trincea della S.S. Aurelia al km 102 circa.



FIG. 25 - « Tufiti a Ciottoli Silicei » che colmano una incisione scavata entro il « Complesso Fluvio-lacustre a Vulcaniti Rimanegiate » (flv) fino alle sottostanti « Piroclastiti e Tufiti di Montalto » (pM). Località: trincea della S.S. Aurelia in corrispondenza dello svincolo per Montalto di Castro.

te che l'affioramento di sabbie a *Glycymeris* corrisponde ad una linea di costa relativa ad una ingressione marina che ha raggiunto un'altezza equivalente alla attuale quota 25 circa.

— casello ferroviario sulla sinistra del T. Arrone

In corrispondenza di uno scavo a quota 10 ÷ 12 m circa si osservano strati ghiaiosi e conglomerati passanti superiormente a sabbie con qualche intercalazione limo-argillosa, contenenti una fauna indicativa di ambiente neritico-litorale con *Pecten jacobaeus* (L.), *Donax truncu-*

lus (L.), *Loripes lacteus* (L.) e *Ostrea* sp. Questi livelli sono tagliati da una superficie d'erosione sulla quale poggiano orizzonti sabbioso-ghiaiosi a stratificazione incrociata, privi di macrofossili (fig. 27); i clasti più grossolani sono costituiti in prevalenza da prodotti vulcanici (scorie, lapilli, lave e pomici); caratteristici sono i numerosi livelli costituiti quasi esclusivamente da piccole pomici biancastre.

Nell'insieme sembra trattarsi di una successione regressiva neritico-deltizia. Le caratteristiche dei clasti inducono a ritenere che il sedimento possa essere correlato più o meno direttamente con fasi vulcaniche esplo-

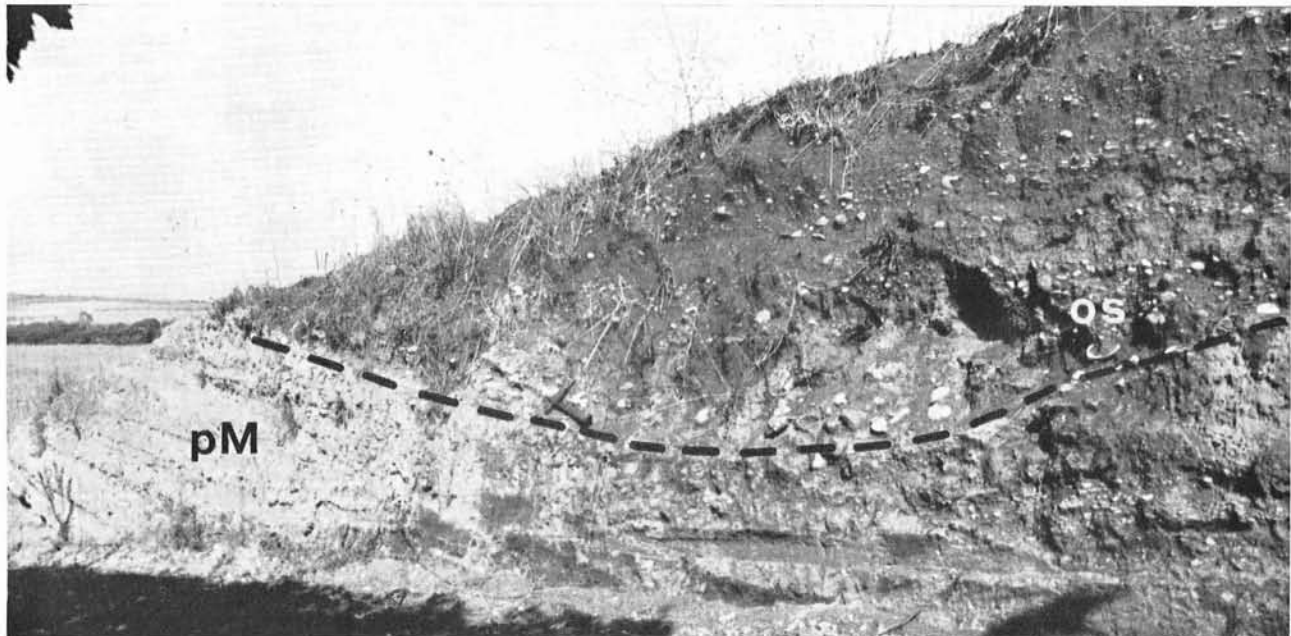


FIG. 26 - Orizzonte sabbioso a *Glycymeris* (os) appartenente al « Complesso Marino e Continentale Superiore » trasgressivo su strati correlabili con le « Piroclastiti e Tufiti di Montalto » (pM); sulla destra visibili alcuni grossi *Glycymeris*. Località: 400 m a SW della Cantoniera dell'Arrone (km 100 della S.S. Aurelia).

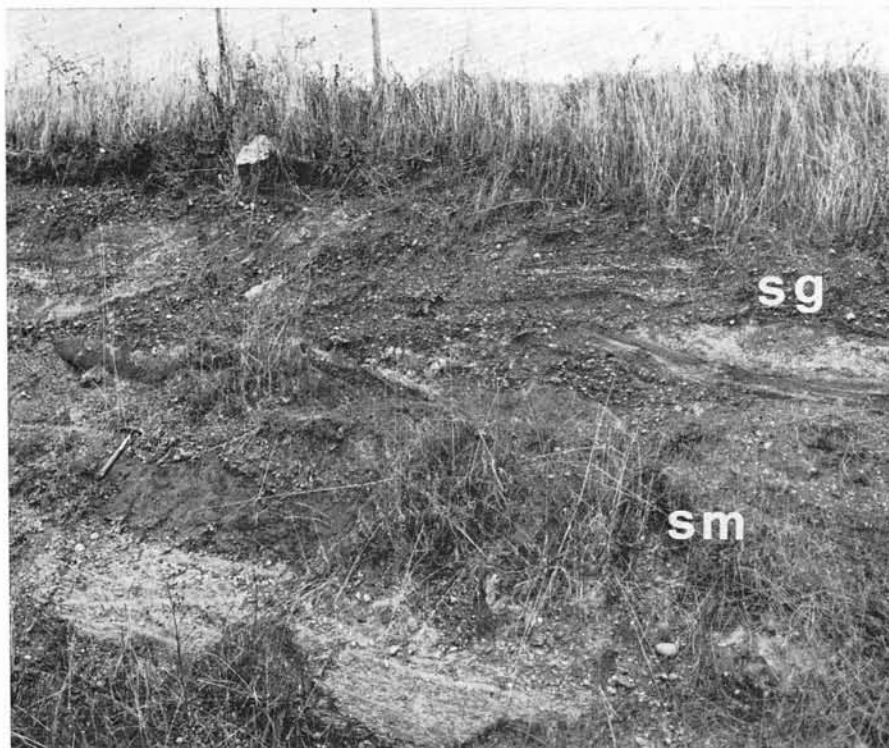


FIG. 27 - Sabbie e ghiaie ad elementi vulcanici (sg) clinostatificate, appartenenti al « Complesso Marino e Continentale Superiore », poggianti su strati ghiaioso-sabbiosi con fossili marini (sm) appartenenti allo stesso complesso. Località: immediate vicinanze del casello ferroviario sulla sinistra del T. Arrone.

sive che hanno fatto giungere i propri prodotti in aree prossime a quelle dell'affioramento. La presenza di numerosi clasti molto fragili (scorie ed in particolare pomici) tende infatti ad escludere sia un lungo trasporto ad opera delle acque correnti, sia la possibilità che si tratti di elementi esclusivamente asportati da orizzonti precedentemente deposti.

— sponda destra del T. Arrone in corrispondenza del casello ferroviario

In questa zona, ubicata di fronte all'affioramento precedentemente descritto sulla sponda opposta della valle dell'Arrone, mancano esposizioni di un qualche interesse. Il pendio è comunque chiaramente costituito da orizzonti in prevalenza sabbiosi contenenti una ricca fauna analoga a quella sopra descritta e, inoltre da *Cladocora coespitosa* (d'ORBIGNY), *Astraea rugosa* (L.), *Cerithium vulgatum* (BRUGUIERE), *Arcularia gibosula* (L.), *Calliostoma zizyphinum* (L.), *Dentalium novemcostatum* (LAM.), *Glycymeris violacescens* (LAM.), *Glycymeris bimaculata* (POLI), *Spisula subtruncata* (DA COSTA), *Cerastoderma edule* (L.), *Acanthocardia paucicostata* (SOWERBY), *Dosinia* sp., *Spondylus gaederopus* (L.) e *Barbatia barbata* (L.).

