

TORQUATO NANNI (\*) & PAOLA VIVALDA (\*)

## INFLUENZA DELLA TETTONICA TRASVERSALE SULLA MORFOGENESI DELLE PIANURE ALLUVIONALI MARCHIGIANE (\*\*)

ABSTRACT: NANNI T. & VIVALDA P., *Influence of transversal Tectonics on the morphogenesis of Marche alluvial plains* (IT ISSN 0084-8948, 1987).

The formation of Marche alluvial plains has been conditioned by the Pleistocene tectonic evolution which has raised the Quaternary sequence from 200 to 500 metres above sea level. The different tectonic events which have influenced the present geomorphological setting of the river valleys, are schematically summarized below:

— A Plio-Pleistocene event when the collapse of the greater part of the area takes place and conditions of marine sedimentation are restored in the whole area. During this event the Quaternary basin was formed. It is characterized by an Apennine depression interrupted by structural highs oriented NE-SW and bordered by transverse tectonic lines. The morphological setting of the Quaternary basin has been inherited from the Pliocene tectogenesis.

— An event started in the lower Pleistocene, during which the area begins to rise. During Santernian the northern part of the basin (Cesano Basin) is completely emerged, while marine sedimentation continues in the southern part of the Quaternary basin (Chienti Basin). The northern edge of the latter one emerges during the pre-Crotonian and probably the same happens for the remaining basin. The raise of the whole area continues until the regressive deposits reach peaks of about 500 m above the main sea level.

The evolution of the relief and alluvial plains is mainly due to this tectonic event. The structural elements which have had the greatest influence on the morphological evolution of the alluvial plains are those with anti-Apennine direction. The main alluvial valleys follow transverse tectonic lines (fig. 4) which were already active during upper Miocene and which have conditioned both the development of the main fluvial system and the evolution of the relief. After all, the main rivers, during both Pliocene and Pleistocene, followed ways already marked by the transverse tectogenesis.

The alluvial plains follow the direction of the transverse tectonic lines which also mark the edges of the structural blocks or sectors (figs. 2, 3) whose northern margins generally correspond to the main high anti-Apennine structures that are raised more than the southern margins. Vertical movements and differential lifting took place along transverse faults. This has given the block a stepped structural setting similar to that found in a downward faulted system. In this case the movement

is generally from North to South towards the alluvial plains. Therefore, the alluvial plains are found between the two structural sectors and their borders are limited by transverse tectonic lines. (figs. 3, 5).

The phenomenon of the migration of the rivers towards the South in the intermediate part of the valley is recognized in all main river valleys; it should be linked up to the differential lifting (the northern border being lifted more than the southern) of the structural sectors due to the action of the transverse faults.

However, the migration of the rivers towards the North near the coastal belt is linked up to the greater raising of the coastal anticlines in Apennine direction.

The recent lifting of anticlines is also shown by the smaller thickness of the recent alluvial deposits in the area of the plains corresponding to the axis of the coastal anticline (figs. 1, 2, 6).

The migration and deviation of the rivers, is also documented in the alluvial deposits of the 4<sup>th</sup> order by the presence of «paleothalwegs» surveyed by geomorphological and hydrogeological researches. The migration of the rivers took place in recent times and this marks a quite intense tectonic activity, both recent and present. In recent times the effects of human activity have been super-imposed on those of Tectonics. This somehow masks the actual influence of tectonic factors on the erosive action of rivers and the consequent increase in the occurrence of landslides on slopes. However, it is not possible to supply reliable values for the degree of recent lifting on the ground of existing data.

RIASSUNTO: NANNI T. & VIVALDA P., *Influenza della Tettonica trasversale sulla morfogenesi delle pianure alluvionali marchigiane* (IT ISSN 0084-8948, 1987).

Vengono presentati i risultati delle ricerche condotte sull'avanfossa marchigiana che hanno consentito di riconoscere l'influenza primaria della Tettonica trasversale sulla formazione delle pianure alluvionali.

I risultati di tali ricerche hanno permesso di verificare che:

— Le pianure alluvionali marchigiane sono impostate su linee tettoniche trasversali e pertanto, almeno le principali, sono da considerarsi valli di faglia.

— Le pianure alluvionali individuano settori strutturali delimitati da faglie trasversali nell'ambito dei quali si sono avuti sollevamenti maggiori del lato settentrionale rispetto a quello meridionale. I bordi settentrionali di tali settori corrispondono schematicamente agli attuali spartiacque dei bacini principali.

— L'attuale configurazione geomorfologica delle pianure alluvionali, e più in generale dell'area collinare marchigiana, è connessa con più fasi tettoniche pleistoceniche.

— L'asimmetria delle pianure alluvionali e la deviazione dei fiumi verso Sud nel tratto intermedio delle pianure, sono fenomeni dovuti a sollevamenti differenziati, guidati dalle faglie trasversali. La devia-

(\*) Dipartimento di Scienze dei Materiali e della Terra. Università degli Studi di Ancona.

(\*\*) Lavoro eseguito con contributo di ricerca M.P.I. 60% (Responsabile prof. NANNI T.) nell'ambito del Progetto di Ricerca M.P.I. (fondi 40%) «Genesi ed evoluzione geomorfologica delle pianure dell'Italia peninsulare ed insulare».

zione verso Nord nel tratto terminale di alcuni fiumi è invece connessa con il sollevamento differenziato, guidato anch'esso da faglie trasversali, di anticlinali costiere a direzione appenninica.

Viene inoltre evidenziato come il fenomeno della deviazione dei fiumi sia documentato anche dai paleoalvei, riconosciuti nei depositi alluvionali dei terrazzi di IV ordine, sulla base di indagini geomorfologiche ed idrogeologiche.

La persistente influenza della Tettonica sui processi morfogenetici recenti ed in particolare su quelli della dinamica fluviale è documentata anche da dati storici.

TERMINI-CHIAVE: pianure alluvionali, Neotettonica, Marche.

## INTRODUZIONE

In passato le pianure alluvionali marchigiane ed abruzzesi, per il loro particolare assetto geomorfologico, hanno destato l'interesse di vari ricercatori, tra i quali si ricordano: CASTIGLIONI (1933), VILLA (1942), SELLI (1954) e GIROTTI (1969).

Le peculiari caratteristiche geomorfologiche in esse riscontrate possono essere così sintetizzate:

- depositi alluvionali attuali molto estesi in sinistra idrografica, poco sviluppati o assenti in destra;
- alluvioni terrazzate conservate in sinistra idrografica, rari i lembi in destra;
- morfologia dolce nei versanti in sinistra idrografica, piuttosto ripida in quelli in destra;
- alvei fluviali deviati verso Sud, a ridosso delle colline plio-pleistoceniche, nella parte intermedia della pianura;
- asimmetria dei bacini idrografici con il fianco in sinistra idrografica delle valli normalmente più esteso.

Secondo alcuni autori (CASTIGLIONI, 1933; LIPPARINI, 1939, VILLA, 1942) tale assetto geomorfologico sarebbe dovuto a fattori tettonici. Le valli fluviali infatti si sarebbero impostate su ondulazioni sinclinali con asse NE-SW e fianchi orientali più inclinati. Secondo GIROTTI (1969) invece la migrazione degli alvei dipende da un maggior sollevamento della zona settentrionale rispetto a quella meridionale.

Gli autori finora citati sono quindi concordi nel sostenere che le valli fluviali marchigiane-abruzzesi siano di tipo conseguente.

Altri autori (GIANNINI & PEDRESCHI, 1949) ritengono che le valli fluviali marchigiane derivino da fenomeni di precedenza connessi con il sollevamento della catena appenninica e che i tracciati fluviali non abbiano subito importanti mutamenti dall'orogenesi appenninica in poi. SESTINI (1950), pur ammettendo che il fenomeno dell'antecedenza sia la migliore spiegazione dell'andamento trasversale dei corsi d'acqua, non esclude che altri fattori abbiano condizionato il tracciato dei fiumi marchigiani. SELLI (1954), analizzando il bacino del F. Metauro, propende per l'antecedenza dei corsi d'acqua marchigiani. MAZZANTI & TREVISAN (1978) prospettano come meccanismo di formazione delle vallate fluviali marchigiane fenomeni di sovrainposizione seguiti da meccanismi di precedenza connessi con il lento sollevamento delle dorsali a pieghe umbromarchigiane. CRESCENTI (1972) ipotizza che la migrazio-

ne dei fiumi marchigiani, nel tratto medio-basso delle valli, sia da imputare a fattori fisici esterni quali ad esempio l'effetto della rotazione terrestre sui corpi liquidi in movimento.

Altri studi, tra i quali alcuni più recenti, condotti sulle pianure alluvionali e sulla Neotettonica dell'area marchigiana (GUERRERA & *alii*, 1978; CENTAMORE & *alii*, 1982a; NESCI & SAVELLI, 1987) mettono in rilievo un'intensa attività tettonica che interessa tutta la successione plio-pleistocenica. Indagini condotte da COLTORTI & NANNI (1983; 1987) sulla pianura alluvionale del F. Esino, in particolare, dimostrano come quest'ultima sia una valle di faglia impostata su linee tettoniche trasversali.

Successive ricerche di carattere idrogeologico nei subalvei delle pianure (NANNI, 1985; NANNI & *alii*, in stampa) hanno infine evidenziato un preciso rapporto tra Tettonica, assetto geomorfologico e caratteri idrogeologici delle pianure marchigiane.

