

OLIVIA NESCI & DANIELE SAVELLI (*)

SUCCESSIONI ALLUVIONALI TERRAZZATE NELL'APPENNINO NORD-MARCHIGIANO

Abstract: NESCI O. & SAVELLI D., *Terrace alluvium successions in the Northern Marche Apennines (Italy)* (IT ISSN 0391-9838, 1991).

In this paper the results of geological studies about the terrace alluvium successions of the 1st-, 2nd- and 3rd-order of the Northern Marche valleys are exposed. The aim is to provide a synthetic description of the terrace alluvium sequences, in particular of those which represent the main aggradation stages, and to define the stratigraphic relations between them.

The main orders of terraces show cyclicity in the deposition and erosion of the major sequences; they are repeated with constant characters in each major cycle and point to particular evolution stages inside each cycle («marker» stages and deposits).

The Northern Marche terrace alluvium successions rest above complex alternations of ridges and depressions of the bedrock moulded during erosive stages preceding the aggradation. In some places, the aggradation starts with fine-grained (mostly sandy-silty) alluvium with intercalations of pebbly lenses. These deposits are very discontinuous and have been observed only at the base of the 3rd-order alluvium of the Metauro, Cesano and Conca Valleys. Some ¹⁴C dates show that they date back to more than 41 000 years B.P. in the Metauro valley and between 31 920 and more than 44 000 years B.P. in the Conca Valley. There is no sufficient sedimentological evidence to recognise the channel patterns; we can only say that the alluvium considered is interpretable as a low-energy stream deposit. The first alluvial deposits diffused throughout every valley studied and typical of each main terrace, are constituted by well sorted pebbly fluvial sequences with occasional sandy or silty-sandy lenses, generally more frequent down-valley. The pebbles are always markedly polygenic and reflect the lithology of the whole drainage basin; the roundness is high, but sometimes it can decrease because of the control of local factors. The outcrops almost always show large-scale grouped stratified units and assume a typical festoon-like appearance; the individual depositional bodies show thicknesses varying from a few centimetres up to 1-2 m and lateral extensions not exceeding 10 m (in transverse sections). The observed sedimentary structures allow us to refer the examined sequences to braided-river depositional environments.

The aggradation of the alluvial successions prosecuted with the deposition of areally discontinuous sequences of alluvial fan. Their thicknesses vary in relation to the extension and the lithology of the source-basins. In particular, calcareous lithotypes originated not very extended and relatively thick (sometimes more than 25 m) alluvial fans; on the contrary, sandy-marly-clayey lithotypes gave origin to wider and thinner (less than 4-5 m) fans. The gravelly fans show generally (with more evidence in the intermediate and distal areas) fining-upward trends: towards the top, in fact, the grain-size decreases and the thickness and frequency of silty-sandy layers increase. Where the source basins consist of calcareous lithotypes, sometimes the top of the alluvial-fan sequences is constituted by clasts morphometrically similar to those which characterise the *éboulis ordonnés*, probably provided by the reworking of these slope-waste deposits. The gravelly alluvial fans, or the gravelly lenses in the «muddy» ones, show that the pebbles are markedly monogenic or provided by a very low number of formations; the pebbles are often flattened and generally they are very poorly sorted: very often elements of decimetric dimensions float into finer gravels. The pebbles are generally scarcely rounded or sub-rounded, even if in the distal area deposits consisting of well-rounded clasts are rather frequent. The sedimentological characteristics of the depositional sequences change from the fans-head areas to the more distal ones. In the former areas mass-flow deposits prevail, the layering is lacking or not very evident and the sequences appear mostly chaotic; in the latter zones, the mean grain-size decreases and stream-flow deposits generally prevail: in these cases, the sedimentary structures point out again braided-stream depositional environments.

The alluvial-fan sequences sedimented by minor tributary streams, always rest above the braided-river ones of the trunk valleys.

After their aggradation, the braided river-alluvial fan successions, have been terraced and often noticeably remoulded by gradually deepening sinuous-meandering streams: this fact is indicated both by superficial traces of ancient sinuous palaeochannels and by the sedimentary structures of the deposits belonging to the terracement phase (re-incision stage). The re-incision, however, was not continuative, but has been interrupted by minor phases of aggradation and terracement. The fluvial sequences deposited during the re-incision stages are characterised by poorly-sorted gravels; in the most representative examples, the outcrops show fining-upward trends, with coarse-grained gravels (dimensions sometimes up to some decimetres) at the base and sands and fine-grained gravels at the top. In these examples, a tripartition of the sequences can be recognised as follows: a coarse-grained basal level (channel-lag); a low-angle cross-bedded intermediate level (point-bar); a generally massive sandy-silty top level (flood-plain p.p.). The regularity of the said three levels is almost always disturbed by more or less frequent minor lenticular depositional bodies related to chute processes.

The deposition of the braided-river and of the alluvial-fan sequences, followed by the stratified slope-waste sequences (*éboulis ordonnés*), is attributable to the main glacial phases of the Middle and Upper Pleistocene and seems to belong to the intermediate-end stages of the main

(*) Istituto di Geologia dell'Università, via S. Chiara n. 27, 61029 Urbino.

Comunicazione presentata al «2° Seminario sulle Pianure minori italiane» (Urbino, 9-10 Gennaio 1991) nell'ambito del Progetto del M.P.I. (fondi 40%) «Genesi ed evoluzione geomorfologica delle pianure dell'Italia peninsulare ed insulare» (Resp. Naz. prof. P.R. Federici; Resp. U.O. prof. O. Nesci).

Pubblicazione n. 140 dell'Istituto di Geologia dell'Università di Urbino eseguita anche con fondi M.P.I. 60% (Resp. proff. O. Nesci e D. Savelli) e C.N.R. (contributo n. 12 del tema «Ruolo della tettonica trascorrente e verticale nel Neogene Mediterraneo», Resp. prof. F.C. Wezel).

anaglaciali. In particular, at the beginning of the deposition of the silty-sandy alluvium dating more than 44 000 years B.P., the entrenchment of the principal streams was concluded. As regards the re-incision stage, it seems to start during the principal cataglacial phases and to continue during the first part of the interglacials.

KEY WORDS: Continental sedimentation. Terrace alluvium, Lithostratigraphy, Sedimentology, Northern Marche Apennines.

Riassunto: NESCI O. & SAVELLI D., *Successioni alluvionali terrazate nell'Appennino nord-marchigiano* (IT ISSN 0391-9838, 1991).

Vengono esposti i risultati di ricerche sulle successioni alluvionali terrazzate del 1°, 2° e 3° ordine delle valli nord-marchigiane allo scopo di fornire una sintetica descrizione delle principali sequenze alluvionali riconosciute in ciascun ordine dei terrazzi e definire i rapporti stratigrafici fra le sequenze stesse. Nell'area esaminata, i maggiori ordini di terrazzi mostrano una ciclicità sia delle fasi deposizionali che di quelle erosive, che si ripetono in ciascun ciclo con caratteristiche costanti e indicano particolari fasi evolutive.

Le successioni alluvionali terrazzate nord-marchigiane poggiano su substrati rocciosi profondamente erosi. Iniziano talvolta (alluvioni del «3° ordine» dei fiumi Metauro, Cesano e Conca) con sequenze alluvionali prevalentemente limoso-sabbiose molto discontinue e profondamente reincise di età radiometrica >41 000 anni. I primi depositi alluvionali diffusi in tutte le valli esaminate e caratteristici di tutte le

principali unità terrazzate sono costituiti da sequenze fluviali (spessori fino a 30-35 m) prevalentemente ghiaiose depositate da corsi d'acqua a canali multipli intrecciati e basso indice di sinuosità.

L'aggradazione delle successioni alluvionali terrazzate è proseguita con la deposizione di sequenze arealmente discontinue di conoide alluvionale, di litologia variabile da limoso-sabbiosa a prevalentemente ghiaiosa. Le caratteristiche sedimentologiche delle conoidi alluvionali variano a seconda che ci si trovi verso l'apice, dove prevalgono i depositi da movimento in massa o nelle zone distali, dove si ha prevalenza di depositi da flussi idrici. I rapporti con la sequenza fluviale «di canali intrecciati» sono sempre di sovrapposizione stratigrafica.

Le sequenze fluviali e quelle di conoide alluvionale sono state terrazzate e spesso notevolmente rimodellate da corsi d'acqua sinuosomeandranti migranti lateralmente ed in graduale approfondimento, come è testimoniato sia da tracce di paleoalvei sinuosi, sia dalle strutture sedimentarie dei depositi. La re-incisione non è stata tuttavia continua, ma è stata interrotta da eventi di aggradazione e sembra terrazzare la parte intermedio-terminale dei maggiori anaglaciali.

La deposizione delle sequenze fluviali «di canali intrecciati» e di quelle di conoide alluvionale, cui seguono in ordine di tempo i depositi di versante del tipo *éboulis ordonnés*, è riferibile ai principali cicli freddi del Pleistocene medio e superiore e sembra caratterizzare la parte intermedio-terminale dei maggiori anaglaciali. La re-incisione invece inizia al termine dei principali glaciali e prosegue durante parte degli interglaciali.

TERMINI CHIAVE: Sedimentazione continentale, Alluvioni terrazzate, Litostratigrafia, Sedimentologia, Appennino Marchigiano.

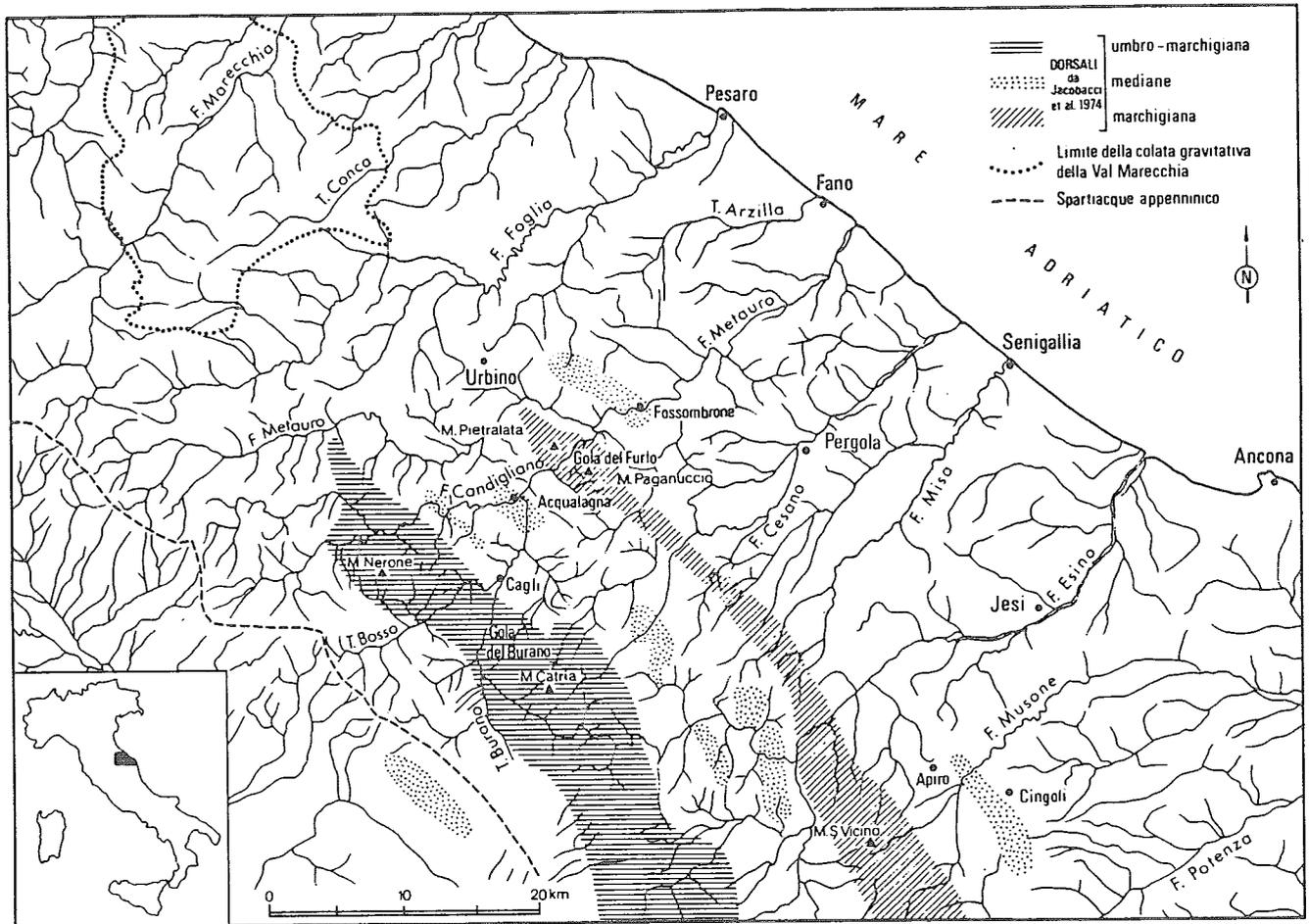


Fig. 1 - Reticolo idrografico dell'area nord marchigiana ed ubicazione dei principali toponimi citati nel testo.

