

intestazione repository dell'ateneo

L'evoluzione recente e i processi erosivi di alveo del Torrente Tiepido presso Maranello (Modena)

This is the peer reviewed version of the following article:

*Original*

L'evoluzione recente e i processi erosivi di alveo del Torrente Tiepido presso Maranello (Modena) / Gasperi G.; Losacco S.; Tosatti G.; Zarotti L.. - STAMPA. - 79, P.F. Conservazione del Suolo, S.P. Dinamica Fluviale(1979), pp. 1-13.  
((Intervento presentato al convegno Convegno di Idraulica Padana tenutosi a Parma nel 19-20 ottobre 1979.

*Availability:*

This version is available at: 11380/594298 since:

*Publisher:*

C.N.R. - Magistrato per il Po

*Published*

DOI:

*Terms of use:*

openAccess

Testo definito dall'ateneo relativo alle clausole di concessione d'uso

*Publisher copyright*

(Article begins on next page)



MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI

MAGISTRATO PER IL PO

P A R M A

---

## CONVEGNO DI IDRAULICA PADANA

PARMA, 19 - 20 OTTOBRE 1979

---

MEMORIA di

G. GASPERI - S. LOSACCO -

G. TOSATTI - L. ZAROTTI

Istituto di Geologia dell'Università di Modena

L'evoluzione recente e i processi erosivi di alveo del  
torrente Tiepido presso Maranello (Modena)

*Consiglio Nazionale delle Ricerche,  
Pubblicazione n. 79 del Progetto Finalizzato «Conservazione suolo», sub-progetto  
«Dinamica fluviale»  
Edizione a cura dell'Istituto di Geologia della Università di Modena*

---

S.T.E.M. - MUCCHI - MODENA

## L'evoluzione recente e i processi erosivi di alveo del torrente Tiepido presso Maranello (Modena)

**ABSTRACT:** The present work describes the erosion processes of the river-bed of the Torrente Tiepido near Maranello (Modena, Northern Italy), at its outlet into the plain. The initial cause of this phenomenon may be found in the small-scale removal of gravel (a few thousand m<sup>3</sup>). The removal of the gravel pavage has since given rise to erosion phenomena, from 1964 to the present day, concerning a tract 4 km long with a volume of 84,000 m<sup>3</sup> of Pleistocene argillites of the substratum. In order to show the character of the watercourse information is provided about the geology, vegetation and hydrology of the catchment basin and the Quaternary evolution of the watercourse itself has been studied. Longitudinal profiles of the T. Tiepido of the tract affected by the erosion phenomena, have been surveyed from 1964 to the present and permit us to follow the evolution of the phenomenon and to show the effects of some overflow dams which were constructed in the meantime in order to stabilize the bed. Experience shows that in situations analogous to that of the T. Tiepido simple sills are more advisable.

**RIASSUNTO:** La presente nota descrive i processi erosivi di alveo manifestatisi nel T. Tiepido presso Maranello (Modena), al suo sbocco in pianura. La causa iniziale di tale fenomeno va ricercata in un modesto prelievo di ghiaia (qualche migliaio di m<sup>3</sup>); la rimozione del *pavé* ghiaioso ha poi innescato un fenomeno erosivo che, dal 1964 a oggi, ha interessato un tratto di 4 km di lunghezza ed un volume di 84.000 m<sup>3</sup> di argille pleistoceniche del substrato. Per una migliore caratterizzazione del corso d'acqua sono state fornite indicazioni sugli aspetti geologici, vegetazionali e idrologici del bacino imbrifero, nonché è stata studiata l'evoluzione quaternaria subita dal corso d'acqua stesso. Profili longitudinali del T. Tiepido, nel tratto interessato dal fenomeno erosivo, rilevati dal 1964 ad oggi, hanno permesso di seguire l'evoluzione del fenomeno e di evidenziare gli effetti di alcune briglie che nel frattempo erano state costruite per regolarizzare il fondo. L'esperienza acquisita dimostra che, in situazioni analoghe a quella del T. Tiepido, appaiono maggiormente consigliabili semplici soglie di fondo.

\* Istituto di Geologia, Università di Modena. Pubblicazione n. 79 del Progetto Finalizzato del Consiglio Nazionale delle Ricerche « Conservazione Suolo », Sub-progetto « Dinamica Fluviale ». U.O. n. 16, responsabile Prof. Maurizio Pellegrini. Contributo dei singoli Autori al lavoro: G. Gasperi, G. Tosatti: geologia; S. Losacco: vegetazione; S. Losacco, G. Tosatti, L. Zarotti: dinamica fluviale.

### 1. PREMESSA

Nell'ambito delle ricerche svolte dall'U.O. di Modena e afferenti al tema « Idrologia dei bacini elementari » del Progetto Finalizzato « Conservazione del Suolo », Sottoprogetto « Dinamica fluviale », è stato preso in considerazione un fenomeno erosivo manifestatosi nell'alveo del T. Tiepido. Scopo del presente lavoro è di illustrare l'evoluzione di tale fenomeno nel corso del tempo, dal 1964 sino ad oggi e le sue cause.

Il T. Tiepido è un affluente di sinistra del F. Panaro e il suo bacino appartiene al basso Appennino emiliano e ricade interamente entro il territorio della Provincia di Modena. Il tratto dove si è manifestato il fenomeno erosivo ha uno sviluppo di circa 4 km ed è compreso fra gli abitati di Torre Maina e Pozza, frazioni del Comune di Maranello.