Nella presente nota viene riportata una sintesi di tutti i risultati ottenuti dalle ricerche sulla successione plio-pleistocenica marchigiana e sulle pianure alluvionali dei fiumi compresi tra il Metauro a Nord ed il Tronto a Sud (figg. 1 e 2) con particolare riferimento ai caratteri geomorfologici delle valli dei fiumi Esino e Musone.

## LINEAMENTI DI GEOLOGIA

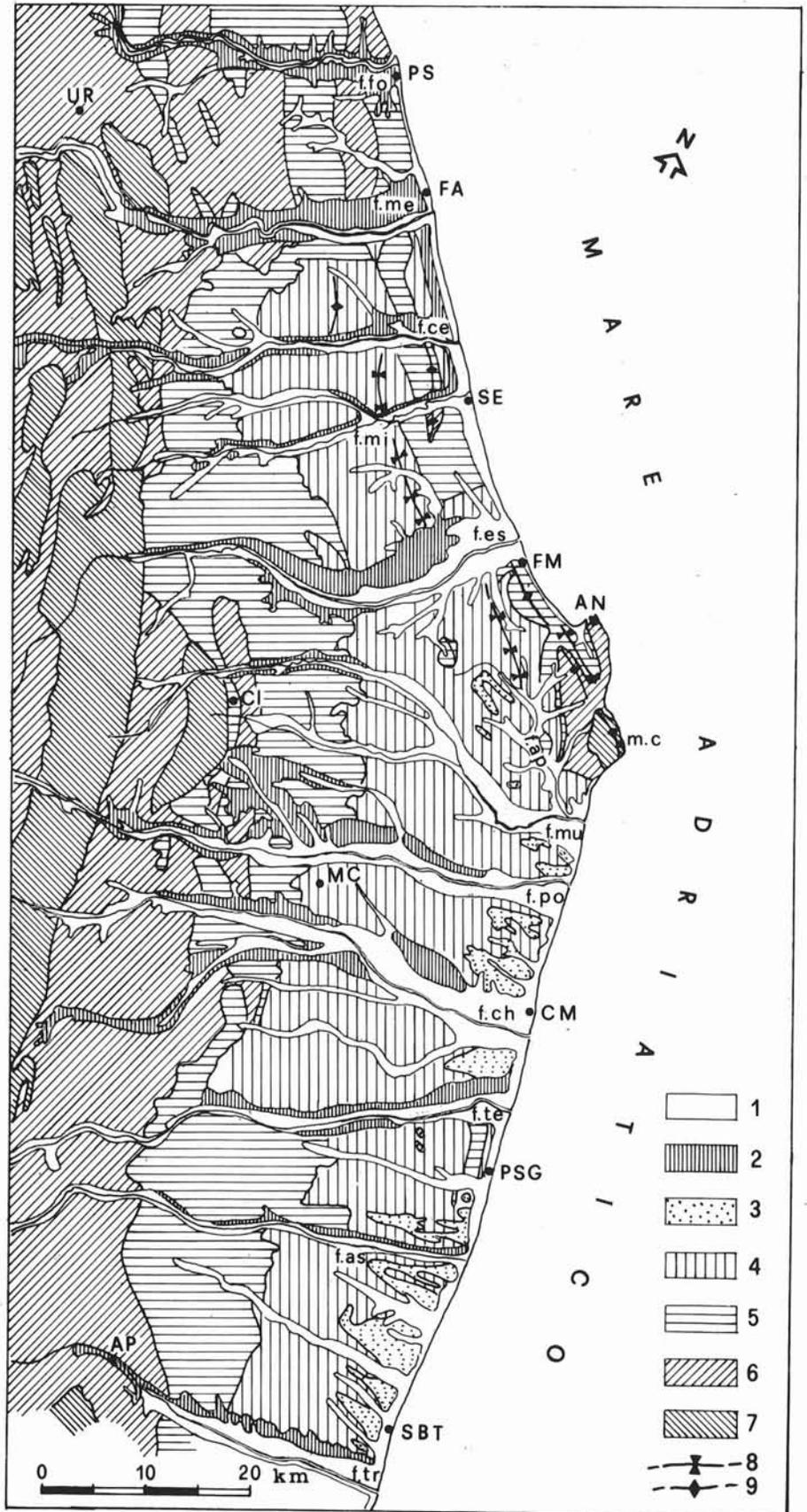
In questo capitolo vengono sinteticamente riassunti i caratteri litologici e strutturali della sequenza plio-pleistocenica marchigiana, rimandando per un più preciso inquadramento stratigrafico-strutturale e per una più ampia bibliografia ai lavori di NANNI & *alii* (1986), CANTALAMESSA & *alii* (1986) e AA.VV. (1986).

Le direttrici tettoniche che interessano la sequenza plio-pleistocenica rispecchiano lo stile a pieghe e faglie, tipico dell'Appennino Umbro-Marchigiano, dislocate da linee tettoniche trasversali. La successione pliocenica (Pliocene inf. e Pliocene medio *p.p.*) risulta alquanto interessata dalla Tettonica, mentre quella pleistocenica lo è in minor misura. A Nord dell'allineamento Cingoli-M. Conero (figg. 1 e 2), tra i fiumi Metauro ed Esino, la successione pleistocenica ha un assetto strutturale ad ampi anticlinori e sinclinori con assi non facilmente individuabili per la scarsità di affioramenti; a Sud dell'allineamento gli strati hanno una giacitura generalmente a monoclinale immergente verso il Mare Adriatico salvo alcune zone in prossimità della costa in cui gli strati immergono verso l'Appennino.

Tale assetto strutturale è connesso con le diverse fasi della tettonogenesi appenninica che vengono così sinteticamente riepilogate (NANNI & *alii*, 1986):

— Fase principale pliocenica, in cui tutta l'area viene coinvolta nella tettonogenesi con conseguente formazione di alti strutturali anticlinali bordati ad oriente da faglie inverse. L'area subisce un sollevamento seguito dall'emersione quasi totale. Infatti soltanto nelle zone più depresse continua la sedimentazione marina. Durante questa fase prendono forma le strutture tettoniche dell'Anconetano,

FIG. 1 - Schema litologico dell'area orientale marchigiana: 1-2) pianure alluvionali; 1) alluvioni del terrazzo del IV ordine (Olocene); 2) alluvioni terrazzate antiche; 3) depositi arenacei, arenaceo-conglomeratici e ghiaie di chiusura della sequenza pleistocenica; 4) depositi pelitici pleistocenici con intercalate unità arenaceo-pelitiche e pelitico-arenacee; 5) depositi pelitici del Pliocene inf. e medio *p.p.* con intercalate unità arenaceo-pelitiche e pelitico-arenacee, il Pliocene sup. è presente soltanto a Sud del Fiume Tenna (f.te); 6) depositi pre-pliocenici; 7) dorsali carbonatiche meso-cenozoiche marchigiane; 8-9) assi di anticlinali e sinclinali; AN) Ancona; UR) Urbino; PS) Pesaro; FA) Fano; SE) Senigallia; FM) Falconara Marittima; CI) Cingoli; MC) Macerata; CM) Civitanova Marche; PSG) Porto San Giorgio; SBT) San Benedetto del Tronto; AP) Ascoli Piceno; f.fo) Fiume Foglia; f.me) Fiume Metauro; f.mi) Fiume Misa; f.es) Fiume Esino; f.mu) Fiume Musone; f.ap) Fiume Aspio; f.po) Fiume Potenza; f.ch) Fiume Chienti; f.te) Fiume Tenna; f.as) Fiume Aso; f.tr) Fiume Tronto.