— scavi per la costruzione della centrale nucleare ENEL

Nella parte degli scavi posti in prossimità dell'entrata in cantiere è stata osservata una superficie d'erosione sub-orizzontale, sviluppata su un'area di parecchie centinaia di m², ad una quota circa di 12 m s.l.m. Questa

superficie taglia sia sedimenti correlabili con i « Limi e Sabbie di Rompicollo », sia sabbie clinostatificate che riempiono incisioni scavate in quei sedimenti. In corrispondenza di questa superficie sono stati rinvenuti alcuni *Cerastoderma*, rari grossi *Glycymeris*, resti di concrezioni algali e numerose *mud-balls* grigio-verdastre.

Nella parte settentrionale dell'affioramento la superficie è coperta da sabbie giallo-rossastre con lamine nerastre, con stratificazione incrociata interrotta talora da livelli orizzontali di piccoli ciottoli; nella parte meridionale la superficie è coperta da sedimenti sabbioso-limoso rossastri con ciottoli di ambiente verosimilmente alluvionale.

Sulla base degli scarsi elementi disponibili appare lecito ritenere che la superficie descritta sia dovuta all'abrasione verificatasi nel corso di una sia pur modesta ingressione marina, posteriormente alla sedimentazione delle sabbie, di incerta attribuzione, che colmano le depressioni incise nei « Limi e Sabbie di Rompicollo ».

Per quanto riguarda i terreni che coprono la superficie di abrasione, i dati disponibili non consentono per il momento una loro soddisfacente interpretazione. È comunque da segnalare che sedimenti analoghi, sabbioso-ciottolosi sono largamente diffusi in tutta la zona costiera, per una larghezza di 1÷2 km, a quote che di rado raggiungono i 25 m s.l.m.

— marina di Montalto

Immediatamente a valle della ferrovia Roma-Pisa, su una larghezza di circa 2 km, la *spianata* 3 (capitolo 4) è sviluppata a tetto di successioni sabbioso-ciottolose di

probabile origine alluvionale, male osservabili in alcuni affioramenti ubicati a quote di 10 ÷ 15 m s.l.m.

Una esauriente interpretazione stratigrafica dei diversi orizzonti descritti non è, al momento, proponibile, data la scarsità di dati sui rapporti stratigrafici esistenti fra gli orizzonti stessi e sulle caratteristiche genetiche di alcuni di essi. È tuttavia da evidenziare che tutti questi orizzonti presentano le seguenti caratteristiche:

— sono stratigraficamente compresi tra il « Complesso Continentale di C. Palombini » ed i sedimenti recenti della costa attuale (spiaggia, dune, ecc.);

— il loro appoggio è costituito da superfici di erosione che incidono profondamente la successione « Sabbie e Ghiaie Inferiori » - « Complesso Continentale di C. Palombini », asportandone una parte cospicua e giungendo ad interessare i « Limi e Sabbie di Rompicollo » (scavi per la centrale nucleare);

— le quote di affioramento raggiungono al massimo i 25 m s.l.m.

L'insieme di questi elementi induce a ritenere che un considerevole hiatus separi la sedimentazione della successione sopra indicata dalla sedimentazione del complesso in esame.

Per quanto riguarda gli eventi geologici che hanno presieduto alla genesi dei diversi orizzonti di questo complesso, gli unici elementi che attualmente risultano ragionevolmente certi sono costituiti dalle due fasi trasgressive testimoniate dagli orizzonti sabbiosi a *Glycymeris* a quota 25 circa (strada per Riva dei Tarquini) e dalla superficie di abrasione a quota 12 m circa (scavi per la centrale nucleare).

4. MORFOSTRATIGRAFIA

Con questo termine, usato nel senso di CARRARO & FERRARINO (1981), si intende la ricostruzione dell'evoluzione morfologica effettuata tenendo in particolare conto l'aspetto cronologico.

Ad un esame morfologico generale tutta l'area esaminata si presenta costituita da un'ampio tavolato debolmente inclinato verso il mare e inciso da valli più o meno pronunciate. Ad un esame più dettagliato in questo tavolato si possono però distinguere alcune dif-

ferenti superfici pianeggianti o debolmente inclinate, variamente sospese le une rispetto alle altre (fig. 28).

Le spianate individuate sono quelle sotto indicate.

SPIANATA 1

È conservata per estensioni molto limitate nella parte nord-occidentale dell'area esaminata (fig. 28) e, in particolare fra le quote 50 e 110 m s.l.m. circa sulla sinistra del Fosso del Tafone (fig. 29). Altri lembi della stessa superficie sono osservabili, pur se con maggior difficoltà, a quote più o meno corrispondenti a quelle indicate, fra il Fosso del Tafoncino ed il Fosso della Percossa e, nel settore orientale dell'area esaminata, al di sopra di 65 m s.l.m. in località Campomorto (strada Montalto-Tuscania).

Tutte queste superfici sono caratterizzate da una marcata planarità (in parte alterata dai deboli ritocchi erosivi) e da una pendenza mediamente rivolta verso SW, con inclinazione dell'ordine, al massimo, dell'1 %. Un'altra caratteristica comune è rappresentata dal fatto che si tratta di superfici sempre modellate sulle « Sabbie e Ghiaie Silicee di Mandria Polidori »; ove sono possibili osservazioni sufficientemente dettagliate risulta inoltre chiaro che essa costituisce una superficie di erosione che ha decorticato un suolo molto evoluto, menzionato nella descrizione di quella unità lito-stratigrafica.

L'assetto geometrico e la distribuzione areale delle superfici descritte indicano chiaramente che esse costituiscono residui di una unica spianata che doveva originariamente estendersi su buona parte dell'area considerata.

SPIANATA 2

È osservabile su ampie estensioni in sinistra del Fio-
ra e, in particolare, a Nord della S.S. Aurelia fra le quote 35 e 55 circa (fig. 28), ed è caratterizzata ovunque da una discreta planarità, con inclinazione dell'ordine dello 0,7 %, mediamente rivolta verso SW. Questa spianata è ovunque sviluppata a tetto della successione che termina con il « Complesso Continentale di C. Palombini »; i livelli stratigraficamente più alti, conservati immediatamente al disotto della spianata stessa, sono costituiti dagli orizzonti pedogenetici rossastri già menzionati (pag. 118).



FIG. 29 - La spianata 1 debolmente inclinata verso SW (destra nella foto); sulla sinistra la superficie è troncata e sospesa su superfici più recenti. Località: Mandria Polidori.

Dalle osservazioni finora eseguite risulta che la genesi della spianata è strettamente connessa con gli eventi geologici che hanno accompagnato e seguito la sedimentazione della unità sopra indicata e del sottostante « Complesso Fluvio-lacustre a Vulcaniti Rimaneggiate ».

Questi eventi possono essere così sintetizzati:

a) sedimentazione del « Complesso Fluvio-lacustre a Vulcaniti Rimaneggiate »;

b) sviluppo di una superficie di erosione, scolpita in quella unità, blandamente ondulata, ma con solchi anche piuttosto accentuati;

c) sepoltura di questa superficie ad opera del « Complesso Continentale di C. Palombini »;

d) sviluppo di una pedogenesi che ha portato alla formazione dei suoli 5 YR 4/4.

In conclusione la *spianata 2* è interpretabile come una superficie di erosione continentale (fluviale ed eolica) la cui planarità è essenzialmente condizionata dall'andamento pianeggiante del tetto stratigrafico del « Complesso Continentale di C. Palombini » entro il quale essa è tagliata.

La paleo-superficie è distintamente incassata nella *spianata 1*; l'elemento morfologico di separazione è costituito da un modesto declivio, sviluppato fra i 65 ed i 55 m di quota, osservabile lungo la strada Montalto-Tuscania fra il km 3 e il km 4. La differenza, peraltro

minima, fra le inclinazioni delle due spianate (dell'ordine dell'1 % per la *spianata 1* e di pochi per mille per la *spianata 2*) determina un rapporto di « convergenza » (*sensu* CASTIGLIONI, 1979), visivamente quasi inapprezzabile.