Già nel 1975 una nota di PELLEGRINI & ZAROTTI aveva descritto il fenomeno sin dal suo primo manifestarsi, intorno al 1964, fino al 1975; gli Autori ne imputavano le cause ad un modesto prelievo di ghiaia dal materasso alluvionale del torrente, fatto questo che avrebbe determinato anche l'incisione del sottostante substrato argilloso. Sempre secondo tali Autori si può stimare che in circa otto anni, e cioè dal 1967 al 1975, siano stati asportati o semplicemente rimangiati 17.000 m<sup>3</sup> di ghiaia, dopodiché il corso d'acqua ha eroso spontaneamente 29.500 m<sup>3</sup> delle argille sottostanti costituenti il *bed-rock* ad una media annua di circa 3.700 m<sup>3</sup>. La pubblicazione sopra citata dimostra quindi chiaramente che l'escavazione di ghiaia non è la causa in assoluto dei fenomeni erosivi lungo l'alveo, ma rappresenta senz'altro la causa principale, nel senso che essa innesca un fenomeno erosivo conseguente alla rimozione del *pavé* (GOGUEL, 1959), che in condizioni naturali non può essere rimosso se non dalle piene a tempo di ritorno secolare o plurisecolare. In una recente pubblicazione PELLEGRINI *et Alii* (1979) hanno illustrato in maniera organica i fenomeni erosivi che si sono manifestati in tutti i corsi d'acqua emiliani e romagnoli, sia in quelli affluenti al F. Po, sia in quelli sfocianti direttamente nel Mar Adriatico.

Il presente lavoro rappresenta quindi una continuazione di quello di PELLEGRINI & ZAROTTI (1975)

e, in particolare, illustra l'evoluzione subita dall'alveo del T. Tiepido dal 1975 ad oggi, cioè dal periodo in cui l'Ufficio del Genio Civile di Modena iniziò la costruzione di una serie di traverse al fine di stabilizzare l'alveo.

Per quanto riguarda la bibliografia relativa ai fenomeni descritti, si rimanda al completo elenco bibliografico che compare nella nota di PELLEGRINI *et Alii* (1975).

Al fine di meglio caratterizzare il bacino studiato e la dinamica fluviale attuale, sono state prese in considerazione le caratteristiche geolitologiche, vegetazionali e idrologiche del bacino, collegando inoltre l'evoluzione attuale dell'alveo a quella recente quaternaria.

## 2. CARATTERISTICHE GENERALI DEL BACINO IDROGRAFICO DEL T. TIEPIDO

Per meglio inquadrare il fenomeno descritto, abbiamo ritenuto opportuno caratterizzare da un punto di vista climatico, geologico, vegetazionale e idraulico quella parte del bacino idrografico del T. Tiepido sottesa dalla sezione del ponte di Pozza.

### 2.1. Inquadratura geografica e morfometrica (1).

Il T. Tiepido è, come si è detto, un affluente di sinistra del F. Panaro, nel quale confluisce presso la città di Modena, in località Fossalta, alla quota di circa 30 m s.l.m. Il suo bacino idrografico, considerato chiuso al ponte di Pozza, cioè là dove cessa il fenomeno descritto nel presente lavoro, ha una superficie di circa 48 km<sup>2</sup>. Le sue caratteristiche altimetriche e morfometriche principali compaiono in tabella 1.

TABELLA 1 - Caratteristiche altimetriche e morfometriche principali del bacino

Quota massima = 875 m (Monte di Ravaglia)
Quota minima = 120 m (presso il ponte di Pozza)
Quota media = 293 m (per Hm = 173 m)
Area del bacino sotteso dalla sezione del ponte di Pozza = 48,42 km <sup>2</sup>
Lunghezza massima del bacino (L) = 14,40 km
Diametro del cerchio avente la stessa area del bacino (D) = 7,85 km
Rapporto di allungamento (R) = $\frac{D}{L} = 0,545$
Lunghezza asta principale = 12,3 km
Larghezza massima = 6,2 km
Tempo di corrivazione (Tc) = 4,2 h

(1) A cura di S. LOSACCO e G. TOSATTI.

### 2.2. Caratteristiche idrologiche generali (2)

Per la caratterizzazione climatica del bacino del T. Tiepido sono state prese in considerazione la temperatura media annua e le precipitazioni medie annue, rispettivamente per il trentennio 1926-1955 e il periodo 1921-1968, utilizzando i dati pubblicati dagli Annali Idrologici (MIN. LL. PP. 1921-1968 e 1959) relativamente alle stazioni poste all'interno del bacino e nelle sue immediate vicinanze, come appare in figura 1.

L'andamento delle precipitazioni è tipicamente appenninico, cioè con massimi primaverili ed autunnali (generalmente quest'ultimo è più pronunciato) e con un minimo estivo. L'evento meteorologico più rilevante, in termini quantitativi, è quello del 4-11-1966 con 100,4 mm/giorno rilevati nella stazione di Pazzano.

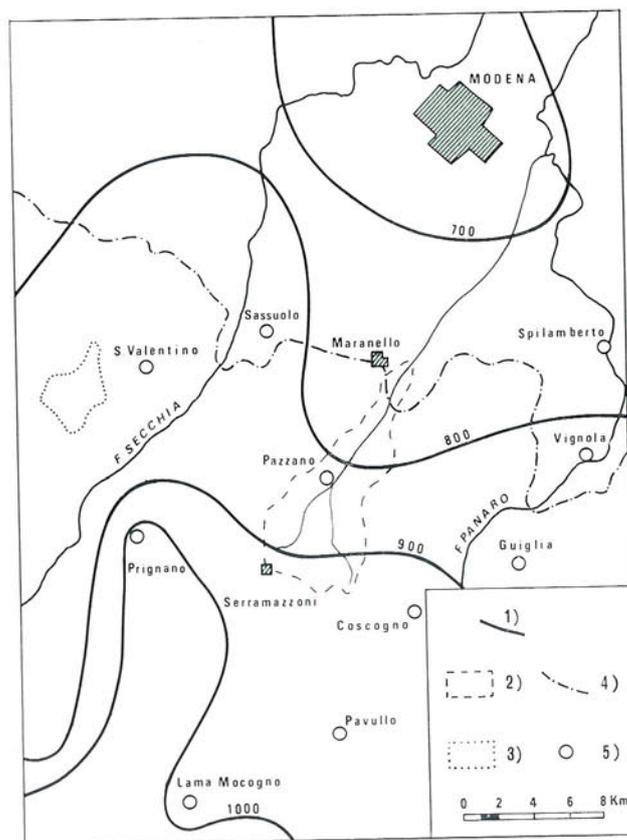


FIG. 1 - CARTA DELLE ISOIETE. *Legenda:* 1) Isoiete; 2) Limite del bacino del T. Tiepido sotteso dalla sezione corrispondente al ponte di Pozza; 3) Limite del bacino sperimentale del Rio delle Viole; 4) Limite morfologico tra Appennino e pianura; 5) Stazioni pluviometriche.