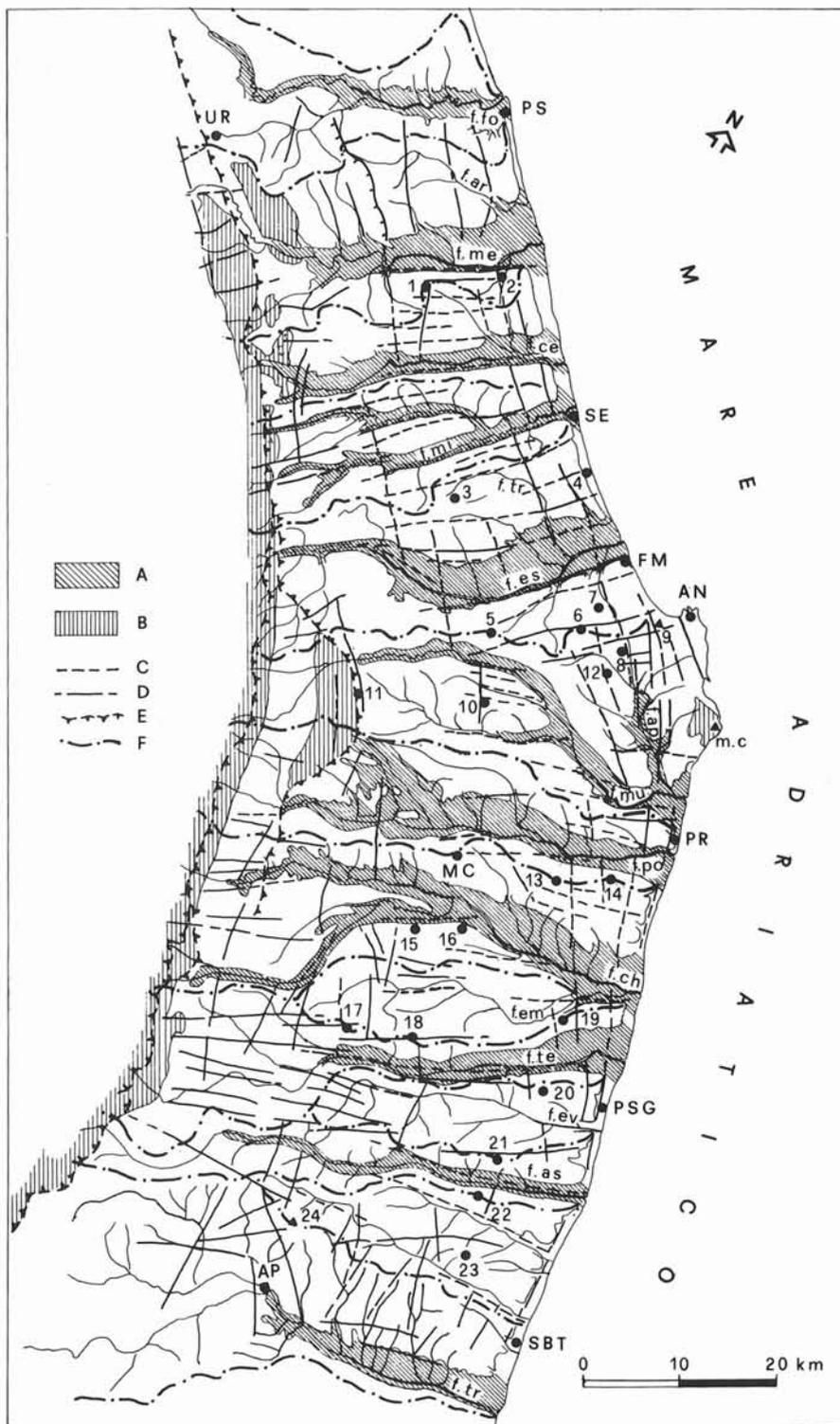


FIG. 2 - Schema idrografico dell'area orientale marchigiana con riportati i principali lineamenti tettonici. Come è osservabile le pianure alluvionali marchigiane risultano impostate su linee tettoniche trasversali. Le faglie a direzione appenninica hanno influenzato il reticolo idrografico in prossimità della zona costiera, in particolare a Nord del Fiume Potenza (f.po).

A) pianure alluvionali terrazzate; B) dorsali carbonatiche mesocenozoiche; C) faglie non ben localizzate; D) faglie; E) fronti di accavallamento; F) linee degli spartiacque dei bacini principali; AN) Ancona; UR) Urbino; PE) Pesaro; SE) Senigallia; FM) Falconara Marittima; PR) Porto Recanati; MC) Macerata; PSG) Porto San Giorgio; SBT) San Benedetto del Tronto; AP) Ascoli Piceno; f.fo) Fiume Foglia; f.ar) Fiume Arzila; f.me) Fiume Metauro; f.ce) Fiume Cesano; f.mi) Fiume Misa; f.tr) Fiume Triponzio; f.ap) Fiume Aspio; f.mu) Fiume Musone; f.po) Fiume Potenza; f.ch) Fiume Chienti; f.em) Fiume Ete Morto; f.te) Fiume Tenna; p.ev) Fiume Ete Vivo; f.as) Fiume Aso; f.tr) Fiume Tronto; m.c) Monte Conero; 1) Piagge; 2) Camminate; 3) Belvedere Ostrense; 4) Marzocca; 5) Santa Maria Nuova; 6) Agugliano; 7) Gallignano; 8) Montesicuro; 9) Montagnolo; 10) Filottrano; 11) Cingoli; 12) Monte San Bernardino; 13) Montelupone; 14) Potenza Picena; 15) Petriolo; 16) Corridonia; 17) Falerona; 18) Montegiorgio; 19) Sant'Elpidio a Mare; 20) Fermo; 21) Monterubbiano; 22) Montefiore all'Aso; 23) Ripatransone; 24) M. dell'Ascensione.

quelle costiere fra Fano e Falconara Marittima, quella di Porto San Giorgio e quella di Agugliano-Polverigi.

— Fase di subsidenza, che inizia nel Pliocene sup. e che si propaga da Sud verso Nord. Conduce al collassamento di tutta l'area con conseguente ingressione marina. Al passaggio Plio-Pleistocene si ha il collasso completo di

tutta l'area con il ripristino delle condizioni marine e la formazione del bacino quaternario (fig. 1). Solo l'anticlinale del M. Conero, la zona dell'Anconetano e le anticlinali costiere tra Falconara Marittima e Fano rimangono emerse. L'assetto morfostrutturale del bacino, e quindi del substrato pleistocenico è caratterizzato dalla presenza di

alti strutturali e da una morfologia dei fondali probabilmente simile a quella riscontrata da CASNEDI & *alii* (1984) nell'avanfossa adriatica meridionale. L'alto intrabacinale a direzione antiappenninica ubicato tra i fiumi Misa e Musone divide il bacino quaternario nei bacini minori del Cesano a Nord e del Chienti a Sud.

— Fase di sollevamento, probabilmente iniziata nel Pleistocene inf., che in più tempi ed in modo differenziato conduce all'emersione generale del bacino quaternario. Tutta l'area a Nord del F. Esino (bacino del Cesano) emerge e viene quindi sottoposta ad una rapida erosione subaerea. In questo caso la successione si chiude con le peliti del Santerniano. A Sud del F. Esino (bacino del Chienti) continua la sedimentazione marina accompagnata da una accen-

tuazione delle strutture appenniniche costiere e di quelle antiappenniniche. Il sollevamento del bacino del Chienti è graduale ma con momenti di maggiore intensità, e conduce alla formazione della sequenza arenacea e arenaceo-ghiaiosa che chiude il Pleistocene nelle Marche.

Successivamente all'emersione, non coeva in tutto il bacino del Chienti, l'area continua a sollevarsi ed i depositi di chiusura vengono innalzati fino ad una quota di circa 500 m s. l.m. (fig. 3E).

Le pianure alluvionali marchigiane insistono (fig. 1) principalmente sulla successione plio-pleistocenica, soltanto in certi casi e nel tratto iniziale delle pianure il substrato dei depositi alluvionali è costituito da sedimenti terrigeni pre-pleiocenici.