INTRODUZIONE

L'Appennino nord-marchigiano è caratterizzato da alternanze di rilievi e depressioni arcuate («dorsali» e «bacini») subparalleli fra loro, coincidenti per la maggior parte rispettivamente ad anticlinori calcarei mesozoici e sinclinori terrigeni cenozonici (fig. 1) che hanno iniziato a strutturarsi nella seconda metà del Cenozoico e, secondo alcuni Autori, sono in parte rimasti attivi fino ad oggi. Nel Pleistocene-Olocene l'area è stata interessata da sollevamento generalizzato cui si sono associati movimenti minori differenziati evidenziati sia dalla distribuzione areale dei terrazzi vallivi, che dalla distribuzione verticale degli stessi. L'andamento degli assi vallivi principali, trasversale alle maggiori strutture tettoniche (fig. 1), può essere attribuito a processi di sovrapposizione seguiti da antecedenza guidati dal progressivo corrugamento del substrato (MAZZANTI & TREVISAN, 1978) ed influenzati da faglie trasversali attive in tempi recenti.

I principali ordini di terrazzi con deposito alluvionale hanno avuto origine durante il Pleistocene medio-superiore e l'Olocene a causa dell'alternarsi ciclico di fasi deposizionali ed erosive (NESCI & SAVELLI, 1986, 1990). Nelle aree esaminate, soggette a sollevamento tettonico generalizzato, uno dei principali problemi è l'individuazione delle cause e dei meccanismi che hanno ciclicamente determinato sui fondi vallivi la deposizione di successioni detritico-alluvionali e di quelli che di volta in volta hanno provocato la loro re-incisione e l'estesa escavazione del substrato. L'origine dei terrazzi alluvionali nord-marchigiani, infatti, è stata variamente attribuita a cause tettoniche, eustatiche e climatiche, o alla loro reciproca interazione. Data la scarsità delle datazioni assolute e relative disponibili e la difficoltà di operare correlazioni basandosi su queste ultime, le alterne fasi erosive e deposizionali sono state perciò variamente inserite nelle scale cronologiche del Pleistocene (cfr. LIPPARINI, 1939; SELLI, 1962; COLTORTI, 1979) o sono state semplicemente riferite ad un calendario relativo degli eventi (cfr. JACOBACCI & *alii*, 1974; GUERRERA & *alii*, 1978; NESCI & *alii*, 1978).

Per una corretta attribuzione dell'origine dei terrazzi a cause tettoniche e/o climato-eustatiche sono necessarie dettagliate ricostruzioni sia del modellamento delle superfici di terrazzamento e del substrato su cui poggiano le successioni alluvionali, sia della evoluzione litostratigrafico-sedimentologica di queste ultime. La presente nota ha lo scopo di fornire una sintetica descrizione delle sequenze alluvionali terrazzate dell'area nord-marchigiana, con particolare riguardo verso quelle che costituiscono le principali fasi di aggradazione («*depositi guida*» di NESCI & SAVELLI, 1986, 1990), illustrare i rapporti stratigrafici fra le sequenze stesse e fornire indicazioni generali sulla genesi e sull'evoluzione delle successioni alluvionali terrazzate dell'area esaminata. A tal fine vengono esposte ed illustrate alcune osservazioni eseguite sui terrazzi vallivi dei tratti mediani e medio-alti delle valli dell'area considerata. Tale scelta è motivata dal fatto che i tratti mediani e medio-alti delle valli, qualora non intervengano perturbazioni lo-

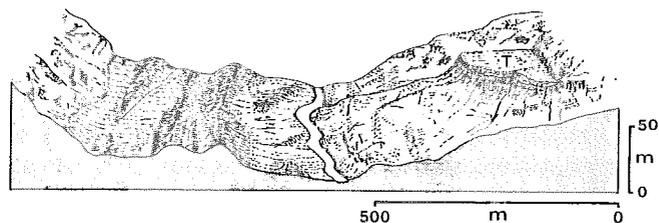


FIG. 2 - Caratteristiche del substrato roccioso al termine delle fasi di escavazione (E). Sul lato destro è rappresentato un terrazzo del ciclo precedente (T).



FIG. 3 - Aggradazione (A) delle successioni alluvionali terrazzate. Deposizione delle sequenze fluviali *Fb* (1) di canali intrecciati seguite da (2) sequenze di conoide alluvionale (*Ca*).

cali (confluenze di fiumi a differente regime, catture, strutture tettoniche attive, ecc.), registrano meglio degli altri le caratteristiche generali delle principali fasi erosivo-deposizionali.

LE ALLUVIONI TERRAZZATE

Le alluvioni terrazzate delle valli nord-marchigiane vengono tradizionalmente suddivise in quattro principali ordini (T1-T4, dal più antico al più recente) a seconda della loro altezza relativa sul fondovalle (cfr. LIPPARINI, 1939; VILLA, 1942; SELLI, 1954 e AA. successivi). Questo tipo di nomenclatura, già criticato concettualmente (HOWARD, 1959 e AA. successivi), non è appropriato per definire correttamente i terrazzi dell'area considerata (NESCI & *alii*, 1990). Nonostante ciò, non essendo fra gli scopi della presente nota discutere o modificare uno schema classificativo utilizzato da decenni per le nostre aree manteniamo qui la suddivisione tradizionale, introducendo tuttavia alcune specifiche. In particolare, è opportuno specificare che le

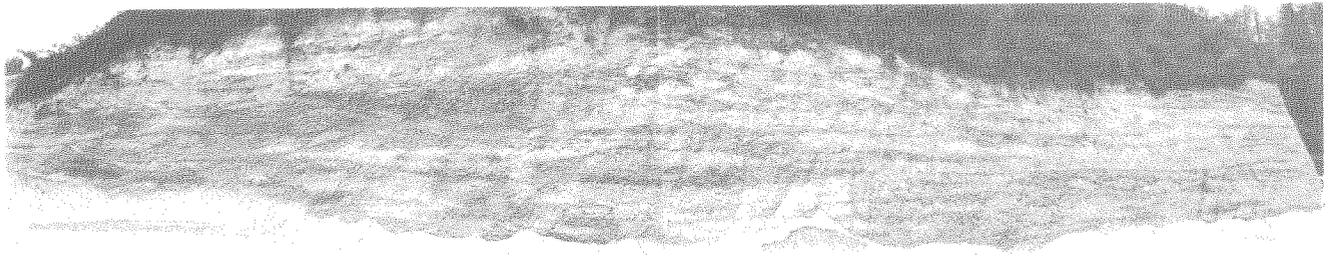


FIG. 4 - Sequenza fluviale *Fb* a valle di Fossombrone mostrante le tipiche geometrie «a festoni» di canali intrecciati. Terrazzi del 3° ordine, sponda sinistra del F. Metauro.

«*alluvioni terrazzate del 4° ordine*» (terrazzi del 4° ordine, T4) non possono essere confrontate con quelle del 1°, 2° e 3° ordine in quanto presentano caratteristiche geomorfologiche e litostratigrafiche completamente diverse e rappresentano più fasi minori di terrazzamento verificatesi durante la reincisione dei depositi alluvionali del 3° ordine (cfr. NESCI & SAVELLI, 1991). Recentemente, inoltre, NESCI & alii (1990) hanno messo in evidenza che nei bacini dei fiumi Metauro e Foglia i terrazzi tradizionalmente attribuiti al 1° ordine sono suddivisibili in due principali uni-

tà fra loro distinte (T1a e T1b), separate da gradini di 20-40 m.

Nell'area esaminata, i depositi alluvionali del 3° ordine sono i più estesi e meglio preservati (cfr. fig. 13); i terrazzi del 2° ordine sono meno continui, ma ben rappresentati lungo molti tratti vallivi in tutto simili a quelli del 3° ordine; i terrazzi del 1° ordine (sia T1a che T1b) sono invece discontinui e poco preservati. Le successioni alluvionali terrazzate più rappresentative dei principali cicli continentali nord-marchigiani sono perciò quelle del 2° e 3° ordine; le alluvioni del 1° ordine (sia T1a che T1b), sono comunque in tutto paragonabili a quelle del 2° e 3° ordine.

Le successioni alluvionali del 1°, 2° e 3° ordine studiate, presentano caratteristiche (distribuzione areale, spessori, morfologia, evoluzione litostratigrafico-sedimentologica, ecc.) molto simili fra loro e sono legate ai principali cicli sedimentari continentali del Pleistocene medio e superiore-Olocene descritti dagli scriventi per le Marche settentrionali. Ciascun ciclo è suddivisibile in due emicicli (fig. 15), uno prevalentemente erosivo ed uno tipicamente deposizionale; quest'ultimo è caratterizzato da depositi sia alluvionali che di versante. In ogni emiciclo sono riconoscibili fasi erosive e/o sequenze deposizionali caratteristiche e ripetitive per ciascun emiciclo (fasi e depositi «guida» di NESCI & SAVELLI, 1986, 1990). In particolare, l'*emiciclo erosivo* è suddivisibile in una *fase di reincisione* (R) dei depositi del ciclo precedente (figg. 13 e 15) e in una *fase di escavazione* (E) del substrato (figg. 2 e 15). L'*emiciclo deposizionale* (figg. 3 e 15) è invece caratterizzato dall'aggradazione dei fondi vallivi con la deposizione delle successioni alluvionali del 1° (sia T1a che T1b), 2° e 3° ordine, costituite da *sequenze fluviali di canali intrecciati* (*Fb*) seguite da *sequenze di conoide alluvionale* (*Ca*) (figg. 3 e 15). Alle successioni alluvionali seguono quelle detritiche, suddivisibili a loro volta in *Detriti stratificati* (Ds) e *Detriti «caotici»*. Le fasi e le sequenze «guida» riconosciute nei cicli maggiori sono sempre legate fra loro da precisi rapporti stratigrafici generalizzabili alla maggior parte dei depositi alluvionali del 1°, 2° e 3° ordine dei tratti mediani e medio-alti delle valli nord-marchigiane.