Dal punto di vista della temperatura media annua il tratto di bacino considerato è compreso fra l'isoterma 11° e l'isoterma 13°C. La figura 2 illustra la curva ipsometrica del bacino. Essa è stata costruita principalmente per poter valutare, mancando qualsiasi dato idrometrico, la portata di massima piena.

(2) A cura di S. LOSACCO, G. TOSATTI e L. ZAROTTI.

Al T. Tiepido si può attribuire, applicando le note formule di GIANDOTTI (1937) e VISENTINI (1938) una portata massima a ritorno venticinquennale di circa  $125 \text{ m}^3/\text{s}$ , con tempo di corrivazione di 4,2 ore. Ad analoghi valori si perviene applicando le formule del FORTI (1922). Considerando l'afflusso meteorico sopra visto con tempo di ritorno secolare, la corrispondente portata di massima piena del T. Tiepido, utilizzando sempre le formule sopra viste, sarebbe di circa  $150 \text{ m}^3/\text{s}$ . Sulla base delle esperienze sinora acquisite nel vicino bacino sperimentale (fig. 1) del Rio delle Viole (FERRETTI *et Alii*, 1978), cioè in condizioni geologiche e vegetazionali che, come vedremo, risultano abbastanza simili, i valori sopra riportati per le portate di massima piena devono essere lievemente aumentati (circa il 10%) per piene con tempo di ritorno venticinquennale.

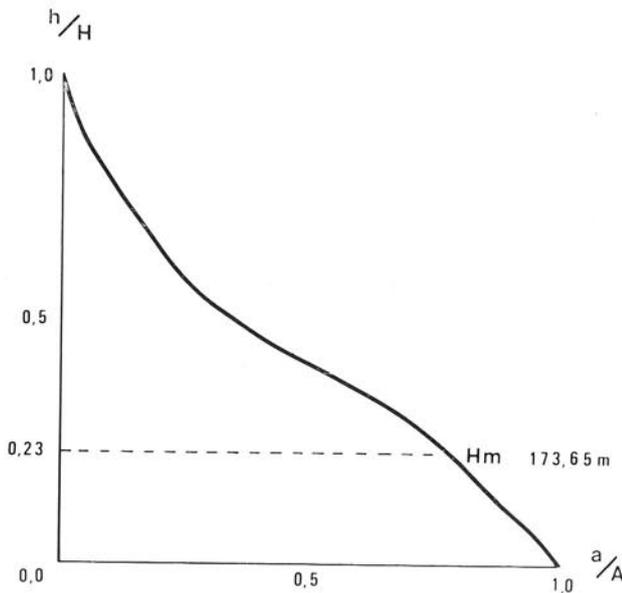


FIG. 2 - CURVA IPSOMETRICA del bacino del T. Tiepido sotteso dalla sezione corrispondente al ponte di Pozza.

### 2.3. Caratteristiche litologiche (3)

Nel bacino del T. Tiepido affiorano numerose formazioni, notevolmente differenziate per caratteristiche litologiche e, anche da un punto di vista tettonico, riconducibili a più complessi: Alloctono (Liguridi s.l.), Tardorogeno (successione Ranzano-Bismantova), Neoautoctono o Postorogeno (ciclo pleistocenico).

Il gruppo di formazioni più diffuse, indicato in figura 3 con il nome di « Complesso argilloso non differenziato », corrisponde a litotipi argillosi con blocchi calcarei, calcareo-marnosi e arenacei a giacitura caotica. Questi litotipi, secondo ricerche in corso da parte di G. BETTELLI, all'interno del bacino del T. Tiepido dovrebbero essere in parte attribuite al complesso di base del Flysch di Ser-

ramazzoni, in parte a olistostromi presenti alla base e all'interno della successione Ranzano-Bismantova. Questo Complesso argilloso non differenziato costituisce il 52% dell'area dell'intero bacino ed è caratterizzato in maniera diffusa da calanchi e da accumuli di frane antiche e recenti, generalmente del tipo « earth-flow ». Un modesto lembo di serpentina affiora lungo il Rio Valle, poco prima della confluenza nell'asta principale del T. Tiepido. Le formazioni raggruppate in questo Complesso sono caratterizzate da un'età cretacea ed eocenica.

Il Flysch di Serramazzone (Liguridi s.l.; Cretaceo superiore) affiora nella parte alta del bacino del T. Tiepido (30,2% dell'area totale), dove si trovano le sorgenti principali del corso d'acqua, ubicate presso Monte Cornazzano, Monfestino e Serramazzone. Si tratta di una formazione scarsamente permeabile per fessurazione, essendo costituita da alternanze di calcari marnosi e arenacei a struttura gradata, e di livelli marnosi e argillosi.

La formazione di Bismantova, qui presente nei due membri marnoso (2,2% dell'area del bacino) ed arenaceo (1,7%), affiora in lembi isolati nella parte medio-bassa del bacino, al di sopra di una formazione argillosa a giacitura olistostromica, raggruppata in figura 3 nel Complesso argilloso non differenziato.