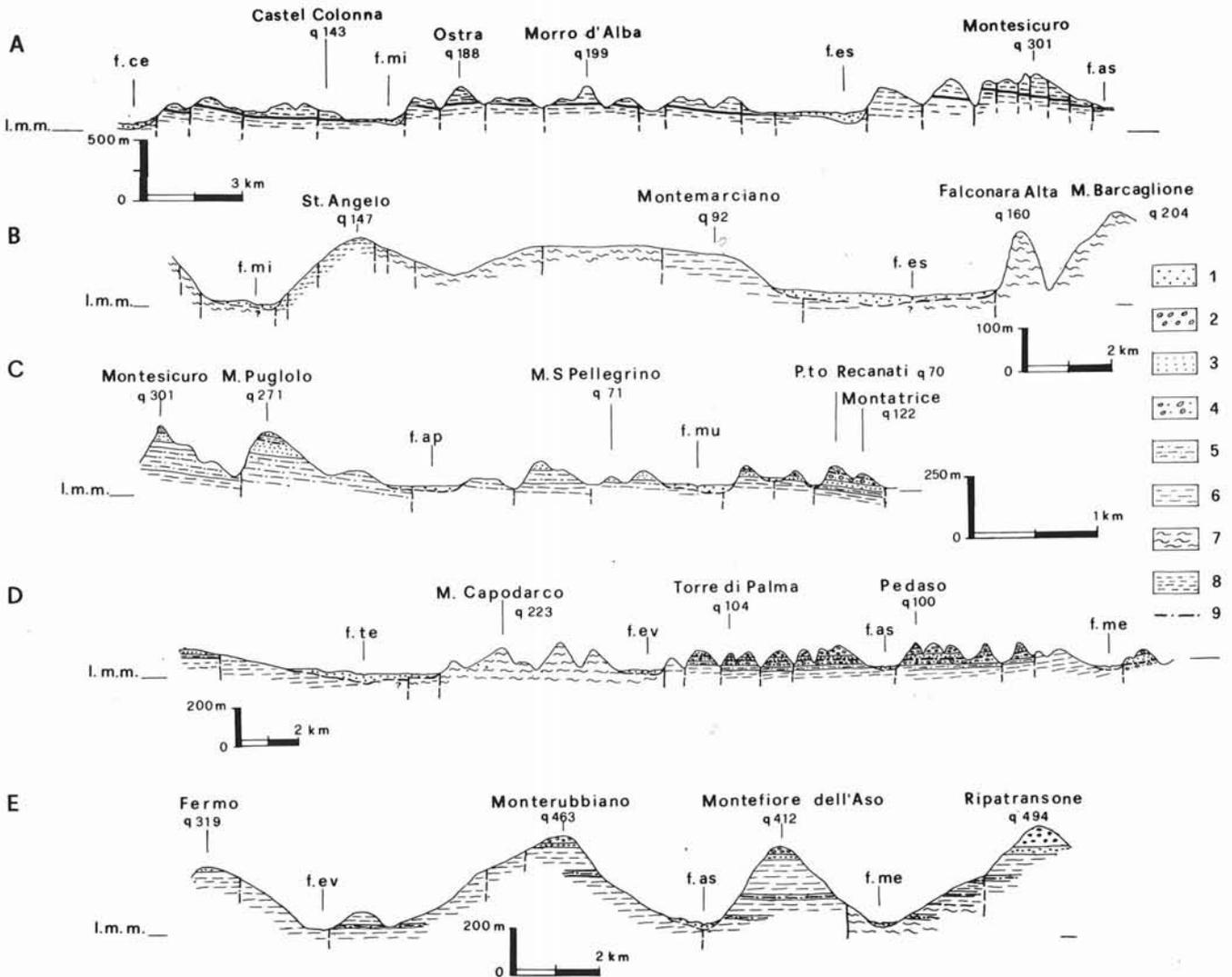


FIG. 3 - Sezioni geologiche schematiche orientate circa NE-SW tra i fiumi Cesano ed Aspio-Musone (A), Misa ed Esino (B), Esino e Potenza (C), Tenna e Tesino (D e E) (cf. fig. 2). Nella sezione (A) vengono evidenziati i sollevamenti differenziati dei settori strutturali ed il basculamento in direzione circa N-S dell'unità arenaceo-pelitica (in neretto) tra i fiumi Cesano ed Aspio-Musone. 1) depositi alluvionali; 2) ghiaie di chiusura della successione pleistocenica tra i fiumi Tenna e Tronto; nella parte alta di tali depositi è presente un paleosuolo (Pedaso, sez. D); 3) arenarie poco cementate e sabbie di tetto (Pleistocene); 4) corpo clinostratificato conglomeratico-sabbioso di paleospaggia (Pedaso e P.to Recanati, sez. D e C) (Pleistocene); 5) unità arenaceo-pelitiche (Pleistocene); 6) peliti pleistoceniche; 7) peliti plioceniche; 8) pre-Pliocene (Formazione Gessoso-Solfifera e Schlier dell'Anticlinale di Senigallia, sez. B); 9) faglie.

La sequenza plio-pleistocenica è costituita da argille, argille marnose ed argille marnose sabbioso-siltose con intercalazioni, a varia altezza nella serie, di unità arenaceo-pelitiche, pelitico-arenacee, arenacee e ghiaiose.

Nella sequenza dal basso verso l'alto si hanno:

— Argille marnose bluastre, generalmente bioturbate, con straterelli, lenticelle millimetriche e spalmature sabbioso-siltose. Intercalate alle argille, soprattutto alla base della sequenza, sono presenti unità arenacee anche di un certo spessore (Pliocene inf.);

— Argille marnose bluastre con intercalati livelli e straterelli sabbioso-siltosi ed arenacei (Pliocene medio *p.p.*).

Nel Pliocene sup. e nel Pleistocene i sedimenti marini si sono depositi all'interno di un'ampia depressione a direzione appenninica, caratterizzata dalla presenza di alti intrabacinali, e bordata ad Oriente (verso l'attuale linea di costa) da una dorsale parzialmente emersa (NANNI & *alii*, 1986).

Il Pleistocene è trasgressivo sul Pliocene inf. e medio nell'area compresa tra i fiumi Metauro ed Ete Vivo (fig. 1) a Sud del F. Tenna, mentre è in continuità con il Pliocene sup. a Sud del F. Ete Vivo.

Il Pliocene sup. affiora soltanto tra i fiumi Musone e Potenza ed Ete Vivo e Tesino. Nella prima zona esso è costituito da lembi discontinui di argille bluastre con deboli spessori degli strati tra i quali sono visibili livelletti millimetrici sabbioso-siltosi. Tra i fiumi Ete Vivo e Tesino è invece dato da una spessa successione di argille bluastre con intercalate unità pelitico-arenacee ed arenaceo-conglomeratiche. In tal caso il passaggio alle argille pleistoceniche avviene in continuità ed il limite è all'interno delle argille bluastre.

All'interno dei bacini del Cesano e del Chienti la serie pleistocenica presenta caratteristiche diverse. Nel bacino del Cesano è rappresentata da peliti bluastre con intercalate quattro unità arenaceo-pelitiche e pelitico-arenacee; si chiude con delle argille sabbiose ocracee. In questo caso la successione pleistocenica è trasgressiva sul Pliocene medio *p.p.* ed inferiore. Tutte le unità litologiche ad essa appartenenti sono attribuite al Santerniano.

Nel bacino del Chienti la sequenza quaternaria è costituita soprattutto da argille ed argille marnose. Nell'ambito dello stesso bacino sono state individuate tre diverse successioni relative alle zone comprese tra i fiumi Esino e Musone, Musone ed Ete Vivo ed Ete Vivo e Tesino (NANNI & *alii*, 1986).

Nella zona tra i fiumi Esino e Musone inoltre sono state riconosciute (COLALONGO & *alii*, 1979) dieci unità litostratigrafiche informali riunite in 5 cicli trasgressivo-regressivi (A1-S1; A2-S2; A3-S3; A4-S4; A5-S5). Queste sono state successivamente datate come Santerniano, Emiliano, Siciliano e Crotoniano (CANTALAMESSA & *alii*, 1986).

Nel bacino del Chienti la serie pleistocenica si chiude con arenarie poco cementate in cui sono intercalati corpi ghiaioso-sabbiosi. A volte i corpi ghiaiosi presentano una geometria progradazionale e sono stati interpretati come depositi di paleospaggia (MASSARI & *alii*, 1986).

Tra i fiumi Esino e Potenza ed Ete Vivo e Tesino (figg.

3C e D) al tetto dei depositi di chiusura arenaceo-ghiaiosi può essere presente un crostone arenaceo o arenaceo-conglomeratico con all'interno un livello di argille lacustri verdastre che tra i fiumi Musone e Potenza risulta di età crotoniana.

A Sud del F. Potenza la sequenza si chiude con dei conglomerati all'interno dei quali, nella zona tra i fiumi Ete e Tronto, è stato rinvenuto un paleosuolo con uno spessore fino a 2 m. Questo corpo ghiaioso di chiusura, soprattutto nella parte sommitale, ha caratteri simili a quelli dei depositi fluviali. I depositi francamente continentali sono infine costituiti dalle alluvioni terrazzate delle valli fluviali e dai materiali eluvio-colluviali.

## TETTONICA ED EVOLUZIONE DEL RETICOLO IDROGRAFICO

La Tettonica trasversale non solo ha condizionato la sedimentazione plio-pleistocenica (AA.VV., 1986; NANNI & *alii*, 1986), ma ha anche sensibilmente influito sull'evoluzione geomorfologica dell'area collinare marchigiana (CAPEDE, 1907) ed in particolare delle pianure alluvionali.

Le faglie trasversali sono caratterizzate da movimenti verticali con una debole componente orizzontale. Esse dislocano i depositi di chiusura della successione marina quaternaria e le alluvioni terrazzate (COLTORTI & NANNI, 1983) delimitando alti strutturali antiappenninici. Questi ultimi, salvo rare eccezioni, corrispondono ai crinali che costituiscono gli spartiacque dei bacini idrografici marchigiani (fig. 2).

I principali alti strutturali antiappenninici sono allineati in direzione di: Piagge-Camminate, Belvedere Ostrense-Marzocca, Santa Maria Nuova-Agugliano-Montagnolo, Macerata-Montelupone-Potenza Picena, Petriolo-Corridonia e Falerona-Monte Giorgio-Sant'Elpidio a Mare (fig. 2).

I rigetti delle faglie trasversali non sono facilmente valutabili. Ciò nonostante si è cercato di stabilirne l'entità tramite la posizione delle argille verdastre crotoniane (COLALONGO & *alii*, 1979; NANNI & *alii*, 1986) che chiudono la successione plio-pleistocenica. Esse ad esempio affiorano a quote di circa 300 m s. l.m. nella zona di Montescuro, a 280 m s. l.m. nei pressi di Offagna (M. S. Bernardino-M. Pugliolo) ed a 70 m s. l.m. in località «Le Grotte» (P.to Recanati) a Sud del F. Musone. L'area di separazione tra le prime due zone e «Le Grotte» è caratterizzata dalla presenza di una serie di faglie trasversali. Il rigetto complessivo delle faglie in questo caso è valutabile attorno ai 200 m (figg. 2 e 3C).

Nella zona tra i fiumi Ete Vivo e Tesino (fig. 3E) la serie di chiusura della successione pleistocenica, procedendo da Nord verso Sud, è ubicata alle seguenti quote: 463 m s. l.m. (Monterubbiano), 412 m s. l.m. (Montefiore all'Asso) e 494 m s. l.m. (Ripatransone). Le tre diverse zone sono separate da faglie NE-SW lungo cui sono impostate le valli dei corsi d'acqua Ete Vivo, Menocchia e Tesino e che hanno prodotto rigetti compresi tra 50 ed 80 m.

Le faglie trasversali dell'area collinare marchigiana si allineano inoltre con le strutture antiappenniniche riconosciute da BOCCALETTI & *alii* (1983). La faglia che borda la valle del F. Esino in destra idrografica, ed esempio, è orientata in direzione della Linea dell'Esino (fig. 5); le faglie trasversali tra i fiumi Chienti ed Ete Morto si allineano con la Linea della Val Nerina, così come le faglie che bordano il fianco meridionale della valle del F. Chienti trovano un riscontro nella Linea del Chienti.

Durante la fase di sollevamento del bacino pleistoceno, il reticolo idrografico, già impostatosi su linee trasversali durante il Pliocene, continua la sua evoluzione seguendo la via tracciata dalla Tettonica.