Vengono di seguito descritte le principali fasi erosivo-deposizionali riconosciute per le successioni alluvionali ter-

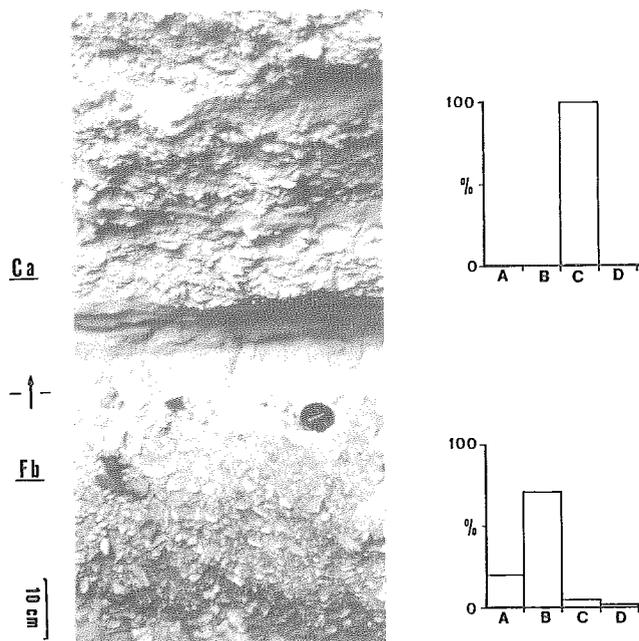


FIG. 5 - Sovrapposizione stratigrafica fra una sequenza fluviale *Fb* ed una di conoide alluvionale (*Ca*) del 3° ordine. Si noti il grado di arrotondamento dei clasti, notevolmente maggiore nelle ghiaie fluviali. Gli istogrammi indicano la litologia delle due sequenze: A = Maiolica e terreni *pre-Maiolica*; B = gruppo delle Scaglie; C = Bisciario; D = arenarie mio-plioceniche. Fianco sinistro della valle del F. Cesano, circa 2 km a valle di Pergola.

razzate iniziando, per comodità di esposizione, dalla fase di escavazione e terminando con quella di reincisione.

DEPOSIZIONE DELLE SUCCESSIONI ALLUVIONALI (fase di aggradazione, A)

MORFOLOGIA DEL SUBSTRATO

Le successioni alluvionali del 1° , 2° e 3° ordine poggiano sempre su superfici erosive, livellando il substrato roccioso che presenta andamenti molto irregolari, caratterizzati dalla alternanza di alvei sepolti e rilievi modellati prima delle fasi di alluvionamento e parzialmente spianati al termine delle fasi di aggradazione e durante le fasi di reincisione.

La tipica irregolarità del substrato su cui poggiano i depositi alluvionali del 3° ordine è già stata evidenziata da FRANCAVILLA (1976) il quale, lungo un breve tratto del F. Metauro nei pressi di Fossombrone ha provato, grazie ad alcuni sondaggi meccanici, l'esistenza di alvei sepolti successivamente riconosciuti anche tramite indagini geofisiche (SAVELLI & *alii*, 1984). Verso la foce dei fiumi Metauro e Foglia le alluvioni del 3° ordine ricoprono un substrato roccioso talvolta profondamente inciso dai paleoalvei dei due corsi d'acqua principali e dei loro affluenti (ELMI & *alii*, 1981, 1983). Situazioni analoghe si osservano anche nelle altre valli dell'area marchigiana (cfr. NANNI, 1985; ELMI & *alii*, 1991). Nei tratti mediani e medio-alti delle valli studiate, l'irregolarità del substrato su cui poggiano le alluvioni terrazzate (fig. 2) è ben documentabile anche in affioramento.

Non si conosce al momento alcun deposito alluvionale attribuibile alle *fasi di escavazione* che possa fornire indicazioni relative alla dinamica fluviale durante tali eventi. Si può perciò solo ipotizzare che i fiumi, in prevalente erosione, evacuassero la totalità del materiale, accumulando solo localmente depositi discontinui ed effimeri.

Le successioni alluvionali della fase di aggradazione di ciascun ordine principale di terrazzi vallivi sono suddivisibili in due sequenze (figg. 3 e 15): la prima è costituita da sedimenti fluviali (*sequenza Fb*) e l'altra, arealmente discontinua, da depositi di conoide alluvionale (*sequenza Ca*).

Gli attuali spessori delle successioni alluvionali variano notevolmente da punto a punto in funzione sia delle irregolarità del substrato che della quantità di materiale asportato durante la reincisione e, per i depositi pre-T3, durante alterne vicende erosive. Gli spessori variano inoltre a seconda della presenza o meno di entrambe le sequenze *Fb* e *Ca* e in funzione della litologia di queste ultime, nonché della posizione più o meno distante dall'apice delle conoidi (cfr. fig. 3). In particolare, nelle valli esaminate, lo spessore massimo originario delle sequenze *Fb* doveva essere piuttosto costante, compreso fra 25 e 30 m; la presenza delle sequenze *Ca* poteva invece determinare massimi locali talvolta superiori a 40 m.

1. SEQUENZE FLUVIALI

Le irregolarità del substrato roccioso modellato durante le fasi di escavazione (*E*), vengono livellate dalla deposizione delle sequenze fluviali ghiaiose *Fb* (figg. 3 e 15). Per quanto concerne le sole alluvioni del 3° ordine, alcuni affioramenti mettono tuttavia in evidenza una fase di aggradazione pre-*Fb*.

Sequenze limoso-sabbiose basali delle alluvioni terrazzate del 3° ordine

In prossimità della confluenza fra i fiumi Metauro e Candigliano sono presenti depositi fluviali limoso-sabbiosi

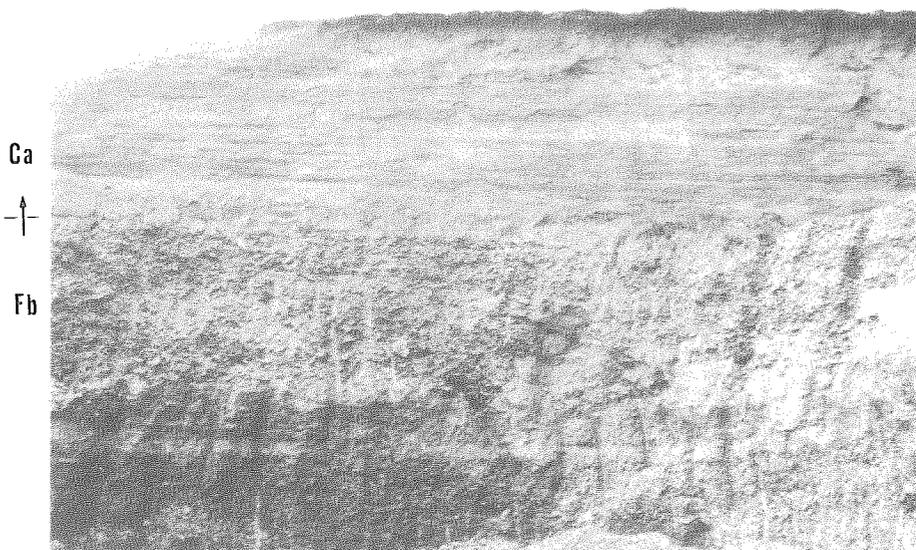


FIG. 6 - Sequenza fluviale ghiaiosa *Fb* sormontata con contatto netto da una sequenza di conoide alluvionale (*Ca*) «fangosa». La sottile stratificazione piano-parallela della sequenza *Ca* indica deposizione areale.

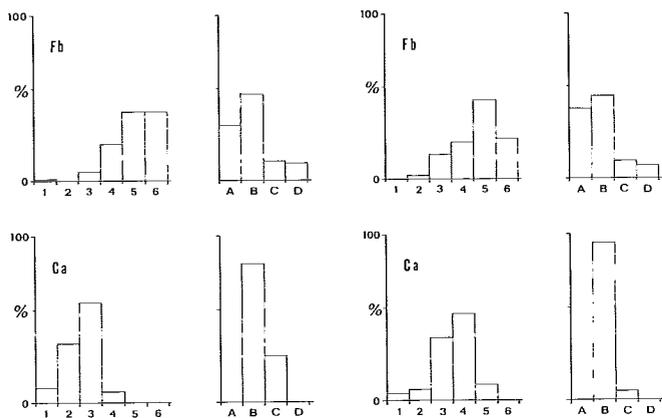


FIG. 7 - Istogrammi mostrandoti le differenze del grado di arrotondamento e litologia in due affioramenti della successione completa *Fb* → *Ca* del 3° ordine del F. Metauro, a valle della confluenza col F. Candigliano. *Arrotondamento*: 1 = molto angoloso; 2 = angoloso; 3 = subangoloso; 4 = subarrotondato; 5 = arrotondato; 6 = molto arrotondato. *Litologia*: A = Maiolica e terreni *pre-Maiolica*; B = gruppo delle Scaglie; C = Bisciario; D = arenarie mio-plioceniche. I ciottoli fluviali meno arrotondati derivano da affioramenti di substrato poco a monte dei depositi, in corrispondenza di locali restringimenti vallivi.

contenenti resti di *Pinus tipo sylvestris* di età radiometrica > 41 000 anni (ALESSIO & alii, 1987). Depositi analoghi, quasi completamente smantellati, sembrano diffusi alla base di varie unità terrazzate del 3° ordine dei fiumi marchigiani. Depositi simili per litologia e posizione stratigrafica sono stati segnalati in prossimità della foce del T. Conca: essi in base al contenuto floristico, faunistico e paleontologico, sono stati inizialmente riferiti al Riss-Würm (CONTI & alii, 1982), ma recenti datazioni col 14C hanno rivelato età würmiana (da più di 44 000 a 31 920 ± 1 030 anni

fa, FORLANI, 1987); depositi analoghi sono diffusi anche lungo il medio corso del F. Cesano (ALESSIO & alii, 1987 e dati inediti).

L'esiguità degli affioramenti permette per tali sequenze solo di ipotizzare una fase deposizionale piuttosto fredda, in corsi d'acqua a bassa energia.

Sequenze ghiaiose di canali intrecciati (*Fb*)

Nella maggior parte dei casi, il substrato è ricoperto dalle sequenze fluviali *Fb* prevalentemente ghiaiose (cfr. fig. 3), con intercalazioni di lenti limoso-sabbiose o sabbioso-ghiaiose, generalmente più frequenti ed estese verso l'alto, verso le aree più prossime alla foce o in presenza di allargamenti delle sezioni vallive.

I ciottoli sono sempre marcatamente poligenici (fig. 7) e riflettono la litologia delle formazioni affioranti negli attuali bacini, poco differenti da quelli drenati durante il Pleistocene medio e superiore. Il grado di arrotondamento è mediamente buono (ciottoli da arrotondati a molto arrotondati ⁽¹⁾, pur essendo condizionato dalla distanza dell'area di provenienza, dalla litologia e da fattori locali (ciottoli da angolosi a subarrotondati sono infatti frequenti a valle di restringimenti vallivi, in vicinanza di pareti rocciose, ecc.) (cfr. fig. 7).