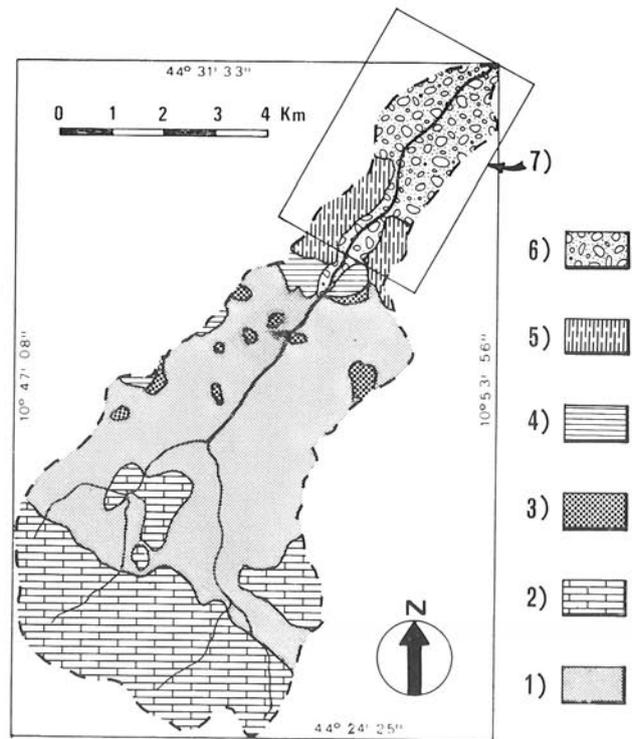


FIG. 3 - CARTA GEOLOGICA SCHEMATICA del bacino del T. Tiepido. *Legenda:* 1) Complesso argilloso non differenziato (Cretaceo-Eocene); 2) Flysch di Serramazzone (Cretaceo); 3) Formazione di Bismantova: membro arenaceo (Miocene); 4) Formazione di Bismantova: membro marnoso (Miocene); 5) Argille siltose grigio-azzurre (Pleistocene inferiore); 6) Depositi continentali: ghiaie, sabbie, limi e argille; 7) Area rilevata in dettaglio e che compare in fig. 5.

(3) A cura di G. TOSATTI.

La parte più bassa, e quindi di chiusura del bacino, è caratterizzata dai depositi del Quaternario marino (5,7% dell'area totale) e continentale (8,2%). I primi, riferibili al Pleistocene inferiore, sono costituiti da argille grigio-azzurre (ANNOVI *et Alii*, 1979); i secondi da alluvioni prevalentemente ghiaiose, con piccoli livelli torbosi, sabbie giallo-ocracee e lenti di ciottolame con palmature scure.

#### 2.4. Vegetazione (4)

Allo scopo di offrire un quadro d'insieme il più completo possibile per un'analisi delle caratteristiche del bacino del T. Tiepido, è stata costruita anche una carta schematica, a piccola scala, della copertura vegetale. A tal fine si è limitato il campo di classificazione a tre categorie, ognuna delle quali sarebbe però suscettibile di altre suddivisioni nell'ambito di uno studio di dettaglio. La prima classe è rappresentata dalla copertura boschiva genericamente intesa, inclusa la vegetazione riparia (A, « bosco ceduo puro o misto », fig. 4). La formazione che caratterizza il bacino è il ceduo misto sub-montano tipico della zona fito-climatica del « Castanetum » secondo la classificazione del PAVARI (1925).

Ciò che risulta piuttosto problematico è invece individuare la forma di trattamento di questi popolamenti, dato il fenomeno ovunque diffuso già da

molti anni dell'abbandono pressoché totale dei cedui e la conseguente utilizzazione sporadica ed irrazionale del soprassuolo boschivo. Questo fenomeno ha provocato il sovrapporsi di rigetti di varia età e la presenza di vaste chiarie nei popolamenti forestali. In merito invece ad una configurazione tipologica della vegetazione del bacino, è possibile distinguere nettamente due classi nell'ambito della stessa formazione. È interessante notare come la demarcazione fisica tra i due tipi segua strettamente la variazione di litologia del substrato e più esattamente il contatto stratigrafico fra il « Complesso argilloso non differenziato » e il « Flysch di Serramazzone ». La prima classe tipologica, insediata sul « Flysch di Serramazzone », è caratterizzata dalla dominanza di « *Castanea sativa* Mill » e « *Ostrya carpinifolia* Scop. » con nettamente subordinati « *Quercus pubescens* Willd. », « *Quercus cerris* L. », « *Corylus avellana* L. » e « *Fraxinus ornus* L. ». Il Popolamento di questo settore del bacino del T. Tiepido è di tipo chiuso, di notevole densità, discretamente matricinato; il grado di copertura (cioè il rapporto fra superficie boscata e superficie totale del popolamento) si avvicina all'unità e questo fatto, in termini di difesa del suolo, significa alta capacità antierosiva e di regimazione dei deflussi. A nord, invece, prevale il ceduo, puro o misto di « *Quercus pubescens* Willd » e « *Quercus cerris* L. », contraddistinto da basso grado di copertura, più o meno degradato, insediato su terreni molto acclivi o addirittura interessati da calanchi, a prevalente matrice argillosa un tempo indicati con il generico termine di « Argille Scagliose » e raggruppati, nel presente lavoro, nel « Complesso argilloso non differenziato ».