Le principali valli marchigiane, individuano una serie di blocchi o settori strutturali (fig. 3) bordati a Nord ed a Sud da faglie trasversali. Tali blocchi sono sottoposti a sollevamenti di diversa entità e basculamenti per lo più da Nord verso Sud. Tali movimenti hanno condotto ad un maggior innalzamento del bordo settentrionale rispetto a quello meridionale. Il fenomeno è particolarmente evidente nelle zone comprese tra i fiumi Cesano e Misa, Misa ed Esino ed Esino e Musone. Tra i fiumi Cesano e Misa, ad esempio, le unità arenaceo-pelitiche nel bordo settentrionale del blocco strutturale sono ubicate a circa 50 m sulla pianura del F. Cesano, mentre nel bordo meridionale

sono a contatto con i depositi terrazzati del F. Misa. La differenza di quota, corrispondente probabilmente al rigetto complessivo delle faglie trasversali che bordano a Nord ed a Sud il settore strutturale, è di circa 80 m.

Il sollevamento differenziato dei settori strutturali, da Nord verso Sud, si osserva anche tra i fiumi Esino e Musone. Basandosi in questo caso sulla posizione delle argille verdastre crotoniane che chiudono la sequenza quaternaria, la differenza del sollevamento tra il bordo settentrionale e meridionale del settore strutturale Esino-Musone risulta attorno ai 200 m (fig. 3C).

A Sud del F. Musone le differenze nel sollevamento variano tra valori di 50 e 100 m.

I bordi settentrionali dei blocchi che hanno subito sollevamenti maggiori rispetto a quelli meridionali e che corrispondono agli alti strutturali antiappenninici, già allineati nel Pleistocene e probabilmente nel Pliocene, corrispondono generalmente, come già accennato, alla linea degli spartiacque dei bacini principali. Tra due settori strutturali si sono impostate le pianure alluvionali. Nel caso della pianura alluvionale del F. Ete Morto, ubicata tra gli alti strutturali antiappenninici di Petriolo-Corridonia e Falerona-Montegiorgio-Sant'Elpidio a Mare (fig. 2), si è verificata inoltre, in connessione con le faglie trasversali, una serie di sgradonamenti con abbassamenti diretti verso



FIG. 4 - Principali lineamenti tettonici trasversali riconosciuti nella regione marchigiana. 1) pianure alluvionali terrazzate; 2) dorsali carbonatiche meso-cenozoiche; 3) faglie; 4) faglie probabili o non ben localizzate nella sequenza plio-pleistocenica.

la valle fluviale. Le faglie trasversali in tal caso si allineano con la Linea della Val Nerina di BOCCALETTI & *alii* (1983).

In conclusione i movimenti recenti lungo le faglie trasversali antiappenniniche hanno condizionato l'evoluzione geomorfologica dell'area collinare marchigiana, del reticolo idrografico e delle pianure alluvionali.

L'influenza esercitata dalla Tettonica sul reticolo idrografico è particolarmente marcata lungo la fascia costiera, dove sono presenti le maggiori strutture anticlinali a direzione appenninica. Gli effetti sono più evidenti nella zona a Nord del F. Musone, dove l'azione della Tettonica è stata più intensa e dove le anticlinali costiere, originate con la tettonogenesi pliocenica, costituivano nel Pleistocene un alto intrabacinale, localmente emerso (anticlinale del M. Conero, di Senigallia e di Falconara Marittima), che limitava verso Est il bacino quaternario. I principali affluenti (fig. 2) dei fiumi marchigiani (F. Triponzio, F. Rubiano, F. Aspigo) in questa zona, tendono ad impostarsi lungo linee di faglie a direzione appenninica (fig. 2).

Le strutture anticlinali costiere risultano inoltre dislocate dalle faglie trasversali le quali, anche in questo caso, delimitano zone in cui si sono verificati sollevamenti differenziati. Le aree costiere interessate dai maggiori sollevamenti corrispondono alle strutture del M. Conero, di Senigallia e di Fermo.

## LE PIANURE ALLUVIONALI E LA MIGRAZIONE DEI FIUMI

In passato, nelle pianure alluvionali marchigiane, venivano riconosciute quattro unità terrazzate principali (LIPPARINI, 1939; VILLA, 1942) e tale distinzione è stata mantenuta fino ad oggi, quantunque in ogni singola unità siano presenti più superfici terrazzate (GUERRERA & *alii*, 1978) e sebbene studi più recenti abbiano portato all'individuazione, nella pianura alluvionale del F. Esino ad esempio, di cinque ordini di terrazzi (COLTORTI & NANNI, 1983; 1987).

I depositi terrazzati, tipici di tutte le pianure alluvionali marchigiane, hanno una diversa estensione. A Nord del F. Esino ed a Sud del F. Chienti, ad esempio, si trovano lungo tutta la pianura alluvionale, fino in prossimità della costa; nelle valli dei fiumi Esino, Chienti e Potenza si arrestano a distanza comprese fra i 3 ed i 6 km dal mare, mentre nella pianura del F. Musone sono presenti soltanto nella parte alta della valle.

Com'è noto, i depositi terrazzati delle pianure alluvionali marchigiane si ritrovano principalmente in sinistra idrografica e soltanto lembi arealmente poco estesi, ad eccezione che nella valle F. Foglia, sono presenti in destra. Generalmente le pianure alluvionali sono formate dai depositi del IV ordine (Olocene).

I depositi terrazzati di I ordine, fortemente alterati in superficie, affiorano in lembi poco estesi nelle parti medio-alte delle valli, a quote anche superiori a 200 m rispetto al fondovalle attuale. Sono costituiti da ciottoli (diametro medio anche superiore a 10 cm) derivanti principalmente

dalla Scaglia rossa e secondariamente dalle altre rocce della successione carbonatica umbro-marchigiana. Lo spessore dei depositi di I ordine può anche superare i 15 m.

I depositi terrazzati di II e III ordine sono presenti in aree molto estese, normalmente in sinistra idrografica. Sono costituiti da ciottoli carbonatici derivanti dalla serie umbro-marchigiana tra i quali affiorano ampie lenti e livelli argilloso-limosi e sabbioso-limosi con presenza di ciottoli all'interno. Nei depositi del F. Aso sono presenti, anche se rari, ciottoli arenacei. Gli spessori dei depositi possono superare i 30 m (NANNI, 1985).

I depositi alluvionali di IV ordine sono costituiti da ciottoli carbonatici della serie umbro-marchigiana tra i quali sono spesso intercalate, soprattutto in prossimità della costa, ampie lenti argilloso-limose, sabbioso-limose, sabbioso-ghiaiose ed argilloso-ghiaiose. Lo spessore massimo complessivo dei depositi dei terrazzi di IV ordine si aggira, in prossimità della costa, attorno ai 60 m (NANNI, 1985; ELMI *alii*, 1983).

Quanto all'origine dei depositi terrazzati marchigiani, quelli del I, II e III ordine deriverebbero dall'elaborazione di depositi detritici stratificati prodottisi durante le fasi fredde pleistoceniche. In particolare, per considerazioni pedo-stratigrafiche e paleontologiche, i depositi di I e II ordine vengono attribuiti al Pleistocene medio, mentre sulla base di datazioni radiometriche quelli di III ordine sono datati come Pleistocene sup. (ALESSIO & *alii*, 1979; 1987; COLTORTI, 1979; COLTORTI & *alii*, 1979; 1983; DRAMIS, 1983).

I terrazzi di IV ordine si sarebbero invece depositi nell'Olocene ed i materiali che li costituiscono trarrebbero origine, in buona parte, da fenomeni erosivi dovuti soprattutto all'attività antropica in epoca storica; la maggior parte di tali depositi ha un'età non inferiore a 2000 anni (BRONDI & COLTORTI, 1982). L'incisione attuale dei depositi di IV ordine è da mettere in relazione con le più recenti attività di estrazione di inerti dagli alvei che hanno condotto ad erosioni da 6 ad oltre 10 m. Ciò è particolarmente evidente nei fiumi Cesano, Musone e Tenna (CONTI & *alii*, 1984; NANNI, 1985).

Il substrato dei depositi alluvionali è principalmente

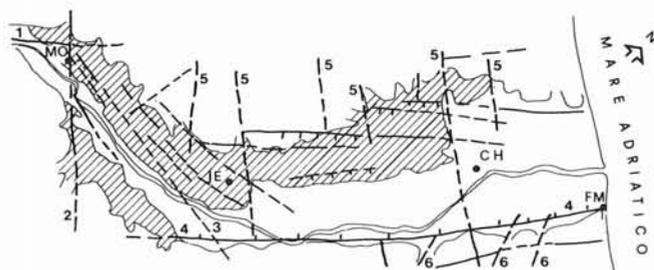


FIG. 5 - Schema strutturale della pianura alluvionale del Fiume Esino (COLTORTI & NANNI, 1987): 1) linea dell'Esino (BOCCALETTI & *alii*, 1983); 2) Linea Castellbellino - Moie - Montecarotto; 3) linea Moie-Pantiere; 4) linea della bassa Vallesina; 5) linee dei torrenti Granita, Triponzio e Rubiano; 6) linee dei fossi Catenacci e Fossatello.

costituito dalle peliti plio-pleistoceniche. L'andamento della sua superficie è stato ricostruito sulla base di sondaggi geognostici e geofisici oltre che di rilievi di campagna. Nella parte medio-alta della valle ed in sinistra idrografica la superficie del substrato è generalmente inclinata verso l'asta fluviale mentre in destra mostra una forma a truogolo.

Nelle pianure dei fiumi Esino e Tenna, in prossimità della costa, è stato inoltre riscontrato un innalzamento del substrato, fenomeno probabilmente in relazione con la presenza delle anticlinali di Falconara Marittima e di Porto

San Giorgio che immergono al di sotto dei depositi di IV ordine (fig. 6).