Lembi di una paleo-superficie correlabile con la *spianata 2* sulla base di vari elementi (interpolabilità geometrica, rapporti con la *spianata 1*, analogie nelle relative pedogenesi) sono stati identificati anche sulla destra del Fiora, ed in particolare nell'alta Valle del Tafone (fig. 30). Questi lembi differiscono tuttavia da quelli esistenti sulla sinistra dello stesso Fiora per l'inclinazione più elevata, che può raggiungere valori dell'ordine del 5 %.

Sulla destra del Fiora la *spianata 2* non è conservata. Sono invece largamente sviluppate paleo-superfici geometricamente analoghe, sviluppate a quote comprese fra i 25 ed i 40 m circa (figg. 31 e 32). Queste superfici, indicate come *2a* in fig. 28, differiscono dalla *spianata 2*, oltre che per le quote mediamente più basse, anche per l'assenza, al disotto di esse, del « Complesso Continentale di C. Palombini » e, di conseguenza, per il fatto di essere sviluppate sulla unità sottostante (« Complesso Fluvio-lacustre e Vulcaniti Rimaneggiate »). Anch'esse, comunque, risultano incassate entro la *spianata 1*; l'elemento morfologico di separazione è rappresentato da un debole declivio di regola appena percettibile, sviluppato fra le quote 50 e 40 circa.



FIG. 30 - La spianata 2 sulla destra del T. Tafone, vista dal km 6 della Strada Provinciale del Fiora.



FIG. 31 - La spianata 2a nella zona di Pescia Romana vista dalla località Due Pini.

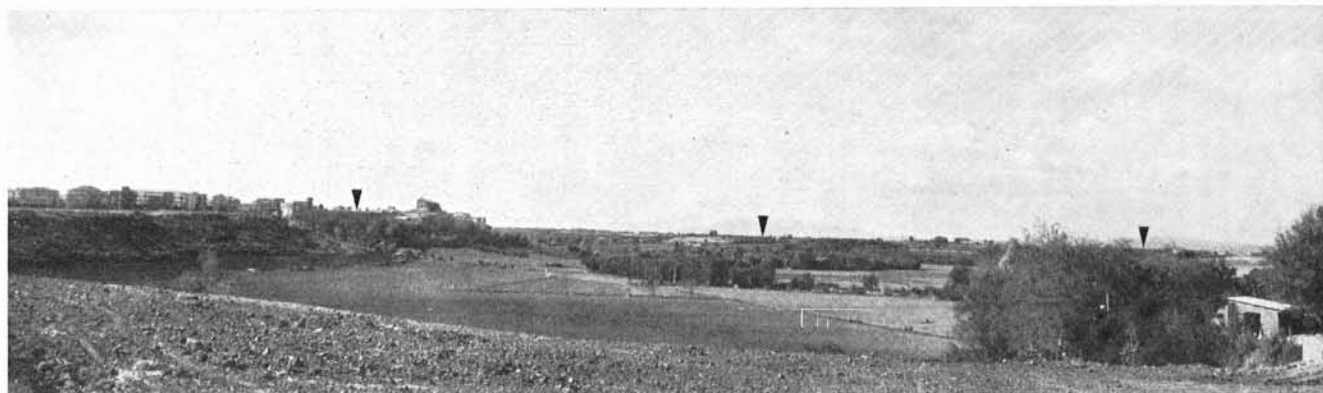


FIG. 32 - La spianata 2a sulle due sponde del Fiora nella zona di Montaldo di Castro (abitato sulla sinistra della foto).

Nel loro insieme queste spianate sono interpretabili come estesi lembi di antiche superfici di erosione che hanno ritoccato l'originaria *spianata 2* asportando completamente parte degli orizzonti che originariamente la costituivano. Sulla base delle conoscenze acquisite appare verosimile che questi ritocchi si siano prodotti poco dopo il completamento di quella spianata e, di regola, anteriormente alla fase erosiva che ha condizionato l'incassamento della *spianata 3* (vedi sotto) nella stessa *spianata 2*. Non si può, però, del tutto escludere che, nelle zone più prossime alla costa attuale, l'elaborazione delle *spianate 2a* si sia protratta fino all'intervallo cronologico in cui si è depositato il « Complesso Marino e Continentale Superiore ».

SPIANATA 3

È osservabile sulla sinistra dell'Arrone, a valle della S.S. Aurelia, ove si presenta come una superficie pianeggiante, debolmente inclinata verso SW.

Alla sua estremità NE, a quota 25 circa, questa superficie è sviluppata a tetto dell'orizzonte sabbioso a *Glycymeris*, descritto a proposito del « Complesso Marino e Continentale Superiore », e termina contro un debole declivio compreso fra le quote 25 e 33 circa, al disopra del quale si estende la *spianata 2*. Verso SW la spianata è sviluppata sulle sabbie rossastre menzionate a proposito dello stesso complesso e termina a quota 5 circa con un ripido pendio, ai piedi del quale si estende la fascia delle dune e della spiaggia attuale.

Le conoscenze finora acquisite non consentono di precisare la successione degli eventi geologici che hanno dato origine alla paleo-superficie descritta. Non è chiaro, in particolare, se essa corrisponda ad un evento unico connesso con la regressione seguita alla sedimentazione degli strati a *Glycymeris* (linea di costa di quota 25, (pag. 120), o se si tratti invece di una superficie poligenica il cui ultimo ritocco è correlabile con la sedimentazione delle sabbie rossastre.

Un altro lembo di una paleo-superficie, verosimilmente correlabile con la *spianata 3* è osservabile, sia pure con qualche difficoltà, nella zona di Marina di Montalto ove è sviluppata a tetto di orizzonti alluvionali

del « Complesso Marino e Continentale Superiore » (pag. 122).

5. ELEMENTI CRONO-STRATIGRAFICI

Nell'ambito di tutta la zona esaminata i dati relativi all'età delle unità lito- e morfo-stratigrafiche individuate sono decisamente scarsi. Le faune determinate, fatta eccezione per quelle delle « Argille di Fontanile Secco », non hanno infatti alcuna rilevanza sotto il profilo cronologico; mancano, d'altra parte, determinazioni radiometriche su livelli appartenenti alle unità sopra definite.

Esistono tuttavia alcuni elementi di giudizio che permettono di elaborare uno schema crono-stratigrafico soddisfacente. Questi elementi sono quelli sotto indicati:

a) nell'ambito della serie stratigrafica ricostruita si possono individuare due successioni sensibilmente diverse per quanto riguarda il contenuto in minerali di origine vulcanica: una parte inferiore (dalle « Sabbie e Ghiaie Silicee di Mandria Polidori » alle « Calcareniti, Ghiaie e Sabbie di Montalto ») contenenti rari elementi vulcanici di dubbia provenienza, ed una successione superiore (dalle « Vulcaniti della Valle del Fiora » al « Complesso Marino e Continentale Superiore ») caratterizzato dall'abbondanza di elementi la cui genesi non può essere connessa che con apparati vulcanici ubicati nelle immediate vicinanze dell'area considerata. Tenendo conto della distribuzione areale degli apparati vulcanici nella regione appare ragionevole l'ipotesi che solo la successione superiore sia direttamente alimentata dagli apparati vulsini, ed in particolare da quello di Latera.

b) L'attività dell'apparato di Latera si è manifestata essenzialmente nell'intervallo cronologico compreso fra 650 000 e 40 000 anni d.P. (NICOLETTI & alii, 1979; NAPPI, 1969). Per quanto riguarda il limite superiore di questo intervallo è da osservare che esso deriva dalla datazione di una manifestazione vulcanica a carattere locale (colata lavica entro l'abitato di S. Lorenzo Nuovo) che ben difficilmente può aver spinto i suoi prodotti fino alla zona considerata nel presente lavoro. La manifestazione più recente per la quale è ammissibile

questa possibilità è, verosimilmente (NAPPI G., com. pers.), quella che ha dato origine alla « vulcanite complessa di Pitigliano » datata a 120 000 anni circa (NICOLETTI & alii, 1979).

c) La pedogenesi sviluppata sulle « Sabbie e Ghiaie Silicee di Mandria Polidori » è la più evoluta fra quelle riconosciute nella zona. Anche in assenza di un preciso riferimento cronologico questo fatto indica che si tratta di un fenomeno prodottosi in età considerevolmente più antica di quella corrispondente alla pedogenesi riconosciuta nella zona di Casale Palombini.