La tipologia forestale risente quindi, sia qualitativamente, sia in termini di densità, della natura litologica delle formazioni affioranti. Complessivamente l'area boscata ha una superficie di 11,7 Km<sup>2</sup>, pari al 24,3% della superficie totale del bacino. La seconda classe distinta, indicata genericamente come « Terreni con destinazione a seminativo, prato o incolti produttivi » comprende usi del suolo che, in termini di funzione protettiva del terreno, rottura dello « splash » delle precipitazioni, regolarizzazione dei deflussi, con efficacia circa uguale fra loro, si collocano al di sotto della classe precedente. La superficie occupata da questa classe di copertura è di 32 Km<sup>2</sup>, pari a 66,3% di quella dell'intero bacino. L'ultima classe, infine, comprende sia terreni scoperti sia incolti sterili, non suscettibili cioè di alcuna destinazione produttiva. Questi terreni occupano complessivamente una superficie di 4,5 Km<sup>2</sup>, pari al 9,4% di quella del bacino. Ovviamente questi terreni presentano un grado di protezione antierosiva nullo o pressoché tale e da classificare quindi, nei riguardi della stabilità, come dissestati o predisposti al dissesto. La natura prevalentemente argillosa del bacino (52% della superficie) fa sì però che anche ampie superfici, ricoperte da bosco o soggette ad altre destinazioni produttive, siano estesamente interessate da frane, anche di notevoli dimensioni e profondità, come ad esempio le frane che si osservano presso Farneta di Riccò.

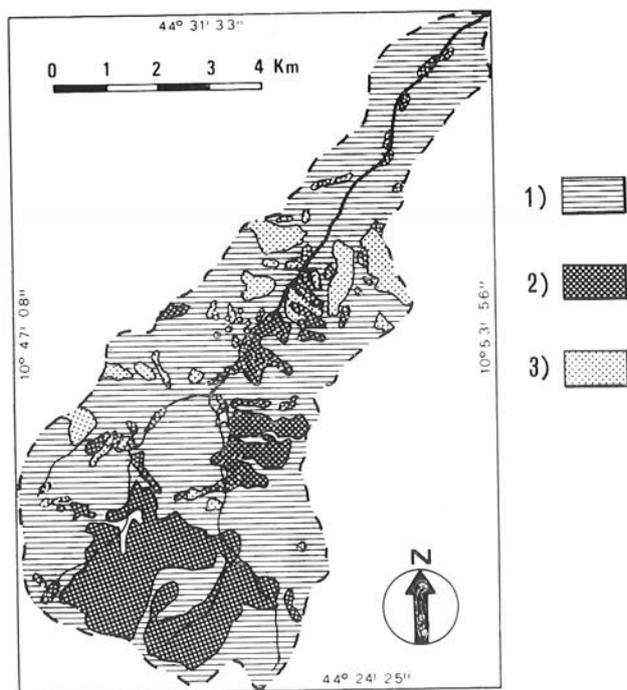


FIG. 4 - CARTA VEGETAZIONALE SCHEMATICA del bacino del T. Tiepido. *Legenda:* 1) Aree a bosco ceduo, puro o misto di castagno, carpino nero, roverella, cerro e nocciolo; 2) Aree con destinazione a seminativo, prato o incolti produttivi; 3) Aree scoperte e incolti sterili.

(4) A cura di S. LOSACCO.

Rispetto al bacino campione del Rio delle Viole (basso Appennino reggiano), che l'U.O. di Modena sta studiando nell'ambito del Sottoprogetto « Dinamica fluviale » (PELLEGRINI & ZAROTTI, 1975; FERRETTI *et Alii*, 1978), che è caratterizzato da analoghe condizioni altimetriche, morfologiche e litologiche, il bacino del T. Tiepido presenta una superficie boscata lievemente maggiore, il 24% rispetto al 20%; per le altre classi nel bacino del T. Tiepido si ha una minor incidenza di terreni scoperti.

### 3. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE ED EVOLUZIONE QUATERNARIA DELLA VALLE DEL T. TIEPIDO, TRA POZZA E TORRE MAINA, LIMITATAMENTE AL TRATTO DOVE SI MANIFESTA IL FENOMENO EROSIVO CONSIDERATO (5)

In questi ultimi anni il margine appenninico modenese è stato oggetto di studi di dettaglio nell'ambito del Progetto Finalizzato « Geodinamica » (ANNOVI *et Alii*, 1979; ISTITUTO DI GEOLOGIA DI MODENA, 1978).

Come già accennato, nell'area studiata affiorano le Argille siltose in facies marina, del Pleistocene inferiore e i depositi continentali pleistocenici inferiori - mindelrissiani oltre a depositi continentali alluvionali terrazzati (fig. 5).

#### 3.1. Argille siltose grigio-azzurre (Pleistocene inf.)

Questa formazione, che affiora negli ultimi rilievi del margine pedeappenninico, costituisce le pendici del solco intravallivo, affiorando, inoltre, nell'alveo del torrente stesso per una lunghezza di più di 3 Km a causa del recente processo erosivo. Gli affioramenti dell'alveo costituiscono una regolare sequenza che è stata oggetto di una nota a carattere stratigrafico (ANNOVI *et Alii*, 1979), alla quale si rimanda per maggiori informazioni.

La formazione ha una composizione monotona, essendo costituita da argille siltose marine di colore grigio che, solo a tratti, sono suddivise in strati separati da sottili livelli di sabbia. Abbondanti sono i macrofossili e sempre presenti i microfossili. L'età è pleistocenica inferiore, lo spessore è di circa m 700.

#### 3.2. Depositi continentali (Pleistocene inf. - Mindel-Riss)

Nell'alveo del Torrente Tiepido, a contatto trasgressivo con le argille pleistoceniche inferiori, affiorano depositi continentali potenti circa m 150. Essi sono costituiti da ghiaie, argille e sabbie di ambiente palustre, lacustre e fluviale variamente alternantisi. Nella successione è intercalato un paleosuolo riferibile a un grande interglaciale più antico di quello mindelrissiano (ANNOVI *et Alii*, 1979).