Come accennato in precedenza, gli alvei fluviali di tutte le pianure alluvionali marchigiane mostrano una nota e spiccata asimmetria. Nella parte medio-bassa della pianura, gli alvei sono a ridosso del fianco meridionale delle valli (figg. 1 e 2) o in prossimità di esse, nella parte terminale invece, ad eccezione del F. Tronto e del F. Misa, subiscono una deviazione verso Nord.

Gli alvei di norma incidono i depositi alluvionali di IV

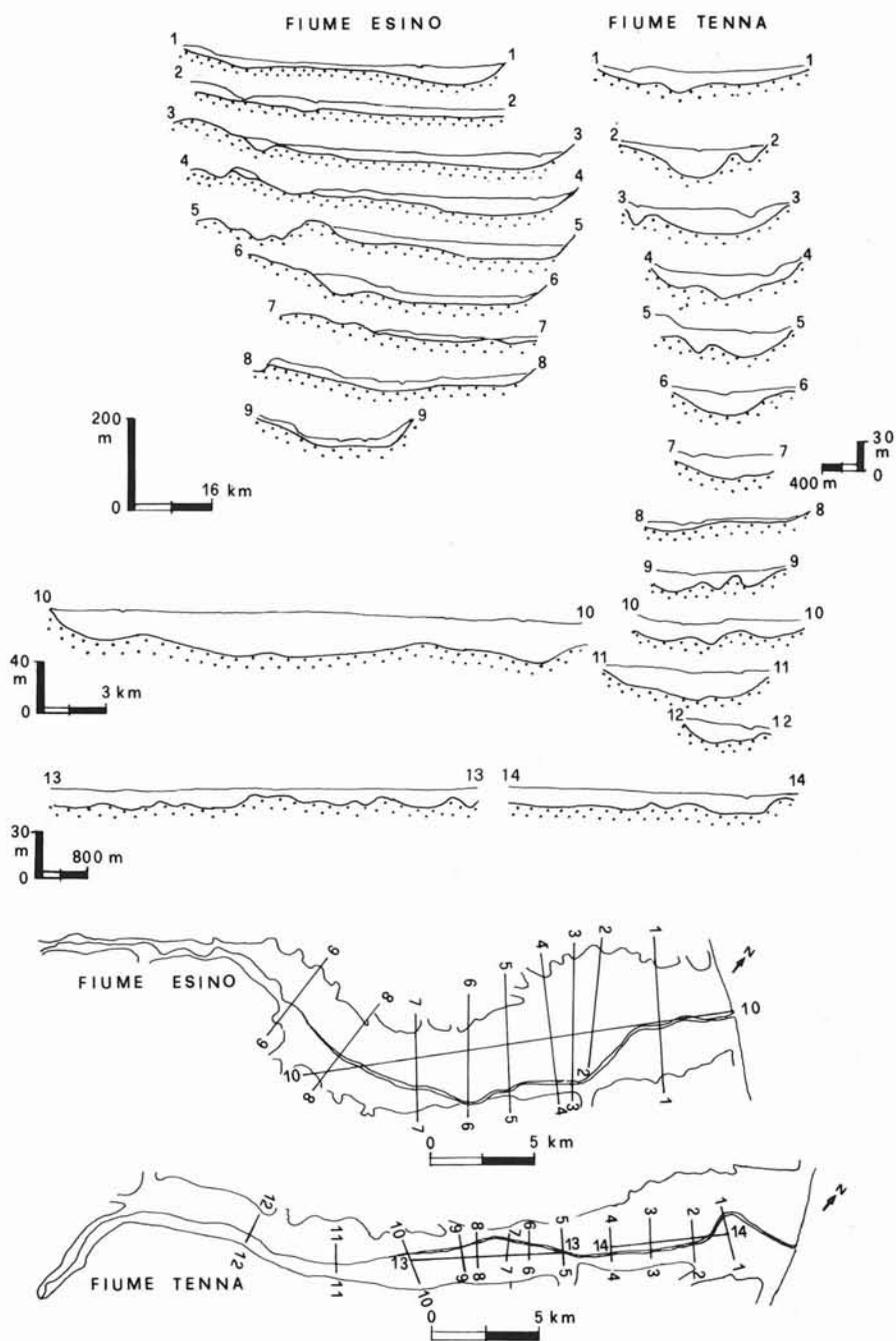


FIG. 6 - Geometria schematica del substrato delle pianure alluvionali dei fiumi Esino e Tenna ottenuta da indagini geognostiche e geoelettriche. In prossimità della foce dei due fiumi si osserva un innalzamento del substrato, in corrispondenza delle strutture tettoniche a direzione appenninica costiera (fig. 1) e una conseguente migrazione verso Nord dei due fiumi.

ordine, ciò non esclude comunque che per ampie estensioni possano essere impostati anche nel substrato pelitico. In quest'ultimo caso l'incisione è soprattutto legata, come si è detto, all'attività antropica recente.

Le modificazioni storiche degli alvei fluviali marchigiani sono documentate da un'ampia e dettagliata cartografia che risale fino al Medioevo (JACOPELLI & *alii*, 1982). Una testimonianza è offerta anche da antiche arginature consistenti in tronchi infissi nel terreno e riportate alla luce nei pressi degli alvei attuali dall'attività estrattiva.

Le divagazioni fluviali nelle pianure alluvionali corrispondenti ai terrazzi del IV e III ordine sono documentate anche dalla ricostruzione dell'andamento delle principali linee di drenaggio delle acque sotterranee, desunte dalla ricostruzione della superficie freaticometrica degli acquiferi di subalveo ivi presenti (NANNI, 1985). Nella pianura del F. Esino ad esempio, le principali linee di deflusso (fig. 7) sono risultate connesse con la presenza di paleoalvei (COLTORTI & NANNI, 1983; 1987).

Da quanto si osserva in fig. 7 è presumibile che anche

nelle altre principali pianure alluvionali marchigiane l'andamento del drenaggio sotterraneo sia condizionato dalla presenza di paleoalvei. La migrazione degli alvei fluviali trova quindi un'ulteriore testimonianza nella ricostruzione dei paleoalvei che mostrano una tendenza a spostarsi verso Sud, nella parte intermedia delle valli (fiumi Esino, Chienti, Potenza e Metauro) e verso Nord, in prossimità della costa (fiumi Esino, Tenna, Potenza, Chienti, Musone e Metauro). Tenendo conto che le migrazioni fluviali sono principalmente documentate nelle alluvioni di IV ordine, ne risulta che la dinamica fluviale recente è stata molto intensa.

Che la Tettonica quaternaria abbia influito sensibilmente sull'assetto geomorfologico dell'area collinare marchigiana è stato riconosciuto da più autori ed è stato verificato in dettaglio nella vallata del F. Esino (COLTORTI & NANNI, 1987).

In questa valle risulta ad esempio che la Tettonica quaternaria (fig. 5) ha interessato i terrazzi del I, del II e del III ordine i cui depositi, da datazioni radiometriche (DA-