d) I dati disponibili (BLANC A. C., 1958; CONTI M. A., com. pers.) indicano l'esistenza di uno o più livelli con *Strombus bubonius* nell'area immediatamente a SE della zona considerata nel presente lavoro. Tutti questi livelli (c.d. « tirreniani ») sono caratterizzati dal fatto di essere più o meno profondamente incassati in orizzonti più antichi, a quote sempre inferiori ai 25 m s.l.m.

e) Nell'area Riano Flaminio-Palidoro è stata riconosciuta una importante superficie di erosione che costituisce l'appoggio degli strati a *Strombus bubonius* e che è datata ad oltre 200 000 anni d.P. (BONADONNA & BIGAZZI 1969; AMBROSETTI & alii, 1969).

f) In almeno uno degli affioramenti del « Complesso Marino e Continentale Superiore » (casello ferroviario sulla sinistra dell'Arrone), i sedimenti marini sono sormontati da strati continentali contenenti abbondanti elementi vulcanici scarsamente trasportati (pag. 121). Questa circostanza indicherebbe che l'età di questi terreni non può essere più recente di quella dell'ultima manifestazione vulcanica in grado di far giungere i propri prodotti fino all'area dell'affioramento o le sue immediate vicinanze (120 000 anni circa, vedi punto b).

g) Le faune identificate negli strati marini del « Complesso Marino e Continentale Superiore » affioranti sulle due sponde dell'Arrone in corrispondenza della linea ferroviaria, hanno forti analogie con quelle che normalmente accompagnano lo *Strombus bubonius* e gli altri « ospiti senegalesi » negli orizzonti c. d. « tirreniani ».

Sulla base degli elementi sopra riportati appare lecito attribuire alle unità lito-stratigrafiche precedentemente descritte le età sotto indicate:

« Sabbie e Ghiaie Silicee di Mandria Polidori »

Più recente del Pliocene medio-superiore e più antica sia dei primi prodotti vulcanici vulsini giunti nell'area considerata, sia della pedogenesi che interessa l'unità.

Età: Pliocene superiore-Pleistocene inferiore (più antica di 500 000 ÷ 600 000 anni d.P.).

« Argille di Fontanile Secco »

Pleistocenica inferiore sulla base del contenuto faunistico: più antica dei primi prodotti vulcanici vulsini presenti nell'area considerata.

Età: Pleistocene inferiore (più antica di 650 000 anni d.P.).

« Calcareniti, Conglomerati e Sabbie di Montalto »

Età: idem come sopra.

Successione dal « Complesso Vulcanitico della Valle del Fiora » al « Complesso Continentale di C. Palombini »

Più recente dei primi prodotti vulcanici vulsini giunti nell'area considerata e più antica della superficie d'erosione sulla quale poggiano gli orizzonti basali del « Complesso Marino e Continentale Superiore »; tenuto conto della sua estensione e della sua importanza questa superficie può essere correlata con la superficie d'erosione identificata nella zona di Riano Flaminio-Palidoro.

Età: Pleistocene medio (compresa nell'intervallo 650 000-200 000 anni d.P.).

« Complesso Marino e Continentale Superiore »

Più recente della superficie d'erosione di cui sopra (almeno 200 000 anni d.P.). Gli strati affioranti nelle prime tre sezioni descritte per il « Complesso Marino e Continentale Superiore » sono più antichi della più recente fra le manifestazioni vulcaniche che hanno interessato con i loro prodotti l'area considerata. Questo riferimento, integrato da quanto sopra indicato ai punti d) e g), induce a correlare il ciclo (o i cicli) marino(i) relativo(i) con l'insieme di quelli noti nell'area mediterranea con il termine di « tirreniani ». Sulla base dei rapporti di giacitura con le unità litostratigrafiche sottostanti e tenuto conto anche delle quote di affioramento, analoga correlazione può essere proposta anche per le altre sezioni descritte per il complesso sopra indicato.

Età: Pleistocene superiore (compresa nell'intervallo 200 000 ÷ 120 000 anni d.P.).

Per quanto riguarda le spianate descritte al capitolo 4, appare lecito proporre le attribuzioni cronologiche sotto indicate:

Spianata 1

Più recente della pedogenesi sviluppata sulle « Sabbie e Ghiaie Silicee di Mandria Polidori » e più antica del primo arrivo di materiali vulcanici vulsini.

Età: Pleistocene inferiore-medio (parte basale dell'intervallo, 650 000 ÷ 200 000 anni d.P.).

Spianata 2

Sviluppata e tetto della successione compresa fra il « Complesso Vulcanitico della Valle del Fiora » ed il « Complesso di C. Palombini »; più antica della superficie d'erosione (età almeno 200 000 d.P.) che costituisce l'appoggio del « Complesso Marino e Continentale Superiore ».

Età: *Pleistocene medio* (parte sommitale dell'intervallo, 650 000 ÷ 200 000 anni d.P.).

Spianate 2a

Più recenti della *spianata 2* e non più recenti della *spianata 3*.

Età: *Pleistocene superiore*.

Spianata 3

Posteriore almeno ai più antichi fra gli orizzonti del « Complesso Marino e Continentale Superiore ».

Età: *Pleistocene superiore* (più recente di 200 000 anni d.P.).

6. TETTONICA

Sotto il profilo tettonico l'area considerata può essere suddivisa in due zone sensibilmente diverse, corrispondenti rispettivamente alla zona delimitata dalla spezzata indicata al capitolo 1 (Valle del Fiora e fascia costiera) ed all'alta valle del T. Tafone.

Valle del Fiora e fascia costiera

Nell'ambito di questa zona le « Sabbie e Ghiaie Silicee di Mandria Polidori » presentano, nelle sezioni osservate, giacitura sub-orizzontale non visibilmente interessata da faglie e altre dislocazioni tettoniche. È però da osservare che queste sezioni sono in numero estremamente limitato e non possono pertanto fornire informazioni significative sull'assetto della unità nel suo insieme.

Le « Argille di Fontanile Secco » sono interessate da dislocazioni (faglie di piccolo rigetto) in corrispondenza della località-tipo, ove è osservabile uno dei pochissimi affioramenti esistenti. In questo affioramento le dislocazioni sembrano non interessare le soprastanti « Calcareniti, Ghiaie e Sabbie di Montalto ».

Quest'ultima unità lito-stratigrafica e tutte le altre unità successive, descritte al capitolo 3, presentano ovunque strati continui e sub-orizzontali. Solo localmente si possono osservare giaciture a debole inclinazione dovuta

alla configurazione della superficie di appoggio (ad esempio nel caso di orizzonti trasgressivi) o alle caratteristiche della dinamica deposizionale (ad esempio nel caso di sedimentazione alluvionale o eolica) ⁽⁸⁾.

La giacitura sub-orizzontale degli strati che costituiscono le unità litostratigrafiche più recenti delle « Argille di Fontanile Secco » può essere verificata anche su estensioni molto maggiori di quelle dei singoli affioramenti. A titolo esemplificativo si può segnalare che la pendenza media degli orizzonti delle « Calcareniti, Ghiaie e Sabbie di Montalto », calcolata sulla base delle quote di affioramento dedotte dalle tavolette IGM, raggiunge valori massimi sempre inferiori all'1 % e quindi compatibili con una giacitura primaria di sedimenti di ambiente costiero.

L'assenza di deformazioni in tutte le unità lito-stratigrafiche della successione in esame è avvalorata anche dalla generale scarsità di semplici fratture; queste sono osservabili solo localmente, ad esempio in alcuni strati vulcanitici sul versante sinistro della Valle del Fiora (1 km circa a monte di Montalto) ed in corrispondenza dello svincolo in costruzione in località Due Pini (km 114 della S.S. Aurelia).

Oltre a queste fratture, peraltro non necessariamente di origine tettonica, un elemento che può costituire un indizio, anche se molto labile, di una dislocazione per faglia è stato osservato in corrispondenza di un affioramento ubicato circa 1,5 km a ENE di Montalto di Castro (300 m circa a SE di Fontanile Secco). In questo affioramento, in cattive condizioni di esposizione, è stato osservato un brusco contatto laterale tra strati litologicamente diversi, stratigraficamente appartenenti alle « Sabbie e Ghiaie Inferiori » o a livelli ad esse immediatamente soprastanti.

Nella stessa zona, in corrispondenza di uno scavo recentemente eseguito poche decine di metri più a WNW, è stata osservata anche una faglia a debolissimo rigetto in orizzonti tuftici soprastanti all'unità indicata (fig. 33).