#### 3.3. Depositi alluvionali pre-würmiani

Affiorano estesamente per quasi la metà settentrionale dell'area e rappresentano le antiche alluvioni del T. Tiepido e di altri corsi d'acqua minori; essi sono costituiti da ghiaie in lenti entro limi sabbiosi e/o argillosi. Nell'area studiata questi depositi costituiscono o ricoprono i terrazzi dell'alta pianura e i terrazzi alti intravallivi del T. Tiepido. In superficie i materiali si presentano profondamente alterati con colorazioni bruno-rossastre e ricoperti discontinuamente da loess. Nell'area compaiono tre ordini di terrazzi posti a quote diverse e precisamente a Gorzano sono a m 150, m 165 e m 170, cioè si trovano elevati rispettivamente di m 5, m 20 e m 25 rispetto all'alveo attuale.

Interessante notare inoltre come lo sviluppo verso sud, cioè verso l'Appennino, delle superfici terrazzate sia qui interrotto da una faglia. Il più basso di questi terrazzi è stato oggetto di uno studio pedologico (ANNOVI *et Alii*, 1979), che ha messo in evidenza come questi depositi siano alterati in un paleosuolo attribuibile all'interglaciale Mindel-Riss ricoperto in modo discontinuo da loess rissiani. Questo terrazzo affiora per oltre 3 Km a nord-est dell'area rappresentata nella carta geologica allegata (fig. 5), ed è quindi ricoperto dalle alluvioni recenti dal T. Tiepido stesso.

#### 3.4. Depositi alluvionali post-würmiani

Sono costituiti dalle ghiaie e sabbie dei torrenti Tiepido e Grizzaga e risultano sospesi rispetto ai corsi d'acqua di qualche metro.

#### 3.5. Tettonica

Nella carta geologica sono riportate alcune faglie: due di esse sono a direzione appenninica e una a direzione antiappenninica. Le prime due sono ben evidenti nell'incisione del torrente: quella più meridionale è diretta e inclinata verso NE di 60° circa, la seconda linea di dislocazione corrisponde ad alcune faglie che interessano i depositi continentali: sono inclinate verso NE e di tipo inverso, il rigetto è modesto. Si tratta probabilmente, della terminazione occidentale di una faglia normale sviluppantesi per quasi una decina di chilometri e rilevata in profondità dall'AGIP (AGIP MINERARIA, 1959).

Una dislocazione a direzione N-S, indicata sulla carta come faglia sepolta, interseca l'area studiata e si prolunga per oltre una decina di chilometri verso nord. Il blocco relativamente abbassato è quello posto a ovest e il rigetto sembra attenuarsi andando da nord a sud.

Interessante e sufficientemente documentata appare la tettonica delle argille pleistoceniche (cfr. sezione geologica, fig. 2 in ANNOVI *et Alii*). Tali depositi sono disposti secondo una monoclinale immersa verso NE con valori che da circa 30° alla base della formazione aumentano sino a 60° in corrispondenza della faglia; a NE di questa l'assetto è di circa 10°, dopodiché, in corrispondenza dell'affioramento in al-

(5) A cura di G. GASPERI.