La stratificazione, spesso mal definita, quando è riconoscibile con sicurezza è prevalentemente incrociata a grande scala ⁽¹⁾. I singoli corpi sedimentari hanno generalmente forma piano-concava o biconcava e sono quasi sempre delimitati da superfici erosive spesso irregolari (fig. 4); gli spessori variano mediamente da pochi decimetri a 1-2 m e la continuità laterale da 1-2 m a circa 10 m.

⁽¹⁾ La dizione italiana dei termini sedimentologici è quella introdotta da RICCI LUCCHI (1980) e ORI (1988).

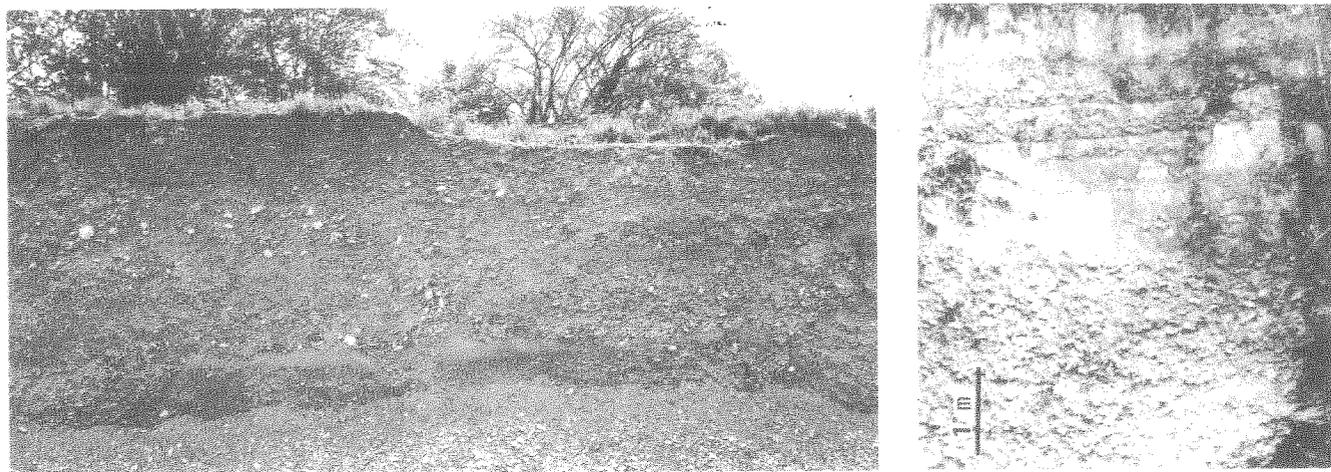


FIG. 8 - Sequenze *Ca* del 3° ordine. A sinistra, una conoide ghiaiosa alimentata dal gruppo delle Scaglie; si notano sia depositi da correnti idriche che da movimenti in massa evidenziati dai ciottoli verticalizzati visibili nella parte intermedia - centrale dell'affioramento; F. Metauro, immediatamente a valle della confluenza con il F. Candigliano. A sinistra, tendenza «fining-upward» in una conoide alimentata dal Bisciario; versante sinistro del F. Cesano, circa 2 km a valle di Pergola.

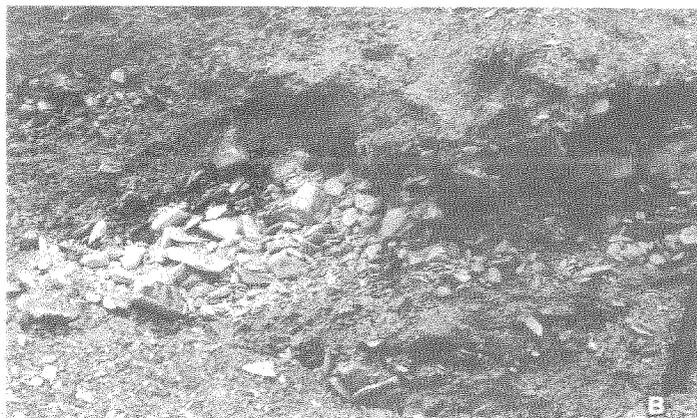
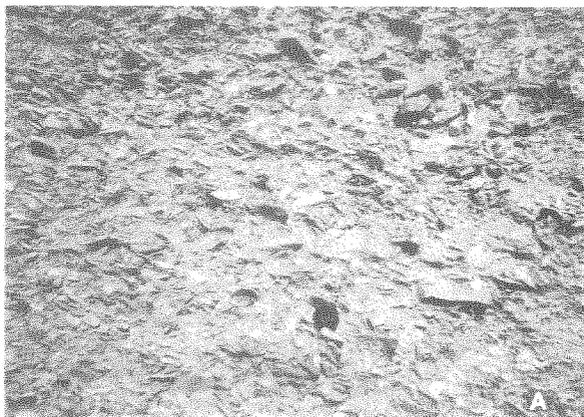


FIG. 9 - Porzione apicale di due conoidi alluvionali del 3° ordine. A = Depositi disorganizzati ad elementi poco arrotondati di Scaglia rossa e variegata messi in posto da prevalenti movimenti in massa; versante destro della valle del F. Metauro, circa 4 km a monte della confluenza con il F. Candigliano. B = lenti ghiaiose interpretabili come depositi di tipo «sieve» in una conoide alimentata dal gruppo delle Scaglie; fianco destro del F. Candigliano, circa 3 km a monte della Gola del Furlo.

L'insieme delle geometrie osservate permette di riferire la maggior parte delle sequenze *Fb* a pianie alluvionali di corsi d'acqua con canali multipli intrecciati, basso indice di sinuosità (fig. 3.1) e prevalente carico sul fondo (modello «braided»). Le caratteristiche generali di tali sequenze ben si adattano al modello n. 2 proposto da MIALL (1985), tipico dei tratti prossimali delle pianie alluvionali di corsi d'acqua con prevalente carico ghiaioso. Localmente (ad esempio tratto intermedio del F. Cesano), possono comparire facies ghiaioso-sabbiose in parte diverse, dove a geometrie tipiche di corsi d'acqua a canali intrecciati si alternano lateralmente e verticalmente corpi a stratificazione inclinata e/o incrociata che denota accrezione laterale o frontale e sembra indicare brevi tratti vallivi con deposizione ad opera di corsi d'acqua a prevalente carico sul fondo, ma con canali a maggior indice di sinuosità e letti fluviali occupati da barre laterali incise da canali minori piuttosto rettilinei (cfr. tipo n. 5 di SCHUMM, 1977 e, in parte, modello n. 3 di MIALL, 1985).

Osservazioni di maggior dettaglio compiute nel bacino dei fiumi Metauro-Candigliano permettono di fornire per i relativi depositi alluvionali ulteriori informazioni. Qui i singoli corpi deposizionali hanno spesso un aspetto massivo, ma talvolta è possibile riconoscere serie di sottili lenti ghiaioso-sabbiose. Gli intervalli massivi sono in genere costituiti da ciottoli a disposizione casuale e/o embriciata e possono contenere blocchi limoso-sabbiosi sradicati più a monte e ridepositati assieme alle ghiaie. A tratti, è inoltre riconoscibile una debole e mal definita stratificazione piano-parallela. Ai corpi massivi si alternano, sia lateralmente che verticalmente, intervalli ghiaioso-sabbiosi con evidente stratificazione incrociata concava su tagli trasversali all'asse vallivo (cfr. fig. 4). Questi due tipi di deposito sono confrontabili rispettivamente con le facies Gm e Gt di MIALL (1977): la prima rappresenterebbe il corpo di barre longitudinali e/o depositi di fondo di canale («channel lag»), mentre la seconda costituirebbe il riempimento di canali minori ampi e poco profondi.

La litologia dei depositi, la successione laterale e verticale delle facies e le associazioni delle principali geometrie permettono inoltre di confrontare la maggior parte dei depositi terrazzati del 1° 2° e 3° ordine dei fiumi Candigliano e Metauro, fino a circa 5 km dalla foce (più a valle non sono stati osservati affioramenti significativi), con i modelli empirici di MIALL (1977) attribuendone la maggior parte allo «Scott type», cioè depositi prevalentemente ghiaiosi, senza evidente ritmicità, tipici dei segmenti prossimali dei corsi d'acqua. Secondo i modelli più recenti e complessi dello stesso Autore (1985), i depositi considerati sono inoltre riferibili al modello n. 2 in precedenza citato. Alcuni affioramenti, specialmente delle alluvioni terrazzate del 2° ordine, mostrano una migliore organizzazione e una granulometria mediamente più fine, con presenza di diffuse lenti o livelli sabbioso-limosi. Questi ultimi depositi si avvicinano al «Doniek type» di MIALL (1977), pur non essendo esattamente confrontabili con esso soprattutto per la scarsa evidenza di ciclicità. I due tipi sopra descritti, in base ai dati disponibili, non appaiono legati da evidenti rapporti di sovrapposizione stratigrafica, né di prossimalità-distalità, nonostante che il secondo tipo sembri più frequente in corrispondenza di varici vallive.

2. SEQUENZE DI CONOIDE ALLUVIONALE (Ca)

Alcune fra le principali conoidi alluvionali delle valli nord-marchigiane sono segnalate dalla cartografia geologica ufficiale, ma solo rarissimi Autori hanno fornito una descrizione di alcune di esse. In particolare, NESCI & *alii*, 1978 hanno riconosciuto e descritto un'estesa conoide sul versante destro di Rio Puto (affluente di sinistra del F. Metauro), precedentemente interpretata come terrazzo fluviale del 2° o 3° ordine. FRANCAVILLA (1976), ha illustrato alcuni sondaggi eseguiti sulla conoide di S. Lazzaro (Fossombrone), ipotizzando una relazione fra il suo progressivo espandersi e la presenza di un alveo sepolto del F. Metauro.

Più recentemente è stata riconosciuta dagli scriventi una fase generalizzata di accumulo di conoidi alluvionali legata all'aggradazione dei fondi vallivi (figg. 3 e 15) e successiva alla deposizione delle sequenze fluviali *Fb*, ed è stato messo in risalto l'interesse che assumono i lembi terrazzati delle conoidi legate alle sequenze *Fb*, presenti allo sbocco nelle valli principali della maggior parte dei torrenti e delle incisioni minori (attualmente inattivi o con regimi fortemente stagionali). Questi apparati di conoide, sebbene molto diffusi, non sono sempre ben riconoscibili in quanto nella maggior parte dei casi sono parzialmente o quasi completamente smantellati; anche la tipica morfologia a ventaglio spesso non è riscontrabile a causa del terrazzamento e di successivi rimodellamenti (cfr. figg. 3 e 13): in questi casi, l'identificazione è possibile unicamente in base a correlazioni morfologiche e ai caratteri litostratigrafico-sedimentologici.

Le conoidi alluvionali più estese e meglio preservate appartengono alla fase di aggradazione delle alluvioni del 3° ordine (conoide terrazzate del 3° ordine). I lembi preservati delle sequenze di conoide alluvionale del 2° ordine, meno continui e frequenti, mostrano che gli spessori, le caratteristiche litostratigrafico-sedimentologiche e l'originaria estensione areale sono in tutto simili a quelle delle analoghe sequenze del 3° ordine. Per quanto riguarda il 1° ordine, è stato possibile individuare un solo lembo di conoide alluvionale lungo il T. Tarugo, affluente di destra del F. Metauro, che data l'estensione del proprio bacino e la sua lunghezza, ha subito le stesse vicende erosive e deposizionali del corso d'acqua principale.