⁽⁸⁾ Esempi di clinostratificazione sono quelli delle figg. 4, 13, 19, 21, 27, 34.



FIG. 33 - Piccola faglia (direzione N-75W) in orizzonti tuftici. Località: Fontanile Secco.

Le osservazioni eseguite nella zona circostante inducono però a ritenere che non si tratti di un movimento di origine tettonica, ma di uno scorrimento lungo una superficie di frattura preesistente, dovuto a sollecitazioni gravitative che hanno agito sul versante. Questa interpretazione è avvalorata dal fatto che, nel versante estendentesi al piede degli strati tufitici « fagliati », lo scavo eseguito ha messo in evidenza un importante movimento franoso a carattere rotazionale (fig. 34) i cui effetti morfologici sono ormai del tutto cancellati.

Gli elementi sopra riportati testimoniano chiaramente l'assenza di sensibili deformazioni tettoniche posteriori a quelle che hanno interessato le « Argille di Fontanile Secco » prima dell'ingressione delle « Calcareniti, Ghiaie e Sabbie di Montalto », vale a dire in tutto l'intervallo di tempo corrispondente almeno al Pleistocene medio e superiore.

A conclusioni del tutto analoghe si può giungere prendendo in considerazione le caratteristiche delle paleosuperfici descritte al paragrafo 4, realizzatesi entro lo stesso intervallo cronologico. In queste superfici, infatti, non sono mai state individuate discontinuità geometriche che possano in qualche modo essere imputate a movimenti lungo faglie, verificatisi in età posteriore all'ultimo significativo rimodellamento delle superfici stesse.

Questa affermazione vale, ovviamente, entro i limiti di attendibilità del tipo di studi effettuati (osservazioni di campagna e studio di fotografie aeree): a questi studi possono infatti sfuggire gli effetti morfologici di eventuali faglie il cui rigetto (posteriore alla genesi delle superfici che ne sono interessate) sia dell'ordine al massimo, di pochissimi metri. Questi effetti potrebbero infatti essere obliterati da deboli ritocchi erosivi sulle paleosuperfici, l'esistenza dei quali non può essere totalmente negata a priori ⁽⁹⁾.

La sostanziale assenza, nell'ambito della zona in esame di sensibili deformazioni tettoniche nell'intervallo di tempo sopra indicato è, d'altra parte, in accordo con l'assetto generale delle paleosuperfici stesse. La loro geometria ed i reciproci rapporti di giacitura risultano infatti largamente incompatibili con sensibili movimenti tettonici, in particolare a carattere disgiuntivo.

Volendo comunque imputare a cause tettoniche l'unico elemento di un qualche rilievo, quale è la « convergenza » tra la *spianata 1* e quelle più recenti in essa incassate (pag. 125), si potrebbe tutt'al più ipotizzare per questa spianata un leggero basculamento (inferiore all'uno per cento) verificatosi anteriormente alla genesi delle altre paleosuperfici. È peraltro da osservare che una simile ipotesi è accettabile solo se si trascura ogni influenza delle caratteristiche climatiche sulla pendenza originaria delle paleosuperfici.

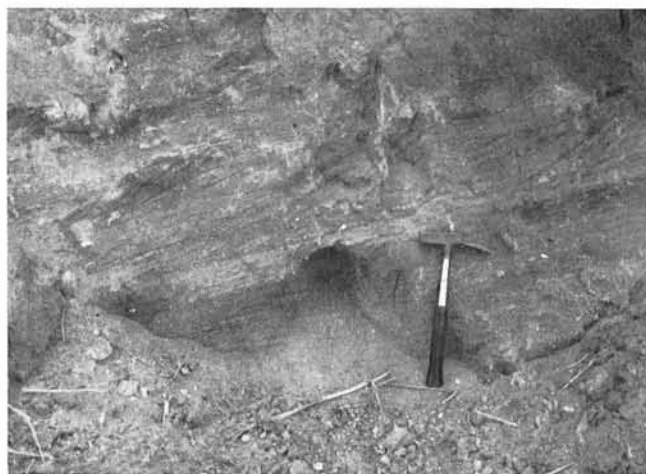


Fig. 34 - Sabbie con lamine, appartenenti alle « Sabbie e Ghiaie Inferiori » con stratificazione immergente mediamente verso NE (sinistra nella foto); tale assetto si è determinato a seguito di un movimento rotazionale che ha interessato il versante. Località: Fontanile Secco al disotto della sezione di fig. 33.

Alta Valle del Tafone

In questa zona la tettonica quaternaria ha giocato un ruolo sensibilmente diverso da quello svolto nella bassa Valle del Fiora e nella fascia costiera. Nell'alta valle del T. Tafone sono infatti chiaramente interessati da deformazioni tettoniche sedimenti (« Ghiaie e Tufiti del Tafone ») sensibilmente più recenti delle « Argille di Fontanile Secco ».

Le deformazioni osservate sono costituite da faglie osservabili in tre affioramenti lungo la strada per Manciano. In corrispondenza di due di questi affioramenti le faglie hanno direzione NW-SE, inclinazione verso NE, e danno origine a contatti tettonici fra strati tufitici e ghiaiosi; nell'affioramento più nord-occidentale (a SW di Podere S. Matilde) la faglia risulta inversa (fig. 35) con rigetto dell'ordine del metro: nell'altro affioramento rigetto e tipo della faglia non sono precisabili. Nel terzo affioramento la faglia è quasi verticale con direzione all'incirca NNE-SSW ⁽¹⁰⁾.

Oltre che da queste faglie gli strati delle « Ghiaie e Tufiti del Tafone » sono interessati anche da basculamenti, verificatisi nell'intervallo di tempo nel quale è avvenuta la sedimentazione di queste unità, in conseguenza dei quali si sono originate le discordanze angolari segnalate da CASTALDINI & *alii* (1980).

Un altro elemento riconducibile, sia pure in forma dubitativa, a basculamenti tettonici è costituito dalla sensibile inclinazione dei lembi della *spianata 2* identificati nella zona in esame. Il valore di questa inclinazione (fino al 5 %, vedi pag. 125) alquanto più elevato di quelli mediamente osservati per la stessa paleosuperficie nella bassa Valle del Fiora, potrebbe indurre ad ipotizzare un sollevamento differenziale della zona,

⁽¹⁰⁾ Per l'ubicazione di queste faglie vedi CASTALDINI & *alii* (1980).

⁽⁹⁾ Le faglie a debolissimo rigetto eventualmente sfuggite alle indagini svolte, potrebbero essere ricercate fra i « lineamenti » individuati nell'ambito dello studio morfologico eseguito per l'elaborazione della Carta Neotettonica relativa al Foglio IGM n. 136 (BARTOLINI & *alii*, 1980).



FIG. 35 - Faglia inversa (direzione N-25W) che interessa le « Ghiaie e Tufiti del Tafone ». Località: strada per Manciano a SW di Podere S. Matilde.

con massimo in corrispondenza della dorsale di M. Belino, verificatosi posteriormente alla sedimentazione delle « Ghiaie e Tufiti del Tafone ».

7. EVOLUZIONE GEOLOGICA

Gli elementi di ordine stratigrafico, morfologico e strutturale sintetizzati ai precedenti capitoli (vedi anche fig. 1) permettono di ricostruire la successione dei principali eventi che hanno determinato, nel Pleistocene, l'evoluzione geologica dell'area considerata. Questa ricostruzione appare opportuna anche per evidenziare gli elementi di maggiore interesse generale contenuti nel lungo elenco delle unità litostratigrafiche riportato al capitolo 3.

Prescindendo dalle « Sabbie e Ghiaie Silicee di Mandria Polidori » imputabili ad un importante episodio sedimentario la cui genesi potrebbe essere accertata solo sulla base di conoscenze relative ad aree più estese di quella considerata, il primo evento geologico rilevante, rappresentato nella serie stratigrafica pleistocenica, è quello che ha portato alla sedimentazione delle « Argille di Fontanile Secco ». Questa sedimentazione si è imposta, molto verosimilmente, a seguito di una importante trasgressione che ha interessato terreni precedentemente deformati e dislocati (di età miocenica e pliocenica) su un'area molto più vasta di quella nella quale le argille sono attualmente osservabili; questa valutazione è avvalorata dalla facies dei depositi della località-tipo, indicativa di un ambiente ancora lontano dalla costa.