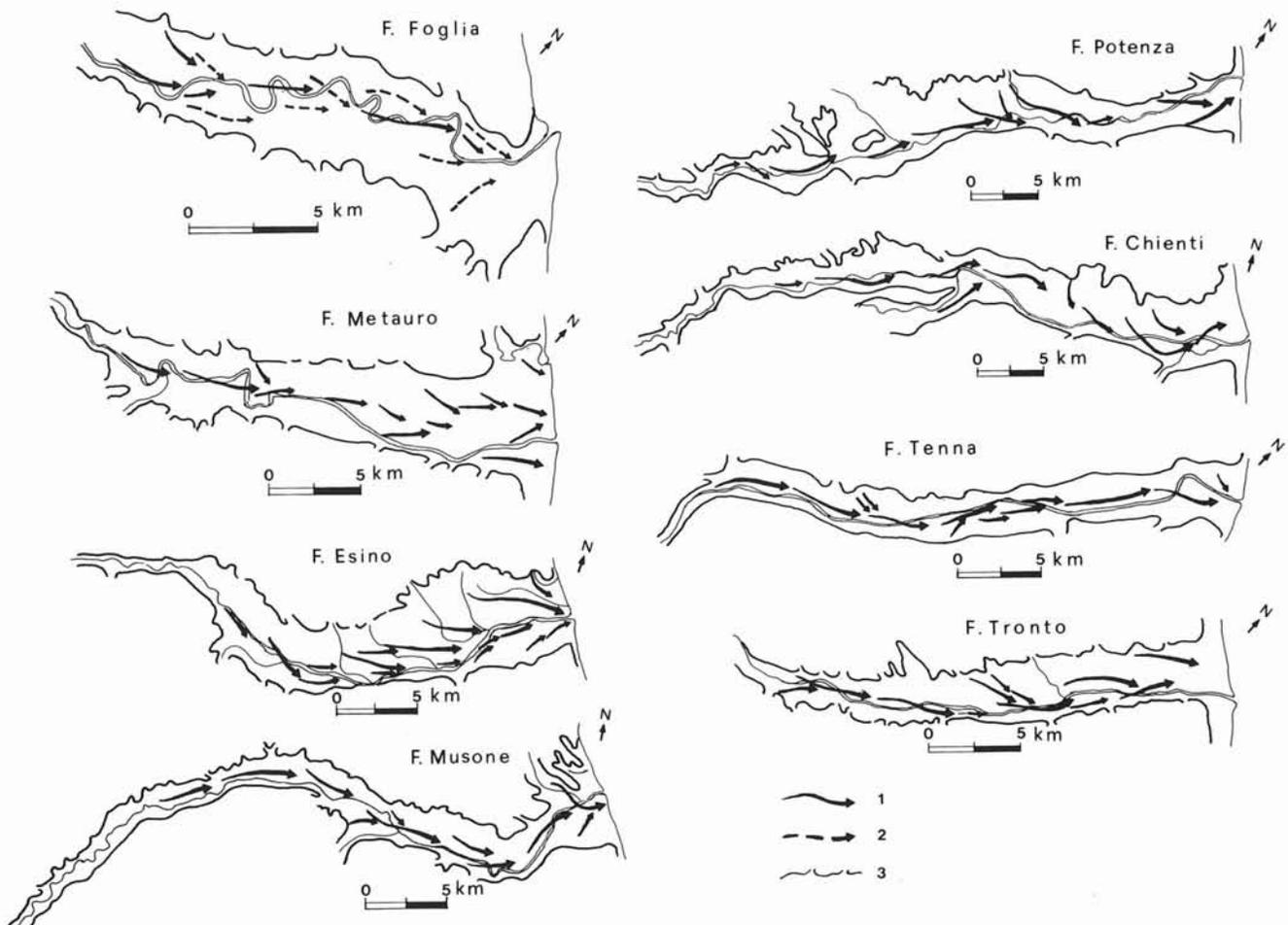


FIG. 7 - Principali pianure alluvionali marchigiane con riportate le direzioni del deflusso delle acque sotterranee dei subalvei, corrispondenti generalmente ai paleoalvei principali: 1) direzioni del deflusso delle acque sotterranee; 2) incisioni del substrato dei depositi alluvionali riconosciute mediante indagini geoelettriche (da ELMI & *alii*, 1983); 3) limiti delle aree alluvionali.

MIANI & MORETTI, 1969; ALESSIO & *alii*, 1979), risulta non attribuibile al Pleistocene sup. (Würm).

Che la Tettonica plio-pleistocenica sia stata piuttosto intensa è dimostrato ad esempio dalla presenza di depositi quaternari di origine continentale fino a quote di 200-500 m s.l.m. Ciò è osservabile a Sud del F. Chienti (fig. 3) dove affiorano estese paleosuperfici costituite da ciottoli grossolani di chiara origine continentale con presenza di paleosuoli a quote comprese tra i 200 ed i 484 m s.l.m. (CENTAMORE & *alii*, 1982a; NANNI & *alii*, 1986; CANTALAMESSA & *alii*, 1986). Sebbene i rapporti tra le paleosuperfici ed i depositi terrazzati antichi non siano ancora del tutto chiari, si hanno sufficienti motivi per ritenere che almeno la parte sommitale di tali depositi sia sicuramente di origine fluviale.

Gli unici fenomeni che permettono di ipotizzare l'azione della Tettonica anche nei depositi di IV ordine sono dati dalla presenza di sorgenti salate associate a vulcanelli di fango, allineate lungo linee di frattura interessanti la successione plio-pleistocenica (NANNI, 1985; NANNI & *alii*, in stampa).

Le migrazioni dei fiumi verso Sud nei tratti medio alti delle pianure e l'asimmetria delle valli sono da mettere in relazione con i maggiori innalzamenti nei margini settentrionali dei settori strutturali delimitati dalle principali linee tettoniche trasversali (fig. 2). Le migrazioni verso Nord nei tratti terminali delle valli sono invece da connettere con i sollevamenti differenziati subiti dalle anticlinali costiere a direzione appenninica. Anche tali sollevamenti sono stati condizionati dall'attività delle faglie trasversali che hanno smembrato, come già accennato, e sollevato in modo differenziato le strutture stesse (figg. 3A e 4). Generalmente i bordi settentrionali delle anticlinali corrispondono alle parti settentrionali dei settori strutturali individuati dalle faglie trasversali lungo le quali, sono impostate le pianure.

Gli esempi più evidenti si osservano nei fiumi Esino e Tenna (figg. 3B e D). La deviazione di quest'ultimo verso Nord in prossimità della costa è in relazione con il sollevamento della struttura pliocenica di Porto San Giorgio (fig. 1). Tale fenomeno è stato attivo anche durante la deposizione delle alluvioni del IV ordine come è testimoniato dalla presenza di un antico paleoalveo (fig. 7), riconosciuto tramite ricostruzione della freaticimetria del subalveo dei depositi alluvionali. Anche in prossimità della foce del F. Esino si osserva un fenomeno simile, sebbene di entità minore, connesso con il sollevamento dell'anticlinale di Falconara Marittima (fig. 1). Inoltre, sia nel F. Esino che nel F. Tenna, un'ulteriore testimonianza della deviazione del fiume verso Nord, in relazione al sollevamento costiero, è data dalla differenza di spessore (fig. 6) dei depositi alluvionali tra la zona più prossima all'anticlinale costiera e quella interna. Nella pianura del F. Esino, ad esempio lo spessore dei depositi alluvionali è rispettivamente di 20 m e 50 m circa.

L'attuale posizione degli alvei dei fiumi Musone e Potenza in prossimità della costa deriva invece principalmente da deviazioni del vecchio corso per opere di bonifica ese-

guitate dal XV secolo in poi. Nell'antichità infatti i due fiumi scorrevano più a Sud, come è testimoniato dai resti di insediamenti e tombe di epoca romana rinvenuti lungo il vecchio alveo del F. Musone ed alla foce del F. Potenza. In tempi successivi, a causa di cospicui fenomeni di esondazione e di impaludamento, si rese necessaria l'attuazione di opere di bonifica, le quali produssero lo spostamento verso Nord dei due alvei fluviali. Anche nel tratto costiero del F. Esino sono state condotte nel passato opere di bonifica che hanno profondamente modificato l'assetto idrogeologico della zona. Nella seconda metà del quattrocento infatti il fiume era caratterizzato dalla presenza di più rami in destra idrografica, che bonifiche nei secoli successivi hanno cancellato. Le cause delle esondazioni e degli impaludamenti costieri potrebbero essere connesse con interventi antropici, con modeste variazioni del livello del mare, oppure con fenomeni di Neotettonica legati alla prosecuzione del sollevamento della fascia costiera.

## CONCLUSIONI

La formazione delle pianure alluvionali marchigiane è stata condizionata dall'evoluzione tettonica pleistocenica della fascia collinare, che in più fasi ha portato i sedimenti di chiusura della sequenza quaternaria a quote altimetriche variabili tra 200 e 500 m s.l.m. Le fasi tettoniche che hanno influito sull'attuale assetto geomorfologico delle valli fluviali o più in generale dell'avanfossa marchigiana plio-pleistocenica possono essere così sinteticamente riepilogate:

— Fase plio-pleistocenica in cui si ha il collassamento di gran parte dell'area con il ripristino di condizioni di sedimentazione marina. In tale fase si forma il bacino quaternario, caratterizzato da una depressione ad orientamento appenninico interrotta da alti intrabacinali principalmente antiappenninici bordati da linee tettoniche trasversali. Tali alti sono la continuazione di alti strutturali formati già con la tettonogenesi medio-pliocenica delimitati anch'essi da faglie trasversali.

— Fase iniziata nel Pleistocene inf. durante la quale inizia il sollevamento del bacino quaternario. Vengono accentuati gli alti intrabacinali a direzione antiappenninica e le anticlinali appenniniche costiere. La sequenza quaternaria, a Nord del F. Esino, si chiude con le argille santer-niane mentre a Sud la sedimentazione termina con le argille pre-crotoniane. Il sollevamento e l'accentuazione delle strutture, porta i termini di chiusura della sequenza quaternaria fino a quote massime di circa 500 m s.l.m. A questa fase tettonica è dovuta principalmente la genesi del rilievo e delle pianure alluvionali. Gli elementi strutturali che maggiormente hanno influito sull'evoluzione morfologica delle pianure sono quelli a direzione anti-appenninica. Le principali valli alluvionali infatti, sono impostate su linee tettoniche trasversali, attive già nel Miocene sup., che hanno condizionato lo sviluppo del sistema fluviale principale e l'evoluzione del rilievo. I fiumi principali hanno

in definitiva seguito, sia nel Pliocene che nel Pleistocene, le vie già tracciate dalla tettonica trasversale.

Le pianure alluvionali pertanto risultano impostate su linee tettoniche trasversali, le quali delimitano inoltre settori o blocchi strutturali (figg. 2 e 3) i cui margini settentrionali, generalmente corrispondenti agli alti strutturali maggiori, hanno subito un innalzamento maggiore. I settori strutturali suddetti risultano a loro volta dislocati dalle faglie trasversali. Lungo le faglie si sono avuti movimenti verticali e sollevamenti differenziati che hanno conferito ai blocchi assetti strutturali caratterizzati da generale immersione verso Sud. Le pianure alluvionali sono comprese tra due blocchi e sono pertanto delimitate da linee tettoniche trasversali (figg. 3 e 5).

Il fenomeno della migrazione dei fiumi verso Sud, osservato nei tratti intermedi delle valli marchigiane, viene messo in relazione con sollevamenti differenziati (bordi settentrionali più innalzati di quelli meridionali) dei settori strutturali per effetto delle faglie trasversali.

Le migrazioni di alcuni fiumi verso Nord in prossimità della costa sono invece legate al maggiore sollevamento di anticlinali a direzione appenninica. Le zone maggiormente sollevate sono delimitate da faglie trasversali e normalmente coincidono con le parti settentrionali dei settori strutturali individuati dalle pianure alluvionali. Il maggiore sollevamento delle strutture anticlinali costiere, è evidenziato anche da un minore spessore dei depositi alluvionali recenti in corrispondenza degli assi delle strutture stesse (figg. 1 e 6). Le divagazioni e le deviazioni dei fiumi, documentate soprattutto nei depositi alluvionali del IV ordine ed evidenziate dalla presenza di paleoalvei (fig. 7) rilevati mediante indagini geomorfologiche ed idrogeologiche, si sono prodotte in tempi recenti in relazione ad un'attività tettonica piuttosto intensa.