La ricostruzione delle antiche conoidi alluvionali mostra che esse possedevano forma, dimensioni ed inclinazioni variabili soprattutto in funzione della estensione areale e litologia dei bacini di alimentazione e dei gradienti, secondo relazioni peraltro ampiamente note in letteratura e comuni a conoidi di ambienti molto diversi. In particolare, nelle aree esaminate, in presenza di formazioni calcaree o calcareo-marnose (come i termini giurassico-cretacei), sono stati sufficienti 0,2-0,3 kmq di superficie dei bacini di alimentazione per dare origine ad apparati di conoide morfologicamente ben definiti e con spessori di vari metri. Le conoidi alimentate da terreni sabbiosi e/o argillo-marnosi sono invece più ampie e sottili ed hanno necessitato, per assumere forma e spessori apprezzabili, di bacini di alimentazione più ampi.

Lungo i tratti vallivi esaminati, le sequenze di conoide alluvionale (*Ca*) del 2° e 3° ordine poggiano sempre sulle relative sequenze fluviali *Fb*, ove esse siano presenti (figg. 3, 5, 6 e 15). L'unico lembo di conoide del 1° ordine riconosciuto rappresenta la porzione apicale dell'antico apparato e poggia sul substrato, non essendo localmente presente la sequenza *Fb*.

Il passaggio *Fb* → *Ca* talvolta è netto, specialmente quando la conoide è alimentata da formazioni facilmente degradabili (figg. 5 e 6). Nei casi più tipici, cioè in presenza di litologie calcareo-marnose e calcaree, il passaggio interessa spessori variabili da 2-3 m a meno di 0,5 m ed è

caratterizzato dall'alternanza dei tipi litologici che costituiscono ciascuna sequenza. L'orizzonte di transizione è infatti costituito da ghiaie e sabbie ghiaiose ad elementi poligenici ben arrotondati (tipici delle sequenze *Fb*), alternate a ghiaie con ciottoli spiccatamente monogenici e meno arrotondati, via via più frequenti verso l'alto. Quando i ciottoli provengono dal Gruppo delle Scaglie, si nota anche un notevole aumento del grado di appiattimento.

I rapporti fra le sequenze *Fb* e *Ca* del 2° e 3° ordine sono stati verificati sia in prossimità degli apici delle conoidi sia in zone più distali, in quanto essendo teoricamente possibili sia brusche sovrapposizioni che semplici interdigitazioni e/o progradazioni più o meno graduali delle sequenze *Ca* sulle piane fluviali, l'analisi delle sole zone distali evidenzerebbe sempre una sovrapposizione delle sequenze *Ca* su quelle *Fb*, o tutt'al più una complessità nei reciproci rapporti (cfr. RYDER, 1971).

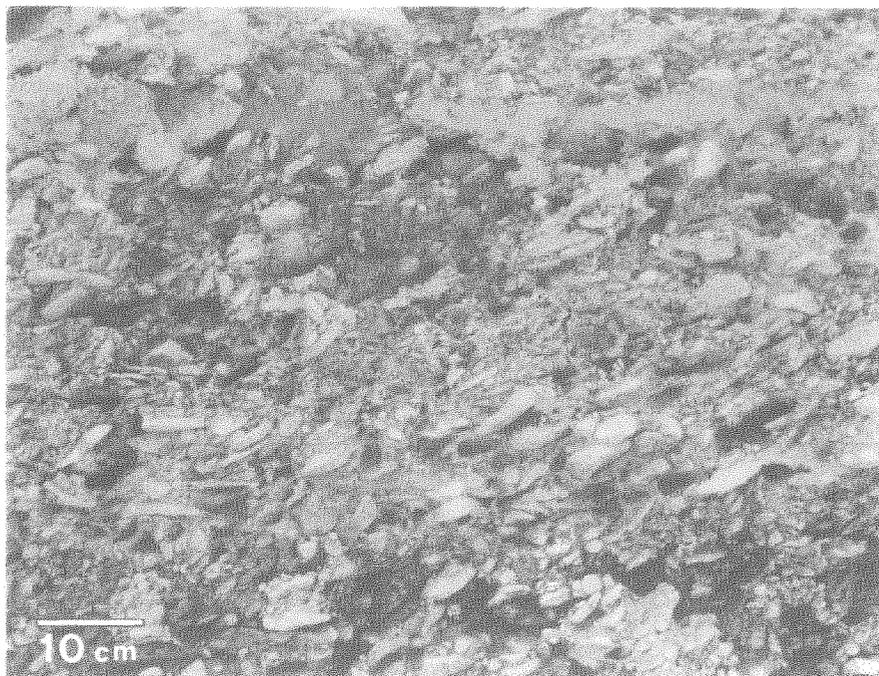
Lo stile deposizionale, così come la morfologia delle conoidi alluvionali considerate varia notevolmente a seconda della litologia dei bacini di alimentazione. Fra le conoidi osservate le più rappresentative sono costituite da clasti calcarei o calcareo-marnosi mesozoico-paleogenici provenienti dalle «dorsali» nord-marchigiane.

Conoidi costituite da materiali «litoidi». Queste sequenze, di spessore talvolta superiore a 25 m (p. es., «unità di *Acquaviva*», Cagli, di SAVELLI & BALLERINI, 1991) sono costituite da ciottoli monogenici o provenienti da un ristretto numero di formazioni (fig. 7), spesso appiattiti ed eterometrici (sono frequenti blocchi di dimensioni superiori a 20-30 cm inglobati in materiale molto più fine). I ciottoli sono generalmente subangolosi o subarrotondati (figg. 7 e 9), ma non sono rari depositi con elementi da arrotondati a molto arrotondati (fig. 10): il grado di arrotondamento varia infatti a seconda della litologia, delle dimensioni della conoide e della distanza dall'area d'alimentazione (cfr. figg. 9 e 10); in successioni complete, tuttavia, esso è sempre mediamente minore di quello dei ciottoli delle sottostanti sequenze *Fb* (fig. 7).

Le sequenze osservate hanno in genere caratteri sedimentologici diversi procedendo dalle aree apicali verso quelle intermedie e distali (figg. 8, 9 e 10).

Nelle aree apicali predominano nettamente i depositi da movimento in massa. La stratificazione è quasi sempre mal definita, anche se talvolta sono riconoscibili canali riempiti di ghiaie massive o, molto raramente, embriciate. A volte compaiono superfici irregolari (erosive o meno) che delimitano corpi ghiaiosi discontinui di aspetto caotico e/o massivi (fig. 9), mal classati, ricchi di matrice e spesso contenenti clasti verticalizzati (fig. 8) e blocchi grossolani (decimetrici) dispersi nel materiale più fine. L'insieme di tali caratteristiche suggerisce una deposizione da colate di detrito per lo più incanalate. Verso la sommità delle sequenze *Ca* delle aree apicali, si osservano lenti (continuità laterale generalmente inferiore a 5 m, spessore massimo 1-2 m) di ghiaie piuttosto classate e prive di matrice, interpretabili come depositi di tipo «*sieve*» (fig. 9), cioè prodotti dal brusco arresto dovuto a rapida perdita d'acqua per in-

FIG. 10 - Depositi da correnti idriche nelle aree distali di una conoide alluvionale del 3° ordine alimentata da Scaglia rossa e variegata. Si noti l'elevato grado di arrotondamento dei ciottoli, spesso embriciati. Fianco sinistro della valle del F. Metauro, a valle della confluenza con il F. Candigliano.



filtrazione di ammassi di clasti poveri in matrice in movimento sulla superficie della conoide.

Nelle aree intermedie e distali la granulometria media tende a diminuire e spesso compaiono lenti discontinue argilloso-marnose e/o costituite da sabbie a granuli marnosi e calcareo-marnosi. Diventano meno frequenti i depositi da movimenti in massa ed acquistano importanza quelli dovuti a flussi idrici (fig. 10); la stratificazione diventa più evidente e le strutture sedimentarie sono simili a quelle delle sequenze fluviali *Fb*, anche se un certo numero di corpi deposizionali è ancora riferibile a movimenti in massa. I depositi di queste aree sono interpretabili come il risultato di deposizione da canali multipli intrecciati, in parte riferibili al modello n. 1 di MIALI (1985) (depositi da movimenti in massa associati a depositi da flussi idrici) fino a passare, nelle aree più distali delle conoidi più estese, al modello 2 precedentemente menzionato. L'andamento intrecciato dei canali è confermato dalle tracce di paleovalci presenti su molte superfici di conoidi parzialmente preservate dalla re-incisione. Nelle aree più distali sono talora presenti orizzonti sabbioso-limosi a sottilissima stratificazione piano-parallela, interpretabili come depositi di flussi idrici non incanalati («sheet-flood») (fig. 6).

Conoidi «fangose». Quando i corsi d'acqua minori drenano formazioni molto degradabili, si formano conoidi molto ampie in rapporto al loro spessore (figg. 6 e 11). Le sequenze *Ca*, in tal caso, contengono solo modeste lenti ghiaiose depositate da flussi idrici, mentre acquistano importanza determinante i livelli «fangosi», più o meno ricchi di clasti grossolani dispersi nella matrice, depositati da

colate di fango e/o detrito. Questo tipo di conoide, molto diffuso nelle aree esaminate, affiora raramente ed è spesso poco riconoscibile.

Alcune osservazioni eseguite immediatamente a monte della Gola del Furlo (loc. Pelingo) su una conoide del 3° ordine alimentata da formazioni marnose e marnoso-calcaree si prestano a confronti con molte situazioni analoghe. Qui la parte distale della sequenza *Ca* è caratterizzata da strati discontinui (spessore 5-20 cm), separati da superfici generalmente ondulate e costituiti da clasti piuttosto fini (< 0,5 mm) argilloso-marnosi e/o marnosi. Al materiale fine si intercalano lenti ghiaiose, ricche in matrice, con clasti prevalentemente calcarei o calcareo-marnosi di dimensioni variabili da 0,5-1 cm a massimi di 10-15 cm, in genere appiattiti e poco arrotondati (fig. 11). Queste lenti, che rappresentano il riempimento di modesti canali, hanno continuità laterale variabile da pochi decimetri a qualche metro e sono via via meno frequenti verso l'alto (tendenza «positiva»). Lo spessore e la frequenza dei depositi ghiaiosi aumentano procedendo verso le aree centrali ed apicali dell'apparato di conoide, dove la sequenza *Ca* considerata diviene prevalentemente ghiaiosa, simile a quelle descritte in precedenza.

In presenza di litologie prevalentemente argillose le conoidi hanno spessori «pellicolari» e notevole estensione areale e sono costituite quasi interamente da colate di fango. È questo il caso delle ampie e sottili conoidi del 3° ordine del versante destro del F. Marecchia, nei pressi di Novafeltria, dove gli apporti laterali provengono dal «Complesso caotico» della Colata gravitativa della Val Marecchia, prevalentemente argilloso. In questo caso e in situazioni ana-

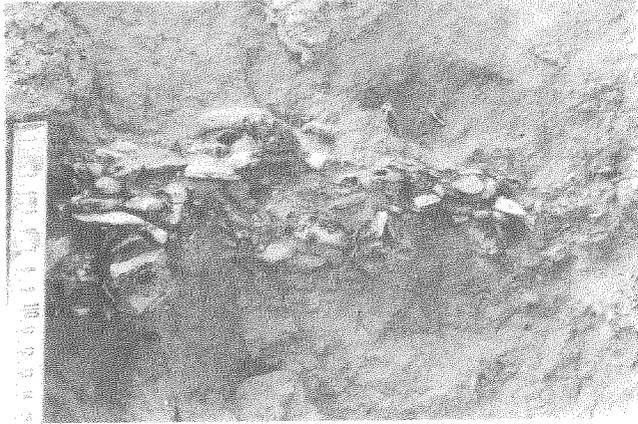


FIG. 11 - Zona distale di una conoide alluvionale del 3° ordine alimentata da Scaglia variegata-Schlier. Versante sinistro del F. Candigliano, circa 3 km a monte della Gola del Furlo.

loghe, in mancanza di affioramenti ed evidenze geomorfologiche è in genere difficile distinguere le sequenze *Ca* da depositi di conoidi minori più recenti o da coperture dovute a soliflusso o ad altri movimenti in massa sui versanti.