La sedimentazione delle « Argille di Fontanile Secco » è stata seguita da una fase tettonica che ha dislocato questi terreni, seguita dallo sviluppo della superficie d'erosione a tetto delle stesse argille.

L'insieme degli eventi geologici così delineati (trasgressione - sedimentazione - fase tettonica - erosione) non può essere ulteriormente precisato. I dati disponibili non sono sufficienti, in particolare, ad accertare se la sedimentazione delle « Argille di Fontanile Secco » sia stata o meno influenzata da fenomeni tettonici (subsidenza).

A questa regressione hanno fatto seguito altre due trasgressioni (corrispondenti rispettivamente alle « Calcareni, Ghiaie e Sabbie di Montalto » ed alle « Sabbie e Ghiaie Inferiori »), separate da una regressione alla quale è seguita l'impostazione della superficie d'erosione che separa le due unità lito-stratigrafiche. Sotto un profilo più strettamente sedimentologico un altro evento, che in qualche modo separa le due trasgressioni, è rappresentato dall'arrivo di abbondanti materiali di provenienza vulcanica, ben rappresentati nelle « Sabbie e Ghiaie Inferiori » e molto scarsi nelle « Calcareni, Ghiaie e Sabbie di Montalto ».

Le due trasgressioni hanno interessato le « Argille di Fontanile Secco » e, verosimilmente, anche terreni del substrato prequaternario precedentemente dislocati. Le linee di costa ⁽¹¹⁾ corrispondenti dovevano svilupparsi, molto grosso modo, in corrispondenza della congiungente le località Uliveto e Ponton Galeotti, ad una

⁽¹¹⁾ Questo termine viene qui utilizzato nel senso di linea corrispondente al massimo livello raggiunto dal mare nel corso di un determinato episodio trasgressivo.

quota non superiore a quella corrispondente agli attuali 30 m s.l.m. (fig. 28). Questa ipotesi è fondata, oltre che sulla distribuzione attuale degli affioramenti, anche sulla presenza, poco a Nord, di sedimenti più antichi (« Sabbie e Ghiaie Silicee di Mandria Polidori »), ad una quota tale che riesce difficile ammettere possa essere stata superata dalle trasgressioni relative alle due unità in esame. Per ammettere che queste trasgressioni abbiano raggiunto quote più elevate sarebbe necessario ipotizzare un movimento tettonico differenziale che abbia successivamente sollevato la zona a monte. Questo sollevamento oltre che privo di specifici riscontri sul terreno è anche in contrasto con gli elementi tettonici riportati al capitolo 5.

Nell'ambito dell'intervallo cronologico al quale si riferisce la parte dell'evoluzione geologica fino a qui delineata devono essere collocati anche altri importanti eventi sedimentari ed erosivi i cui effetti, già descritti ai capitoli 3 e 4, sono attualmente osservabili solo nella parte settentrionale dell'area esaminata. Questi eventi sono rappresentati dalla pedogenesi sviluppata sulle « Sabbie e Ghiaie Silicee di Mandria Polidori », dalla fase erosiva che ha dato origine alla *spianata 1*, nonché dalla messa in posto di almeno una parte del « Complesso Vulcanitico della Valle del Fiora » e dalla sedimentazione delle « Alluvioni del Tafone ». I dati resi disponibili dallo studio eseguito non sono sufficienti a collocare questi eventi in un preciso e dettagliato schema evolutivo. Si può soltanto affermare che, ad uno stadio dell'evoluzione precedente alla messa in posto del « Complesso Vulcanitico della Valle del Fiora », gran parte dell'area considerata doveva presentarsi come un grande *glacis* (*spianata 1*) raccordantesi verso Nord ai rilievi dei Monti Romani e debolmente inclinato (1 % al massimo) verso S e SW.

La fase di sedimentazione iniziata con la trasgressione delle « Sabbie e Ghiaie Inferiori » è proseguita con il deposito dei « Limi e Sabbie di S. Agostino », caratterizzato da un apporto sensibile in materiali di origine vulcanica, testimoniato dalle intercalazioni tuffiche esistenti in questa unità.

Al livello cronologico corrispondente alla parte medio-superiore dei « Limi e Sabbie di S. Antonio », tutta la parte meridionale dell'area considerata doveva essere occupata da un bacino di sedimentazione le cui caratteristiche marine andavano progressivamente attenuandosi verso N, dove si sedimentavano i limi verdastri con rari *Cerastoderma* sp. Come già indicato al paragrafo 3, il bordo di questo bacino doveva passare, all'incirca, per la zona del km 1 della Strada Provinciale del Fiora, alquanto più a S della linea di costa ipotizzabile per le « Sabbie e Ghiaie Inferiori ». La quota di questo bordo doveva corrispondere all'incirca agli attuali 25 m s.l.m. (fig. 28).

Con la fine della sedimentazione dei « Limi e Sabbie di S. Agostino » si verifica l'emersione di buona parte dell'area interessata da questa sedimentazione ed il conseguente sviluppo della pedogenesi individuata a tetto dell'unità stessa.

Il successivo ciclo marino è testimoniato dalla trasgressione delle « Sabbie e Ghiaie Superiori » la sedimentazione delle quali si chiude con facies spesso continentali rappresentate da orizzonti sabbiosi, talora con fossili dolcicoli. L'esistenza di questi orizzonti in parecchi degli affioramenti osservabili induce a ritenere che l'attuale distribuzione areale dei sedimenti marini dell'unità indicata non sia sostanzialmente diversa da quella originaria.

Sulla base di questa considerazione e della ubicazione attuale delle « Sabbie e Ghiaie Superiori » si può indicare per la linea di costa corrispondente uno sviluppo grosso modo coincidente con l'allineamento Nuovo Borgo (a N di Pescia Romana) - Montalto di Castro, ad una quota di poco inferiore a quella indicata per il bordo del bacino di sedimentazione dei « Limi e Sabbie di S. Agostino » (fig. 28).

Sull'area emersa alla fine del ciclo sedimentario così definito, si instaurava successivamente un bacino costiero nel quale si depositavano le « Marne a *Cerastoderma* »; questo bacino doveva essere delimitato almeno verso SE da un probabile cordone litorale caratterizzato dalla sedimentazione delle « Sabbie Pomicee ». La successiva sedimentazione delle « Sabbie Nere a *Glycymeris* » è probabilmente imputabile ad un ulteriore, e più deciso, innalzamento del livello relativo del mare.

Le linee di costa relative a questi episodi sedimentari non sono chiaramente definibili; la estensione attuale degli affioramenti può essere infatti anche sensibilmente inferiore a quella originaria, in conseguenza dei fenomeni erosivi verificatisi posteriormente alla regressione che chiude il ciclo marino descritto. Riesce comunque difficile ammettere che queste linee di costa possano aver superato quella relativa ai « Limi e Sabbie di S. Agostino ».

Il successivo stadio dell'evoluzione geologica è caratterizzato da un brusco aumento dell'attività vulcanica dell'apparato di Latera, che ha investito con i suoi prodotti la maggior parte dell'area considerata, alimentando la sedimentazione delle « Piroclastiti e Tufiti di Montalto ». La forte attività vulcanica deve essersi protratta anche posteriormente alla sedimentazione di questa unità litostratigrafica. L'unità successiva (« Complesso Fluvio-lacustre a Vulcaniti Rimaneggiate ») è infatti ancora costituita in assoluta prevalenza da materiali di origine vulcanica, depositi in ambiente continentale.

La continuità temporale del dominio continentale sulla maggior parte dell'area considerata, nell'intervallo cronologico nel quale ricadono le due unità lito-stratigrafiche citate, è stata interrotta da una limitata ingressione testimoniata dai « Limi e Sabbie di Rompicollo ». La linea di costa corrispondente doveva svilupparsi un paio di km a NW della costa attuale, ad una quota di poco inferiore a quella corrispondente agli attuali 25 m s.l.m.

I successivi eventi geologici sono rappresentati da una fase erosiva che ha inciso blandamente gli strati del « Complesso Fluvio-lacustre a Vulcaniti Rimaneggiate ».

giate » e da uno o più episodi sedimentari nel corso dei quali si è deposto il « Complesso Continentale di C. Palombini ». Nel corso della successiva fase di esposizione sub-aerea, privo di episodi sedimentari di rilievo, questo complesso è stato interessato dalla pedogenesi 5 YR 4/4 riconosciuta in vaste aree nella sinistra del Fiora.