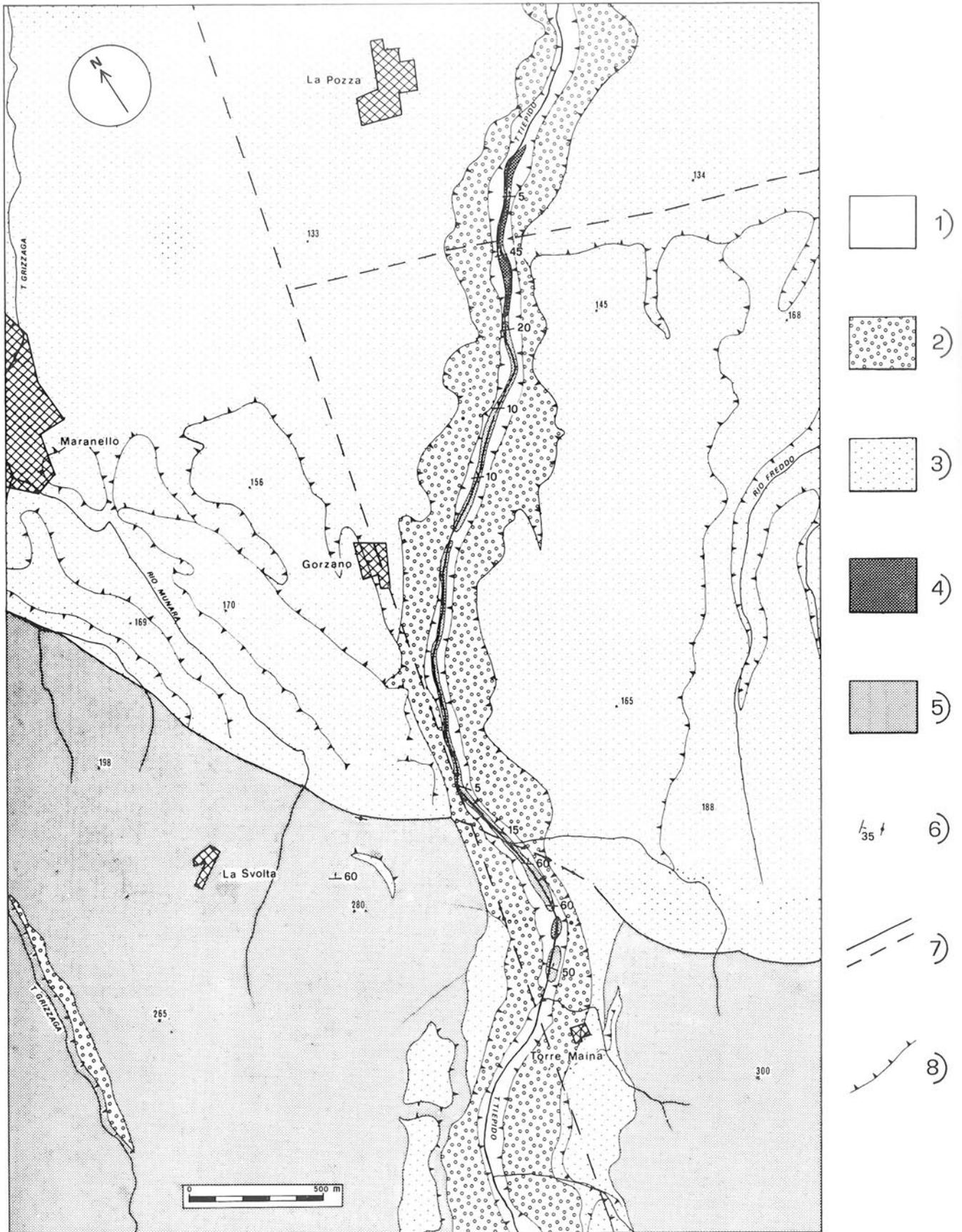


FIG. 5 - CARTA GEOLOGICA della valle del T. Tiepido fra Torre Maina e Pozza. *Legenda:* 1) Depositi alluvionali attuali e recenti (ghiaie e sabbie); 2) Depositi alluvionali post-würmiani (ghiaie, sabbie e limi); 3) Depositi alluvionali pre-würmiani (ghiaie, sabbie e limi talora profondamente alterati; alla sommità paleosuoli rosso-bruni più o meno decapitati; copertura discontinua di loess); 4) Depositi continentali: Pleistocene inferiore-Mindel-Riss (ghiaie, limi sabbiosi e argillosi, argille e argille torbose). Costituisce probabilmente il diretto substrato dei depositi alluvionali dei terrazzi più alti; 5) Argille siltose grigio-azzurre: Pleistocene inferiore; 6)  $\frac{1}{35} \uparrow$  Inclinazione degli strati; strati verticali; 7) --- --- --- Faglie; faglie sepolte; 8) -> Orli delle scarpate.

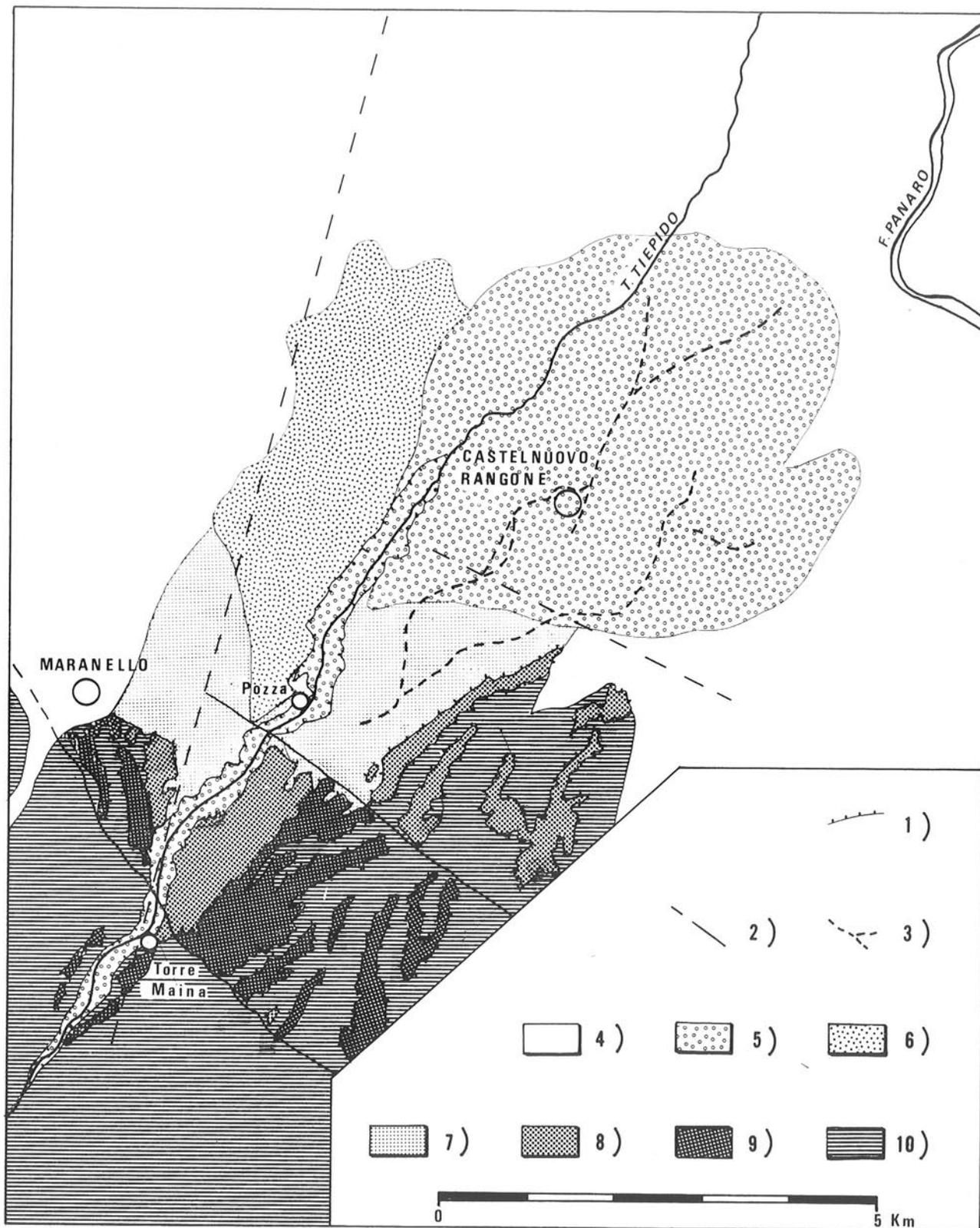


FIG. 6 - CARTA GEOLOGICA SEMPLIFICATA relativa ai successivi depositi di conoide del T. Tiepido (parzialmente ricavata da Fazzini et Alti, 1976); *Legenda:* 1) Orli di scarpate; 2) Faglie; 3) Antichi alvei del T. Tiepido; 4) Depositi alluvionali del F. Panaro e dei corsi d'acqua adiacenti al T. Tiepido; 5) Conoide post-würmiana e depositi di fondovalle a essa raccordantisi; 6) Conoide IV; 7) Conoide III; 8) Conoide II; 9) Conoide I; 10) Substrato dei depositi alluvionali costituito da sedimenti pleistocenici inferiori e più antichi.

veo dei depositi continentali, si hanno nuovamente valori più elevati di pendenza (30°).