Evoluzione verticale

Lo stile deposizionale delle sequenze *Ca*, oltre che lateralmente, varia spesso anche verticalmente. In generale, specie nelle zone apicali, la stratificazione è meno definita verso la base e diventa più regolare ed evidente verso l'alto; anche la granulometria massima tende a diminuire verso l'alto (fig. 8); le granulometrie medie scendono talvolta a meno di 2-3 cm e le intercalazioni più grossolane diventano meno frequenti (fig. 8).

In corrispondenza di dorsali calcaree (p. es. a monte della Gola del Furlo), alla sommità delle sequenze *Ca* compaiono a volte alternanze di livelli sottili e piuttosto continui lateralmente di ghiaie ben arrotondate, alternativamente ricche o povere in matrice, con clasti morfometricamente simili a quelli dei depositi stratificati di versante (*éboulis ordonnés*): l'inclinazione dei singoli strati non supera tuttavia i 10° ed i clasti presentano un maggior grado di arrotondamento (fig. 12). Questi depositi sembrano indicare la prosecuzione dell'attività di alcune conoidi alluvionali durante la deposizione dei «detriti stratificati» (NESCI & SAVELLI, 1986) e/o impulsi deposizionali legati a momentanee fasi di reincisione degli stessi.

HEWARD (1978) riassumendo i dati noti in letteratura relativi a sequenze e magasequenze di conoide alluvionale «positive» (*fining- e thinning*) e/o «negative» (*coarsening-upward e thickening-upward*) riferisce la prima tendenza, tipica delle conoidi considerate, principalmente ad arretramenti dei versanti di alimentazione o abbassamento per erosione dei rilievi, diminuzione dell'inclinazione della superficie della conoide o fenomeni tettonici. Per le conoidi

esaminate, tale tendenza è generalizzata e sembra legata più che altro ad un cambiamento nei meccanismi di disaggregazione delle rocce dei bacini di alimentazione, che favoriscono una produzione di detriti via via più fini, fino a giungere ai gelifratti che caratterizzano i detriti stratificati (cfr. fig. 12).

DEPOSITI TORRENTIZI

Risalendo le valleciole di alimentazione delle conoidi alluvionali del 3° ordine, si nota che il loro apice si prolunga sempre entro di esse fino a sfumare in alluvionali terrazzate «torrentizie», poggianti su substrati rocciosi variamente erosi.

Le tendenze verticali e le strutture sedimentarie di questi depositi sono simili a quelle delle zone apicali delle conoidi, anche se spesso i depositi di corrente prevalgono su quelli di movimento in massa. Le caratteristiche sedimentologiche e la scarsa preservazione di questi depositi, non permettono semplici correlazioni con le sequenze di conoide alluvionale o con quelle fluviali delle valli principali. Tuttavia, si può spesso osservare che le originarie superfici deposizionali sommitali delle conoidi alluvionali si raccordano con quelle delle alluvioni «torrentizie» terrazzate depositate più a monte e danno origine a profili longitudinali continui. Si può quindi ritenere che i depositi torrentizi a monte delle sequenze *Ca*, siano sincroni o immediatamente successivi a queste ultime e si può ipotizzare una migrazione generalizzata verso monte dell'alluvionamento dei corsi d'acqua minori («*backfilling*»); è anche verosimile che tale migrazione non sia stata omogenea e continua nel tempo, ma sottoposta a controlli esterni ed interni al sistema morfodinamico (cfr. BULL 1977; SCHUMM, 1977) che hanno determinato fasi ripetitive di incisione

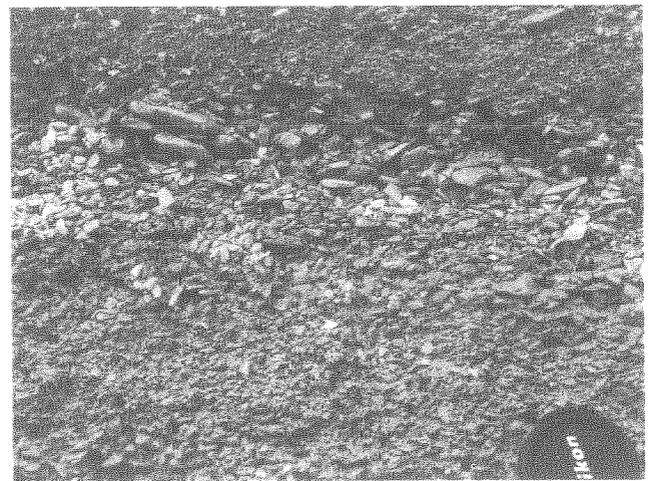


FIG. 12 - Sommità di una conoide alluvionale del 3° ordine alimentata dal gruppo delle Scaglie. L'apporto legato è legato al rimaneggiamento di detriti stratificati. Versante sinistro del F. Candigliano, circa 3 km a monte della Gola del Furlo.

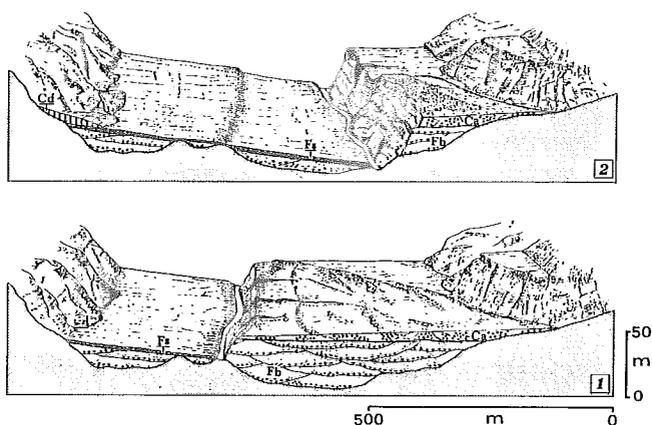


FIG. 13 - Schema della reincisione di una successione alluvionale del 3° ordine del F. Metauro presso Fossombrone. Si noti la creazione di superfici inclinate e/o terrazzi minori e la deposizione delle sottili sequenze *Fs*. Lo schema 2 rappresenta la situazione attuale.

(creazione dei «*fan head trench*») e riempimento. Se tale interpretazione è corretta, la sedimentazione nelle valli laterali ai collettori principali doveva essere scarsa o nulla durante la deposizione delle sequenze *Fb* e doveva migrare verso monte man mano che le sequenze *Ca* progredivano nelle valli principali: emerge di conseguenza la necessità di distinguere, anche in ambito cartografico, le sequenze fluviali *Fb* da quelle «torrentizie» legate alla fase deposizionale delle conoidi.

IL TERRAZZAMENTO (*Fase di reincisione, R*)

Le sequenze fluviali *Fb* e quelle di conoide alluvionale (*Ca*) dei principali ordini di terrazzi delle Marche settentrionali sono state ampiamente reincise e rimodellate (fig. 13). Lo stile della reincisione delle alluvioni terrazzate del

3° ordine (cfr. NESCI & SAVELLI, 1991) è analogo a quello dei terrazzi principali più antichi, dove è tuttavia meno riconoscibile: infatti, anche sulle scarpate che separano i terrazzi più antichi (T1a-T1b, T1b-T2, T2-T3) si notano spesso estese e sottili coperture alluvionali depositate durante la fase di reincisione (fig. 13).

Le osservazioni che seguono, eseguite sulle alluvioni terrazzate del 3° ordine, valgono quindi anche per i depositi terrazzati più antichi.

I terrazzi minori e le superfici inclinate fino a circa 10-15° che raccordano il livello dei terrazzi del 3° ordine col fondovalle sono generalmente ricoperti da deboli spessori (non oltre 6-7 m) di alluvioni fluviali sabbioso-ghiaiose (sequenze *Fs* di SAVELLI & alii, 1984 e NESCI & SAVELLI, 1990). Tali sequenze sono inclinate concordemente alla superficie topografica (fig. 13) e presentano giacitura suborizzontale solo quando ricoprono la superficie dei terrazzi minori che costellano le scarpate che separano il livello del 3° ordine dei terrazzi dal fondovalle. Le sequenze *Fs* sono sempre separate dalle sottostanti sequenze *Fb* e/o da rilievi rimodellati del substrato da superfici erosive irregolari (cfr. figg. 13 e 14).

Le sintetiche informazioni fornite in questa nota riguardano solo le sequenze di «reincisione» relativamente antiche, poste a quote di oltre 10-12 m sul fondovalle, precedenti le fasi storiche (eventi meteorologici particolari, piccola età glaciale, fasi alluvionali «romane»). A quote inferiori si osserva infatti un insieme eterogeneo e complesso di eventi di aggradazione e terrazzamento minori, la cui trattazione esula dagli scopi della presente nota; sono presenti anche molte conoidi alluvionali minori relativamente recenti, indipendenti dalle sequenze *Ca* precedentemente descritte.

Le sequenze *Fs* sono caratterizzate da ghiaie anche molto grossolane e notevolmente eterometriche (dimensioni massime talora superiori a 30-40 cm) intercalate a livelli sabbiosi, sabbioso-ghiaiosi o, meno frequentemente,

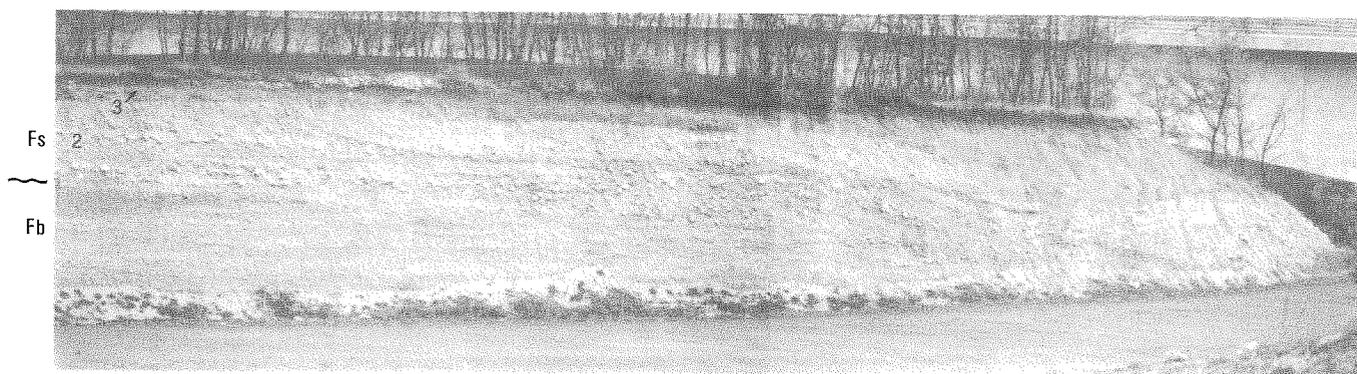


FIG. 14 - Sequenza fluviale ghiaioso-sabbiosa (*Fs*) poggiante tramite una superficie d'erosione su una sequenza ghiaiosa *Fb*. Si noti sulla terminazione destra dell'affioramento il corpo sabbioso-limoso indicante il riempimento del canale abbandonato dopo il taglio del meandro o avulsione del letto fluviale. Immediatamente sopra la superficie d'erosione sono visibili ciottoli relativamente grossolani riferibili a depositi di fondo di canale. I numeri 2 e 3 indicano gli intervalli descritti nel testo. Sponda sinistra del F. Metauro, immediatamente a valle della confluenza col F. Candigliano.

argilloso-sabbiosi. I livelli più fini sono più frequenti verso la sommità delle sequenze *Fs*, che presentano quindi tendenze «positive» (*fining-upward*) (fig. 14).