A questo stadio dell'evoluzione geologica tutta la parte centro-meridionale dell'area considerata doveva presentarsi come un grande tavolato, da sub-orizzontale a debolmente inclinato (poche unità per mille) verso S e SW. Questo tavolato costituito dalla originaria *spianata 2* (capitolo 4), doveva estendersi verso S e SW ben oltre l'attuale limite di questa spianata. Verso N e NE esso era invece delimitato, a quote corrispondenti agli attuali 40 ÷ 55 m s.l.m. da un debole declivio, al di sopra del quale doveva essere ancora estesamente sviluppata la *spianata 1*; in questa spianata erano localmente (alta Valle del T. Tafone) incassate alcune superfici pianeggianti in continuità geometrica con il tavolato costituito dalla *spianata 2*.

La posizione della linea di costa nell'intervallo di tempo nel quale si è realizzata quest'ultima spianata non è definibile con certezza: il fatto che la successiva ingressione (vedi sotto) abbia raggiunto una quota massima corrispondente agli attuali 25 m s.l.m. induce a ritenere che essa dovesse trovarsi ad un livello inferiore a questa quota, probabilmente a S e SW della linea di costa attuale.

Posteriormente alla creazione della *spianata 2* la zona considerata è stata interessata da una notevole erosione, connessa verosimilmente con un abbassamento del livello relativo del mare, anche se non può escludersi il concomitante intervento di fattori climatici. Nell'intervallo di tempo compreso fra la elaborazione della *spianata 2* e questa erosione, devono essersi verificati anche altri episodi erosivi e sedimentari, che hanno dato origine, rispettivamente, alle *spianate 2a* ed alle « Tuffiti a Ciottoli Silicei ».

L'ultima importante serie di eventi geologici individuabili nell'area esaminata inizia, posteriormente all'importante fase erosiva sopra indicata, con la trasgressione che ha raggiunto una quota massima corrispondente agli attuali 25 m s.l.m., sedimentandovi l'orizzonte sabbioso a *Glycymeris* osservato nella zona di Riva dei Tarquini. A questa trasgressione hanno fatto seguito eventi non ben precisabili, ma caratterizzati verosimilmente da ripetute oscillazioni del livello relativo del mare: ad una di queste oscillazioni è probabilmente da imputare la superficie di abrasione riconosciuta a q. 12 m circa, nella zona della centrale nucleare in costruzione.

In conclusione, sulla base della successione di tutti gli eventi sopra delineati appare lecito ritenere che l'evoluzione geologica dell'area considerata, nell'intervallo di tempo corrispondente all'incirca al Pleistocene medio e superiore, sia stata largamente condizionata da una serie di oscillazioni del livello relativo del mare, che hanno originato ripetute ingressioni e regressioni

con conseguente sedimentazione di orizzonti marini, salmastri e continentali.

L'insieme di queste oscillazioni può, in prima approssimazione, essere suddiviso in due gruppi distinti.

Nel gruppo corrispondente agli eventi più antichi (grosso modo compresi tra 600 ÷ 700 000 e 200 000 anni d.P.) si sono depositate le unità litostratigrafiche comprese fra le « Calcareniti, Ghiaie e Sabbie di Montalto » ed il « Complesso Continentale di C. Palombini » e si sono originate le superfici di erosione che delimitano di regola le unità stesse. Le linee di costa relative alle numerose trasgressioni (almeno 5) collocabili in questo gruppo di eventi si sono mantenute, con ogni verosimiglianza, nell'intervallo altimetrico compreso all'incirca tra le quote corrispondenti agli attuali 20 ÷ 30 m s.l.m.

Nel gruppo corrispondente agli eventi più recenti (posteriori a circa 200 000 anni d.P.) si è deposto, incassato rispetto alla serie più antica, i cui termini risultano al contrario regolarmente impilati, il « Complesso Marino e Continentale Superiore » comprendente orizzonti attribuibili al « Tirreniano » (*Auctt.*) e si sono modellate le relative superfici di erosione. La linea di costa relativa alla più antica delle trasgressioni riferibili a questo gruppo di eventi corrisponde agli attuali 25 m s.l.m.; un'altra trasgressione è testimoniata dalla superficie di abrasione dei 12 m s.l.m. visibile negli scavi della centrale nucleare.

8. CONSIDERAZIONI TETTONICHE CONCLUSIVE

L'insieme di tutti i dati di ordine stratigrafico, morfologico e strutturale, raccolti con lo studio eseguito, permettono di definire il ruolo della tettonica nell'evoluzione geologica dell'area considerata.

È innanzitutto da sottolineare che lo schema evolutivo delineato al paragrafo precedente permetterebbe di collocare tutti gli elementi stratigrafici e morfologici osservati in un modello interpretativo basato esclusivamente sull'alternanza di fatti erosivi e sedimentari geneticamente connessi con oscillazioni del livello relativo del mare, senza l'intervento di alcuna particolare *deformazione* tettonica d'età posteriore al Pleistocene inferiore. Questa circostanza non può che confermare l'ipotesi già avanzata sulla base dei soli dati strutturali e morfotettonici: l'ipotesi cioè che, qualunque sia stato il suo comportamento tettonico nel Pleistocene medio-superiore, l'area considerata ⁽¹²⁾ non può che avere presentato, in questo intervallo, un comportamento solidale, privo di sensibili deformazioni a carattere disgiuntivo (capitolo 6).

Per quanto riguarda poi, le caratteristiche di questo comportamento, vale a dire l'esistenza o meno di *dislocazioni tettoniche a carattere areale* ed il loro svi-

(12) Ad eccezione dell'alta valle del T. Tafone dove sono individuate le deformazioni tettoniche descritte al capitolo 6.

luppo nel tempo, gli elementi di giudizio disponibili permettono di avanzare alcune ipotesi.

In primo luogo si può osservare che nell'intervallo cronologico compreso tra la sedimentazione delle « Calcareni, Ghiaie e Sabbie di Montalto » e quella del « Complesso Fluvio-Lacustre a Vulcaniti Rimaneggiate » le quote massime ipotizzate per le numerose trasgressioni individuate sono comprese in un intervallo altimetrico ristretto corrispondente agli attuali $20 \div 30$ m s.l.m. È evidente che una simile circostanza non può che essere indicativa di una notevole stabilità tettonica in quanto ragionevolmente incompatibile con l'esistenza di sensibili abbassamenti ed innalzamenti di origine tettonica. Per conciliare l'esistenza di simili movimenti con la situazione osservata, sarebbe infatti necessario ammettere una fortunosa, quanto improbabile, combinazione di oscillazioni tettoniche ed eustatiche. Occorrerebbe, cioè, ammettere che *per caso* le oscillazioni tettoniche abbiano avuto entità e sviluppo nel tempo tali da dare origine, in combinazione con le oscillazioni eustatiche, ad un insieme di trasgressioni sviluppate a quote quasi costanti. È evidente che una simile ipotesi, già di per sé altamente improbabile, diventa del tutto inaccettabile se si tiene conto delle indicazioni, sia pure generiche, di « mare alto » contenute nelle faune presenti negli orizzonti trasgressivi; queste faune sono infatti sempre riferibili ad un ambiente almeno temperato, con totale assenza delle cosiddette « faune fredde ».

La sostanziale stabilità tettonica dell'area considerata fra la sedimentazione delle « Calcareni, Ghiaie e Sabbie di Montalto » ed il « Complesso Fluvio-Lacustre a Vulcaniti Rimaneggiate » risulta, d'altra parte, del tutto in accordo sia con i piccoli dislivelli esistenti tra le *spianate* 1 e 2, sia con il modesto spessore (una trentina di metri al massimo) di tutta la successione sedimentaria corrispondente all'intervallo indicato. In relazione a quest'ultima circostanza è da rilevare che lo spessore complessivo attualmente conservato non può essere molto diverso da quello originariamente depositato; l'asportazione di forti spessori di sedimenti appare, infatti, piuttosto inverosimile se si tiene conto della relativa costanza e del piccolo valore degli spessori delle singole unità identificate, nonché del fatto che almeno alcune di quelle marine trasgressive conservano anche attualmente tracce delle rispettive facies regressive.

I dati cronologici disponibili (capitolo 5) permettono di collocare la fase di stabilità tettonica così individuata nell'ambito del Pleistocene medio senza però che sia possibile precisare se essa debba essere riferita a tutto quest'intervallo o solo ad una parte di esso. Questa impossibilità deriva dal fatto che non si hanno elementi per stabilire se le trasgressioni testimoniate nella successione stratigrafica individuata siano distribuite in tutto l'intervallo o se, invece, esse rappresentino una serie di eventi cronologicamente più ristretta.