All'azione della Tettonica si è sovrapposta, successivamente quella antropica, che in qualche modo ha obliato gli effetti della prima. Per tale motivo non è al momento possibile, sulla base degli elementi a disposizione, fornire dati attendibili sull'entità dei sollevamenti e sul ruolo morfogenetico della Tettonica nei tempi più recenti.

#### BIBLIOGRAFIA

- AUTORI VARI (1986) - *La Geologia delle Marche* (a cura di CENTAMORE E. e DEIANA G.). Studi Geol. Cam., vol. Speciale 73° Congr. Soc. Geol. It., 145 pp., 2 tt.
- ALESSIO M., ALLEGRI L., COLTORTI M., CORTESI C., DEIANA G., DRAMIS F., IMPROTA S. & PETRONE V. (1979) - *Depositi tardowürmiani nell'alto bacino dell'Esino (Appennino marchigiano). Datazione al <sup>14</sup>C.* Geogr. Fis. Dinam. Quat., 2, 203-205.
- ALESSIO M., ALLEGRI L., AZZI C., CALDERONI G., CORTESI C., IMPROTA S., NESCI O., PETRONE V. & SAVELLI D. (in stampa) - *Successioni alluvionali terrazzate nel medio bacino del Metauro (Appennino marchigiano). Datazione con il <sup>14</sup>C.* Geogr. Fis. Dinam. Quat.
- BIONDI E. & COLTORTI M. (1982) - *The Esino flood plain during the Holocene.* Proceed. 11<sup>th</sup> Congr. Int. INQUA, vol. 3, 40-60.
- BOCCALETTI M., CALAMITA F., CENTAMORE E., DEIANA G. & DRAMIS F. (1983) - *The Umbria-Marche Apennine: an example of thrust and wrenching Tectonics in a model of ensialic Neogenic-Quaternary deformation.* Boll. Soc. Geol. It., 102, 582-592, 1 t.
- CANTALAMESSA G., CENTAMORE E., CHIOCCHINI V., COLALONGO M.L., MICARELLI A., NANNI T., PASINI G., POTETTI M. & RICCI LUCCHI C. (1986) - *Il Plio-Pleistocene delle Marche.* In: «A.A.V.V. (1986)», 61-81.
- CAPEDER G. (1907) - *Sulla esistenza di una componente orizzontale nei movimenti di emersione delle coste picene sull'Adriatico.* Boll. Soc. Geol. Ital., 26, 189-228.
- CASNEDI R., CRESCENTI U. & TONNA M. (1984) - *Evoluzione dell'avanzata fossa adriatica meridionale nel Plio-pleistocene sulla base dei dati del sottosuolo.* Mem. Soc. Geol. It., 24, 243-260, 10 ff.
- CASTIGLIONI B. (1933) - *Valli sovralluvionali e deviazioni fluviali in Abruzzo e Piceno.* Boll. Soc. Geol. It., 6, 642-660, 3 tt.
- CENTAMORE E., DEIANA G., MICARELLI A., CANTALAMESSA G., POTETTI M., DI LORITO L., LEONELLI M., MARCHETTI P., PESARESI A., PONTONI F., TADDEI L. & VENANZINI D. (1982) - *Evoluzione tettonica della porzione nord-occidentale del bacino della Laga dal Messiniano al Quaternario.* Contr. concl. Carta Neotettonica Italia, pubbl. 513, P.F. Geodinamica, 359-369, CNR.
- COLALONGO M.L., NANNI T. & RICCI LUCCHI F. (1979) - *Sedimentazione ciclica nel Pleistocene anconetano.* Geol. Rom. 18, 71-92, 13 ff., 1 carta geol. Roma.
- COLTORTI M. (1979) - *Reperti litici del Paleolitico inf. come contributo alla datazione delle alluvioni terrazzate del F. Esino (Ancona).* Studi Geol. Camerti, 5, 7-16.
- COLTORTI M., DRAMIS F., GENTILI B. & PAMBIANCHI G. (1979) - *Stratified slope waste deposits in the Umbria-Marche Apennines.* Proc. 15<sup>th</sup> Plen. Meet. Comm. Geomorph. Surv. Mapp., Modena 7-15 settembre 1979, 207-212.
- COLTORTI M., DRAMIS F. & PAMBIANCHI G. (1983) - *Stratified slope waste deposits in the Esino River basin (Umbria-Marche Apennines, Central Italy).* Polarforschung, 53, 59-66.
- COLTORTI M. & NANNI T. (1983) - *Hydrogeology ad Neotectonics of the lower Esino basin.* Paper Int. Conf. Groundwater and Man, 5-9 December 1983., Australian Water Res. Council. Conf. Series, 8, 3, 11-20, Sydney.
- COLTORTI M. & NANNI T. (1987) - *La bassa Vallesina: Geomorfologia, Idrogeologia e Neotettonica.* Boll. Soc. Geol. It., 106, 35-51.
- CONTI A., DI EUSEBIO L., DRAMIS F. & GENTILI I. (1984) - *Evoluzione geomorfologica recente e processi in atto nell'alveo del Tenna (Marche meridionali).* Atti del 23° Congr. Geogr. It., Catania 9-13 maggio 1983.
- CRESCENTI U. (1972) - *Sulla deviazione dei fiumi marchigiani.* Geol. Appl. Idrogeol., 7, 45-55.
- DAMIANI A.V. & MORETTI A. (1969) - *Segnalazione di un episodio würmiano nell'alta valle del Chienti (Marche).* Boll. Soc. Geol. It., 87, 171-181.
- DRAMIS F. (1983) - *Morfogenesi di versante nel Pleistocene superiore in Italia: i depositi detritici stratificati.* In: «AIQUA, Rel. Conv. Aut. 1982. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 6, 180-182.
- ELMI C., DIDERO M., FRANCAVILLA F., GORI U. & ORAZI V. (1983) - *Geologia e Idrogeologia della bassa valle del Fiume Foglia (Marche settentrionali).* L'Ateneo Parmense, Acta Nat., 19, 117-136.
- GIANNINI E. & PEDRESCHI L. (1949) - *Considerazioni sullo sviluppo dell'idrografia in relazione alle più recenti teorie sull'orogenesi appenninica.* Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., sez. A., 56, 144-177.
- GIROTTI O. (1969) - *Fogli 133-134, Ascoli Piceno e Giulianova. Note Illustr.* Carta Geol. Italia, Ercolano (Napoli).
- GUERRERA F., RAINERI B. & WEZEL F.C. (1978) - *Eventi neotettonici quaternari nell'area nord-marchigiana.* Mem. Soc. Geol. It., 19, 589-595.
- JACOBELLI P., MANGANI G. & PACI V. (1982) - *Atlante storico del territorio marchigiano.* Ed. Cassa Risparmio di Ancona.
- LIPPARINI T. (1939) - *I terrazzi fluviali delle Marche.* Giorn. Geol. 13, 5-22.
- MASSARI F., PAREA G.C., RAINONE M.L., VEDOVATO L. & VIVALDA P. (1986) - *Elementi di Sedimentologia delle paleospiege pleistoceniche marchigiane.* Atti Riun. Gruppo Sedim. CNR (a cura di NANNI T.) Ancona 5-7 giugno 1986, 81-103.

- MAZZANTI R. & TREVISAN L. (1978) - *Evoluzione della rete idrografica nell'Appennino Centro-Settentrionale*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 1, 55-62.
- NANNI T. (1985) - *Le falde di subalveo delle Marche: inquadramento idrogeologico, qualità delle acque ed elementi di Neotettonica*. Ed. Regione Marche, Materiali Programmazione, 104 pp., ff. 22, Ancona.
- NANNI T., PENNACCHIONI E. & RAINONE M. (1986) - *Il bacino pleistocenico marchigiano*. Atti Riun. Gruppo Sedim. CNR (a cura di NANNI T.), Ancona, 5-7 Giugno 1986, 13-43, 1t.
- NANNI T., ZUPPI G.M., DOMINICI D., MARCELLINI M. & VIVALDA P. (in stampa) - *Influenza della Tettonica sul chimismo delle acque delle pianure alluvionali dei fiumi Esino, Musone ed Aspio (Marche)*. 20<sup>th</sup> Congr. IAH, 13-17 Aprile 1987.
- NESCI O. & SAVELLI B. (in stampa) - *Cicli continentali tardo-quadernari lungo i tratti vallivi mediani delle Marche settentrionali*. Geogr. Fis. Dinam. Quat.
- RAINERI B. & CORVI C. (1975) - *Primo tentativo di datazione dei terrazzi fluviali del Cesano (Prov. di Pesaro)*. L'Ateneo Parmense, Acta nat., 11, 779-788.
- SELLI R. (1954) - *Il bacino del Metauro*. Giorn. Geol., 24, 295 pp., 3 ff., 8 tabb., 13 tt.
- SESTINI A. (1950) - *Sull'origine della rete idrografica e dei bacini intermontani dell'Appennino Centro-Settentrionale*. Riv. Geogr. It., 57, 249-256.
- VILLA G.M. (1942) - *Nuove ricerche sui terrazzi fluviali delle Marche*. Gior. Geol., 16, pp. 5-75.