Nel loro aspetto più semplice (anche se piuttosto raro), le sequenze *Fs* sono costituite da tre diversi intervalli (cfr. fig. 14):

1 - *inferiore*: ciottoli anche molto grossolani a disposizione caotica e/o embriicata («*channel lag*»);

2 - *intermedio*: ghiaioso-sabbioso, con stratificazione incrociata del tipo *epsilon*, rappresentante il corpo di barre laterali;

3 - *superiore*: sabbioso o limoso-sabbioso, generalmente massivo o con accenni a laminazione inclinata e/o piano-parallela, riferibile ad esondazioni.

Tali ritmi si adattano bene ai classici schemi generali relativi a barre di meandro ghiaiose. Questa interpretazione è suffragata dalle tracce di paleovalvi sinuosi o meandranti diffusi sulla superficie rimodellata dei T3 dell'area esaminata (cfr. NESCI & SAVELLI, 1991).

Molto spesso si osservano sequenze *Fs* più complesse (ritmi «complessi» di SAVELLI & *alii*, 1984) di quella sopra descritta che si sostituiscono lateralmente ad esse. Queste sono caratterizzate dall'alternanza di lenti sabbiose e ghiaiose con tendenze sia «positive» che «negative»; le prime prevalgono nettamente e contengono spesso piccoli prismi ghiaioso-sabbiosi o ghiaiosi a stratificazione inclinata ad alto angolo e spessori variabili da meno di un metro a 2-3 metri. Spesso, questo insieme di strutture interrompe la stratificazione «*epsilon*», altre volte la oblitera completamente. Anche in presenza delle sequenze *Fs* più «complesse», i paleovalvi riconoscibili alla sommità dei depositi indicano un andamento generalizzato sinuoso/meandran- te, per cui è lecito (cfr. JACKSON, 1978) riferirsi a modelli deposizionali di barre laterali ghiaiose più o meno intensamente modificate da processi di taglio («*chute*») e relativi motivi deposizionali, quali riempimento dei canali di taglio stessi e barre di taglio secondo modalità confrontabili, ad esempio, con gli schemi riportati da ORI (1988).

CONCLUSIONI

Durante il Pleistocene superiore-Olocene, i fondi val- livi dell'area nord-marchigiana sono stati interessati da quattro principali fasi di alluvionamento rappresentate dalle al- luvioni terrazzate del 1° (T1a e T1b di NESCI & *alii*, 1990), 2° e 3° ordine. L'esame di tali depositi lungo i tratti me- dian e medio-alti delle valli, ha permesso di individuare la successione delle principali fasi di aggradazione e di ri- cavare indicazioni sulla genesi ed evoluzione dei depositi alluvionali esaminati.

I principali risultati sono i seguenti.

1. Nelle aree considerate sono ben rappresentate le al- luvioni terrazzate del 2° e 3° ordine. Sono presenti, seb- bene in modo discontinuo anche le alluvioni terrazzate del 1° ordine che, almeno nei bacini dei fiumi Foglia e Metauro rappresentano due distinte e principali fasi

di aggradazione e terrazzamento (T1a e T1b). Aggra- dazione e terrazzamento si sono ripetuti ciclicamente, col succedersi ritmico e ripetitivo di fasi erosive e de- posizionali ben definite e caratterizzanti (fasi e deposi- ti «guida» di NESCI & SAVELLI, 1986 e 1990) (fig. 15).

2. Le successioni alluvionali del 1°, 2° e 3° ordine pog- giano su substrati rocciosi profondamente erosi (figg. 2, 3 e 15), caratterizzati da rilievi e alvei sepolti mo- dellati durante le fasi di escavazione (*E*). Tali fasi, avendo inciso il substrato talvolta per oltre 30-40 m, hanno avuto verosimilmente una durata maggiore delle altre. Per quanto riguarda le successioni alluvionali del 3° ordine dei fiumi Foglia, Metauro e Conca, a partire da 5-6 km a monte della foce, il substrato si abbassa progressiva- mente al di sotto dell'attuale livello marino fino a rag- giungere valori fra -40 m e -45 m in prossimità del- la costa (ELMI & *alii*, 1981, 1983 e 1991).

L'abbassamento al di sotto del livello marino, an- che se può essere in piccola parte controllato dalla tet- tonica (ELMI & *alii*, 1987), indica che la fase di escava- zione precedente l'aggradazione delle alluvioni del 3° ordine è terminata in condizioni di eustatismo negati- vo. I punti di convergenza dei terrazzi del 1°, 2° e 3° ordine sono spostati di vari km in mare (ELMI & *alii*, 1987): ciò induce a pensare che anche per gli ordini più antiche la fase *E* possa essere terminata in condizioni di livello marino basso.

3. Localmente l'aggradazione delle alluvioni del 3° ordi- ne inizia con sequenze limoso-sabbiose arealmente di- scontinue, probabilmente a causa di un esteso smantel- lamento avvenuto poco dopo la loro deposizione. Da- tazioni con il 14C di tali depositi hanno fornito per il F. Metauro una età > 41 000 anni (ALESSIO & *alii*, 1987) e per il F. Conca età comprese fra > 44 000 e 31 920 anni (FORLANI, 1987).

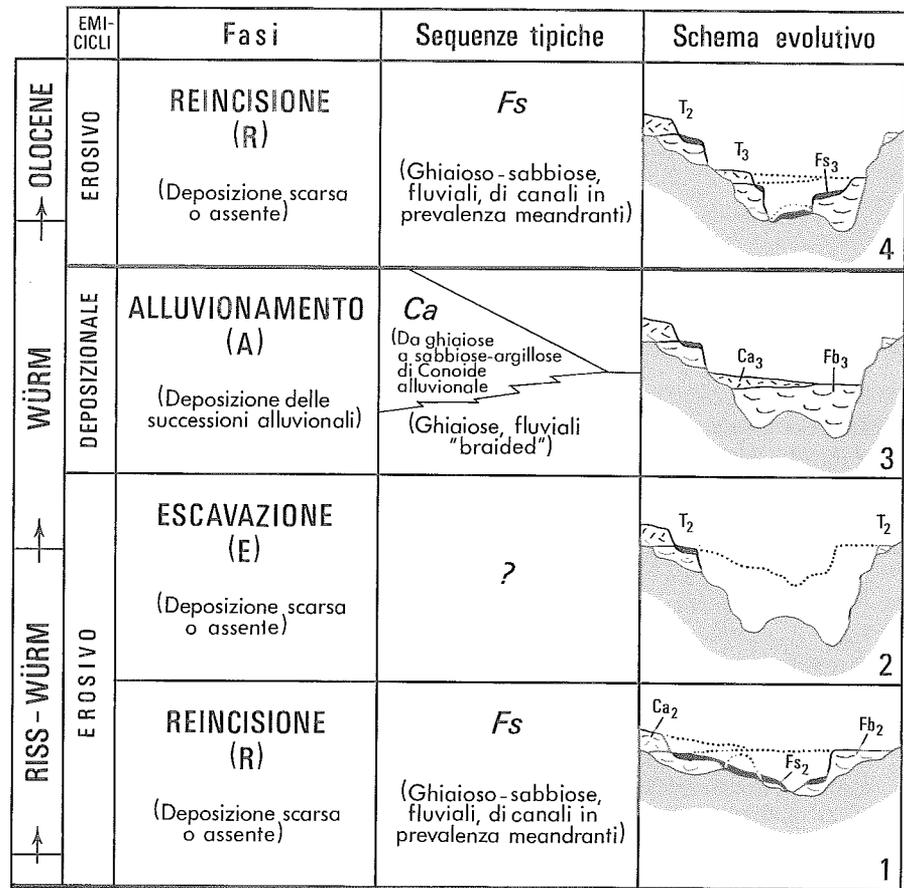
4. Le fasi di escavazione, eccetto i casi di cui al punto pre- cedente, sono state seguite dalla deposizione di sequenze fluviali ghiaiose di corsi d'acqua a canali multipli intre- ciati (sequenze *Fb*) (figg. 3 e 15), a loro volta sormon- tate da sequenze di conoide alluvionale (*Ca*) (figg. 3, 5, 6 e 15) arealmente discontinue e di spessore, litolo- gia e meccanismi genetici variabili.

Al termine della fase di aggradazione, le principali irregolarità dei profili longitudinali erano state livella- te dalle sequenze fluviali e la deposizione delle conoidi aveva prodotto locali sovralluvionamenti in molti trat- ti vallivi, specialmente a ridosso delle dorsali calcaree mesozoico-paleogeniche.

5. La deposizione di ciascuna successione alluvionale ter- razzata è stata seguita dalla reincisione (fasi *R*) delle se- quenze *Fb* e *Ca*, operata da fiumi ad andamento sinuoso- meandran- te in graduale approfondimento (figg. 13 e 15) (cfr. NESCI & SAVELLI, 1991).

Durante la fase di reincisione si sono depositate sot- tili sequenze alluvionali (*Fs*) caratterizzate dalla presenza di depositi di barre di meandro ghiaiose, spesso inte- ressate da diffusi e vistosi fenomeni di taglio. Essendo legate alla reincisione, che procede gradualmente, tali

FIG. 15 - Schema evolutivo ed interpretazione delle principali fasi erosive e deposizionali delle alluvioni del Pleistocene superiore-Olocene dell'Appennino nord-marchigiano. 1 = Reincisione: inizio del terrazzamento delle alluvioni del 2° ordine. 2 = Escavazione: esteso approfondimento del reticolo nel substrato e prosecuzione dello smantellamento delle alluvioni del ciclo precedente. 3 = Aggradazione: deposizione delle sequenze fluviali *Fb*, cui seguono quelle di conoide alluvionale. 4 = Situazione attuale: la reincisione ha modellato i terrazzi del 3° ordine e lungo i tratti mediani delle valli ha raggiunto la quota dei più profondi alvei sepolti e sta iniziando ad incidere estesamente il substrato. Emicicli secondo NESCI & SAVELLI (1986, 1990); rappresentazione non in scala, ad eccezione dei rapporti di spessore illustrati nello schema evolutivo.



sequenze sono diacrone, via via più recenti man mano che ci si abbassa al di sotto di ciascun livello dei terrazzi. Le sequenze *Fs*, inoltre, quando non poggiano sul substrato, sono separate dalle sottostanti sequenze *Fb* da una superficie erosiva che esprime una lacuna stratigrafica della quale è quasi sempre impossibile valutare con precisione l'entità, ma che può rappresentare anche notevoli intervalli di tempo. Per una successione alluvionale del 3° ordine alla confluenza fra i fiumi Metauro e Candigliano, ad esempio, ALESSIO & alii (1987) hanno dimostrato che tale lacuna copre la maggior parte dell'ultimo glaciale.