Per quanto riguarda l'esistenza di movimenti tettonici a carattere areale posteriori alla fase di stabilità, si possono formulare alcune ipotesi basate sulle attuali

conoscenze, peraltro ancora lacunose, delle variazioni eustatiche verificatesi nel Pleistocene medio-superiore.

Secondo SHACKLETON & OPDYKE (1973) in questo intervallo cronologico il massimo livello eustatico è stato raggiunto intorno ai 120 000 anni d.P. (« Tirreniano » *Auctt.*) con una quota di 18 m s.l.m. Il fatto che la più alta delle trasgressioni « tirreniane » (Riva dei Tarquini) sia incassata entro i terreni della successione pleistocenica precedentemente deposta induce quindi a ritenere che la ipotizzata fase di stabilità tettonica sia stata seguita da un sollevamento verificatosi prima del « Tirreniano ».

L'entità di questo sollevamento è difficilmente valutabile sia per l'incertezza dei valori dei massimi eustatici pre-« tirreniani », sia, soprattutto, per la già ricordata assenza di sicuri riferimenti cronologici relativi alla successione « Calcareni e Sabbie di Montalto » - « Complesso Fluvio-Lacustre a Vulcaniti Rimaneggiate ». Sulla base dei pur labili elementi disponibili (SHACKLETON & OPDYKE, 1973) e tenendo conto delle quote alle quali si rinvenivano le tracce delle trasgressioni pre-« tirreniane » individuate, si può ipotizzare un sollevamento in blocco dell'ordine di poche decine di metri.

Per quanto riguarda i movimenti a carattere areale successivi a 120 000 anni d.P., se si fa ancora riferimento ai dati di SHACKLETON & OPDYKE (1973), si dovrebbe ammettere un sollevamento di pochi metri, all'incirca corrispondente, cioè, alla differenza fra l'attuale quota della linea di costa « tirreniana » di Riva dei Tarquini (25 m) ed il massimo eustatico (circa 18 m s.l.m.). Se si prendono invece in considerazione le quote delle linee di costa « tirreniane » delle aree mediterranee relativamente più stabili (ULZEGA & OZER, 1980) che oscillano intorno ai 5 m s.l.m., il sollevamento risulterebbe dell'ordine di una ventina di metri.

RINGRAZIAMENTI

Gli autori di questa nota ringraziano sentitamente i colleghi che hanno contribuito alla realizzazione dello studio e, in particolare, M. G. CARBONI, M. A. CONTI e G. PARISI che hanno eseguito lo studio micropaleontologico e le determinazioni delle malacofaune, E. AIELLO che ha eseguito le osservazioni petrografiche e G. NAPPI per le informazioni fornite in merito al vulcanismo vulsino. Ringraziamo anche F. CARRARO, G. FERRARI e G. OROMBELLI per i pareri espressi su alcuni aspetti morfologici e pedologici dell'area esaminata e per la lettura critica del manoscritto.

LAVORI CITATI

- ALBERTI A., BERTINI M., DEL BONO G. L., NAPPI G. & SALVATI L. (1970) - *Note Ill. Carta Geol. It. f. 136 Toscana e f. 142 Civitavecchia*. Servizio Geologico Italia, 141 pp.
- AMBROSETTI P., BONADONNA F. P. & TOLOMEI L. (1969) - *Studi sul Pleistocene del Lazio. VI - Una nuova data per la Campagna Romana*. Boll. Soc. Geol. It., 88, 3-10.
- BARTOLINI C., BOSI C. & VEZZANI L. (1980) - *Lineamenti da foto aeree nella bassa Valle del Fiora*. In: « Contributi per la realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia ». Pubbl. n. 356 del Geodinamica, 1437-1440.

- BLANC A. C. (1958) - *Torre in Pietra, Saccopastore e M. Circeo. La cronologia dei giacimenti e la paleogeografia quaternaria del Lazio*. Boll. Soc. Geogr. It., ser. 8, 9, 196-214.
- BONADONNA F. P. (1967) - *Studi sul Pleistocene del Lazio. III - Linee di costa lungo il litorale di Tarquinia (Lazio settentrionale)*. Geol. Rom., 6, 121-131.
- BONADONNA F. P. & BIGAZZI G. (1969) - *Studi sul Pleistocene del Lazio. VII - Età di un livello tufaceo del bacino diatomitico del Riano stabilita con il metodo delle tracce di fissione*. Boll. Soc. Geol. It., 88, 439-444.
- BRONDI A. (1972) - *Le sabbie ferrifere del Lago di Burano*. Rend. Soc. It. Min. Petr., 27, 1-4.
- BRONDI A., FERRETTI O., MICHETTI I. & SIRCANA S. (1971) - *Studio delle sabbie del litorale tusco-laziale. Composizione mineralogica generale - distribuzione di U e Th nelle sabbie di Nettuno*. Rend. Soc. It. Min. Petr., 27, 49-82.
- CARRARO F. & FERRARINO G. (1981) - *Tentativi di realizzazione di un nuovo tipo di carte morfologiche: le carte morfostratigrafiche*. 17° Conv. Naz. Ass. It. Cartografia, Venezia 19-21 Novembre 1981, 9 pp., 1 f., preprint.
- CASTALDINI D., GASPERI G. & GELMINI R. (1980) - *Neotettonica dei fogli 135 (Orbetello) e 136 (Tuscania) pp.* In: « Contributi alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia ». Pubbl. 356 P. F. Geodinamica, 1187-1198.
- CASTIGLIONI G. B. (1979) - *Geomorfologia*, UTET, Torino, 436 pp.
- CORDA L., DE RITA D., FUNICIELLO R. & SALVINI F. (1979) - *Dati preliminari sulla Neotettonica del foglio 136 (Tuscania)*. In: « Nuovi contributi alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia ». Pubbl. 251 P.F. Geodinamica, 5-12.
- DAI PRA G. (1978) - *Le linee di costa tirreniane del litorale laziale dal Fiume Tevere a Tarquinia*, Geol. Appl. Idrogeol., 13, 1-10.
- GIGNOUX M. (1913) - *Les formations marines pliocènes et quaternaires de l'Italie du Sud et de la Sicilie*. Ann. Univ. Lyon, n. s.I., 36, 693 pp.
- MALATESTA A. (1978) - *La serie di Torre in Pietra nel quadro del Pleistocene romano*. Quaternaria, 20, 537-577.
- MARINELLI G. (1955) - *La sabbia magnetitica di Pescia Romana*. Mem. Soc. Tosc. Sc. Nat., ser. A, 62, 467-478.
- MAZZANTI R. & PAREA G. C. (1979) - *Erosione della « panchina » sui litorali di Livorno e di Rosignano*. Boll. Soc. Geol. It., 96, 457-489.
- MELI R. (1880) - *Sui dintorni di Civitavecchia*. Atti Acc. Lincei, ser. 3, 5, 3-13.
- MELI R. (1915) - *Sopra un lembo di argille plioceniche affioranti presso la salina di Corneto-Tarquinia in provincia di Roma*. Boll. Soc. Geol. It., 34, 321-342.
- NAPPI G. (1969) - *Genesi ed evoluzione della caldera di Latera*. Boll. Serv. Geol. It., 90, 61-68.
- NICOLETTI M., PETRUCCIANI C., PIRO M. & TRIGILA R. (1979) - *Nuove datazioni vulsine per uno schema di evoluzione della attività vulcanica: il quadrante nord-occidentale*. Per. Min. 48, 153.
- SEGRE A. G. (1959) - *Giacimenti pleistocenici con fauna e industria litica a Monte Argentario (Grosseto)*. Riv. Sc. Preist. 14, 1-18.
- SHACKLETON N. J. & OPDYKE N. D. (1973) - *Oxygen isotope and palaeomagnetic Stratigraphy of equatorial Pacific core V28 - 238: oxygen isotope temperatures and ice volumes on a 10⁵ year and 10⁶ year scale*. Quat. Res., 3, 39 - 55.
- ULZEGA A. & OZER A. (1980) - *Livret guide excursion - table ronde sur le Tyrrhenien de Sardaigne, Cagliari, 21-28 Avril 1980*, 87 pp.