6. Le sequenze *Fb* possono essere interpretate come il risultato di un aumento del carico ghiaioso sul fondo dei corsi d'acqua e forse di una concomitante diminuzione della portata media, come conseguenza dell'instaurarsi di principali fasi di raffreddamento ed inaridimento accompagnate da un crescente deterioramento delle coperture vegetali che favorivano notevoli incrementi della produzione detritica. Per le alluvioni del 3° ordine, le date al 14C disponibili per i depositi immediatamente successivi l'escavazione (ALESSIO & alii, 1987; FORLANI, 1987 e dati inediti) sembrano avvalorare questa ipotesi, peraltro già formulata ed adottata nelle sue linee sostanziali da vari Autori sia per i corsi d'acqua marchigiani che per altre valli mediterranee.

La deposizione delle sequenze *Ca*, di conoide alluvionale, poggianti su quelle fluviali *Fb* potrebbe essere stata determinata da un ulteriore aumento della produzione detritica nelle aree di alimentazione oppure,

a parità di produzione detritica, da una ulteriore diminuzione della portata media dei corsi d'acqua principali, che non riuscivano più ad evacuare il carico solido apportato dai tributari. Nelle aree esaminate anche i rapporti, generalmente per sovrapposizione stratigrafica, dei «detriti stratificati» di versante sulle successioni alluvionali e la redistribuzione di essi alla sommità di alcune conoidi sembrano avvalorare l'ipotesi di un ulteriore, progressivo deterioramento climatico.

Il ritorno di condizioni climatiche più miti avrebbe invece innescato la reincisione dei precedenti depositi «freddi», favorita da un aumento della portata e capacità di carico dei corsi d'acqua e dal riformarsi sui versanti di estese coperture vegetali «protettive». In particolare, l'inizio della reincisione può essere stato molto rapido data sia l'incoerenza dei depositi di conoide, sia l'ingombro che il sovralluvionamento a loro legato (v. punto 4.) rappresentava sui fondi vallivi principali. Inizialmente la reincisione può essere stata controllata dal solo cambiamento climatico; in questa prima fase si sarebbe assistito ad una forte erosione laterale dei corsi d'acqua principali che dovevano rimuovere il sovralluvionamento prodotto dalle conoidi. Gli affluenti minori che avevano depositato gli apparati di conoide erodevano invece per lo più linearmente le zone di apice ed intermedie dovendo adattarsi a livelli di base locali in rapido abbassamento. Quanto sopra appare testimoniato da un livello di terrazzamento minore correlabile sull'intera area esaminata e coincidente ovunque con la quota del passaggio *Fb* → *Ca* e dalle profon-

de incisioni a «V» operate nelle zone prossimali delle conoidi dagli antichi canali di alimentazione.

Successivamente la reincisione è stata guidata prevalentemente dal sollevamento tettonico generalizzato; localmente, lo stile della reincisione è stato anche controllato da movimenti tettonici differenziati minori (cfr. SAVELLI & *alii*, 1984; DRAMIS & BISCI, 1986). Il sollevamento tettonico ha controllato anche le fasi di escavazione (E) successive alla reincisione anche se, verosimilmente, al termine di queste l'erosione è stata accelerata da una crescente degradazione conseguente al deterioramento climatico.

7. Le sequenze alluvionali *Fb* e *Ca* del 3° ordine sono certamente di età würmiana, come risulta dalle datazioni assolute esistenti ed inedite, da datazioni relative e dagli elementi morfologici e stratigrafici. In particolare, l'aggradazione (fig. 15) sembra collocarsi all'interno della fase anaglaciale (SAVELLI & NESCI, 1990), poiché la deposizione è chiusa dai «detriti stratificati» rappresentanti l'acme glaciale e le successioni alluvionali poggiano su un substrato modellato durante fasi di eustatismo negativo (v. punto 2). La reincisione inizierebbe invece nel cataglaciale würmiano e proseguirebbe con alterne vicende durante l'intero Olocene. L'escavazione del substrato su cui poggiano tali successioni ha quindi interessato l'intero interglaciale Riss-Würm e potrebbe essere terminata intorno a 45-50 000 anni fa, in pieno anaglaciale würmiano.

Le successioni alluvionali precedenti il 3° ordine presentano le medesime caratteristiche e debbono quindi rappresentare eventi deposizionali freddi relativi alle maggiori fluttuazioni climatiche pre-würmiane.

BIBLIOGRAFIA

- ALESSIO M., ALLEGRI L., AZZI C., CALDERONI G., CORTESI C., IMPROTA S., NESCI O., PETRONE V. & SAVELLI D. (1987) - *Successioni alluvionali terrazzate nel medio bacino del Metauro (Appennino Marchigiano) - Datazione con il 14C*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 10, 307-312.
- BULL W.B. (1977) - *The alluvial fan environment*. Progr. Phys. Geogr., 1, 63-83.
- COLTORTI M. (1979) - *Reperti litici del Paleolitico inferiore come contributo alla datazione delle alluvioni terrazzate del Fiume Esino (Ancona)*. St. Geol. Camerti, 5, 7-16.
- CONTI G., CREMASCHI M., PERETTO C., SALA B. & UNGARO S. (1982) - *Deposito fluvio-lacustre pre-würmiano con faune e industrie del Torrente Conca (Riccione, Forlì)*. Atti XXIII Riun. Sci. Ist. It. Preist. Protost., Firenze 7-9 Maggio 1980, 307-328.
- DRAMIS F. & BISCI C. (1986) - *Aspetti geomorfologici del territorio marchigiano*. St. Geol. Camerti, Vol. Spec. «La Geologia delle Marche», 99-103.
- ELMI C., FRANCAVILLA F. & MERELLI P. (1981) - *Ricerche geologiche e idrogeologiche nella bassa valle del Fiume Metauro (Marche settentrionali)*. L'Ateneo Parmense, Acta Nat., 17, 53-72.
- ELMI C., DIDERO M., FRANCAVILLA F., GORI U. & ORAZI U. (1983) - *Geologia e idrogeologia della bassa valle del Fiume Foglia (Marche settentrionali)*. L'Ateneo Parmense, Acta Nat., 19, 117-136.
- ELMI C., NESCI O., SAVELLI D. & MALTARELLO G. (1987) - *Depositi alluvionali terrazzati del margine adriatico appenninico centro-settentrionale: processi geomorfologici e neotettonica*. Boll. Soc. Geol. It., 106, 717-721.
- ELMI C., NESCI O. & TENTONI L. (1991) - *La piana del T. Conca e le piane minori nord-marchigiane: forme, depositi ed evoluzione*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 14, (in stampa).
- FORLANI E. (1987) - *Studio idrogeologico della conoide e fattibilità di un canale deviatore della diga sul F. Conca*. Consorzio Potenziamento Acquedotto, Comuni di Cattolica, Misano, Riccione (dati inediti).
- FRANCAVILLA F. (1976) - *Alvei paralleli del Fiume Metauro a S. Lazzaro di Fossombrone (Marche settentrionali)*. St. Geol. Camerti, 2, 107-112.
- GUERRERA F., RAINERI B. & WEZEL F.C. (1978) - *Eventi neotettonici quaternari nell'area nord-marchigiana*. Mem. Soc. Geol. It., 19, 589-595.
- HEWARD A.P. (1978) - *Alluvial fan sequences and megasequences models: with examples from Westphalian D-Stephanian B coalfields. Northern Spain*. In: «Miall A.D. (Ed.), Fluvial Sedimentology, Can. Soc. Petrol. Geol. Mem., 5, 669-702.
- HOWARD A.D. (1959) - *Numerical systems of terrace nomenclature. A critique*. Journ. Geol., 67, 239-243.
- JACKSON R.G. (1978) - *Preliminary evaluation of lithofacies models for meandering alluvial streams*. In: «Miall A.D. (Ed.), Fluvial Sedimentology, Can. Soc. Petrol. Geol. Mem., 5», 543-576.
- JACOBACCI A., CENTAMORE E., CHIOCCHINI M., MALFERRARI N., MARTELLI G. & MICARELLI A. (1974) - *Note esplicative della Carta Geologica d'Italia, Foglio 290 «Cagli» alla scala 1:50.000*. Serv. Geol. d'It., 41 pp.
- LIPPARINI T. (1939) - *I terrazzi fluviali delle Marche*. Giorn. Geol., ser. I, 13, 5-22.
- MAZZANTI R. & TREVISAN L. (1978) - *Evoluzione della rete idrografica nell'Appennino centro-settentrionale*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 1, 55-62.
- MIALL A.D. (1977) - *A review of the Braided-River Depositional Environment*. Earth Sc. Rev., 13, 1-62.
- MIALL A.D. (1985) - *Architectural-element analysis: a new method of facies analysis applied to fluvial deposits*. Earth Sc. Rev., 22, 85-127.
- NANNI T. (1985) - *Le falde di subalveo delle Marche: inquadramento idrogeologico, qualità delle acque ed elementi di neotettonica*. Regione Marche, Materiali per la Programmazione, 2, 9-112.
- NESCI O. & SAVELLI D. (1986) - *Cicli continentali tardo-quaternari lungo i tratti vallivi mediani delle Marche settentrionali*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 9, 192-211.
- NESCI O. & SAVELLI D. (1990) - *Valley Terraces in the Northern Marche Apennines (Central Italy): cyclic deposition and erosion*. Giorn. Geol., Ser. III, 52, 188-195.
- NESCI O. & SAVELLI D. (1991) - *Lineamenti geomorfologici delle unità terrazzate fluviali del «3° ordine» nel Bacino del Metauro (Marche settentrionali)*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 14, (in stampa).
- NESCI O., MORETTI E. & SACCHI G. (1978) - *Studio neotettonico della zona compresa tra i fiumi Foglia e Metauro (Marche Settentrionali)*. Mem. Soc. Geol. It., 19, 385-392.
- NESCI O., SAVELLI D. & MENGARELLI D. (1990) - *I terrazzi vallivi del 1° ordine nei bacini dei fiumi Metauro e Foglia (Appennino marchigiano)*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 13, 63-73.
- ORI G.G. (1988) - *Facies e geometrie deposizionali dei sedimenti fluviali*. Giorn. Geol., ser. II, 50, 39-67.
- RICCI LUCCHI F. (1980) - *Sedimentologia*. vol. II, Coop. Libr. Univ., Bologna, 222 pp.
- RYDER J.M. (1971) - *The stratigraphy and morphology of para-glacial alluvial fans in south-central British Columbia*. Canad. Jour. Earth Sc., 8, 279-298.
- SAVELLI D. & BALLERINI L.S. (1991) - *Alluvioni pedemontane terrazzate fra Cagli e Frontone (Appennino marchigiano): un esempio di conoidi alluvionali confinate*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 14, (in stampa).
- SAVELLI D., BARTOLE R. & MORETTI E. (1984) - *Caratteristiche litostigrafiche con l'ausilio del sismografo di un terrazzo alluvionale del F. Metauro a Fossombrone (Marche settentrionali)*. L'Ateneo Parmense, Acta Nat., 55, 63-79.
- SCHUMM S.A. (1977) - *The Fluvial System*. John Wiley & Sons, New York, 338 pp.
- SELLI R. (1954) - *Il bacino del Metauro*. Giorn. Geol., ser. I, 24, 1-268.
- SELLI R. (1962) - *Le Quaternaire marin du versant adriatique-ionien de la péninsule italienne*. Quaternaria, 6, 391-413.
- VILLA G.M. (1942) - *Nuove ricerche sui terrazzi fluviali delle Marche*. Giorn. Geol., ser. I, 16, 5-75.