### 3.6. *Dinamica quaternaria*

Gli studi sulla neotettonica del margine appenninico hanno messo in evidenza come la fase tettonica che ha formato le strutture ora descritte sia collocabile in un intervallo di tempo posto tra la fine del Pleistocene inferiore e l'Interglaciale Mindel-Riss. Dopo questo Interglaciale si sarebbe avuta una stasi nell'area corrispondente agli affioramenti dei depositi pre-würmiani (fig. 5) e prevalente sollevamento nella restante parte dell'area esaminata.

Le diverse conoidi del T. Tiepido (fig. 6) sono indizio di movimenti tettonici e/o di variazioni climatiche che hanno interessato l'area. Non interessa qui verificare quale dei due fenomeni abbia influito maggiormente o ne sia stato da solo causa, ma solo registrare alcuni effetti che tali fatti, tettonica e variazioni climatiche, hanno avuto nella evoluzione del torrente.

Le successive conoidi hanno dimensioni subuguali, ma la posizione del loro apice è assai diversa (fig. 6). La conoide relativa al terrazzo più alto ha l'apice pressappoco coincidente con il limite sud della carta, cioè entro l'attuale solco vallivo; quella relativa al terrazzo II ha apice poco a sud della faglia posta al limite delle argille pleistoceniche, mentre quella del terrazzo III è collocabile a nord di questa stessa faglia, nei pressi di Gorzano. Si assiste quindi a un progressivo spostamento verso valle di qualche centinaia di metri delle conoidi. I depositi della conoide posteriore a quella relativa al III terrazzo ricoprono in parte quest'ultima conoide: ma l'apice è spostato verso valle di oltre 2 Km. La conoide attuale ricopre, in parte, queste ultime due e viene a trovarsi con un apice anch'esso spostato a valle rispetto alle conoidi precedenti.

Se ora passiamo ad esaminare le conoidi dei corsi d'acqua dell'area circostante (T. Guerro, T. Fossa, ecc.), vediamo che gli apici delle relative conoidi, correlabili con quelle ora viste, appaiono successivamente spostate verso valle di qualche centinaia di metri al massimo, dimodoché le conoidi recenti ricoprono quasi completamente le più antiche. La differente evoluzione del T. Tiepido rispetto agli altri corsi d'acqua sembra quindi imputabile non solo a fattori climatici (tali condizioni sono state identiche per tutti i corsi d'acqua delle zone circostanti), ma al diverso comportamento tettonico della zona. Come accennato, l'area delle conoidi del T. Tiepido si è comportata, da un punto di vista tettonico-altimetrico, in maniera stabile dal Mindel-Riss in poi (da ricordare che il terrazzo III è quello con il paleosuolo mindelrissiano), mentre le aree adiacenti, entro le quali si sono sviluppate le altre conoidi si sono trovate ad essere relativamente abbassate in questo medesimo intervallo.

Assai significativo appare poi il confronto dei vari profili longitudinali delle successive conoidi del T. Tiepido. La geometria delle scarpate longitudinali

che delimitano i terrazzi I e II dà luogo a profili divergenti (verso valle), mentre quelle tra il terrazzo II e il III a profili convergenti. La forma longitudinale dei depositi delle conoidi IV e V appare in ambedue di tipo accrescente (spessore che aumenta verso valle). Queste diverse forme possono essere prodotte a seguito di vicende tettoniche e climatiche. Assai difficile è, allo stato attuale delle conoscenze della zona, scindere gli effetti dei due fenomeni: se l'attuale situazione fosse il frutto di soli movimenti tettonici, si potrebbe dedurre, in accordo con CARRARO *et Alii* (1978), che si è avuto il relativo sollevamento del territorio posto a valle, nell'intervallo di tempo compreso tra la formazione del I e del II terrazzo, mentre tra il II e il III si è avuto il sollevamento del territorio posto a monte; il relativo abbassamento della pianura avrebbe poi portato alla deposizione delle conoidi IV e V.

CARRARO *et Alii* (1978) ricordano che la deposizione di corpi sedimentari (nel nostro caso la deposizione delle conoidi IV e V) può essere imputabile anche a sole variazioni climatiche (glaciazioni), mentre a prevalenti fatti tettonici sarebbero dovuti i terrazzamenti (conoide I, II e III).

In conclusione l'evoluzione della conoide del T. Tiepido ricavabile anche dal confronto tra i successivi profili longitudinali, potrebbe essere la seguente: prima dell'interglaciale Mindel-Riss, movimenti tettonici hanno regolato la deposizione delle conoidi I, II e III e la formazione delle relative scarpate, dapprima con una fase caratterizzata dal relativo sollevamento della zona a valle, poi col prevalere del sollevamento delle aree a monte. Le faglie indicate nella fig. 6 sono state indubbiamente attive in tutto questo periodo.

Dopo l'Interglaciale M-R si è avuta prevalente stasi e le variazioni climatiche (glaciale Riss e Würm) hanno controllato la deposizione delle due conoidi IV e V.

Da un punto di vista della dinamica fluviale attuale, è interessante sottolineare che l'evoluzione quaternaria dell'area ha determinato spessori alluvionali sempre molto modesti (circa 1 m) nell'alveo attuale, per uno sviluppo longitudinale piuttosto anomalo: per un tratto in pianura di oltre 4 Km.

### 4. EVOLUZIONE MORFOLOGICA DELL'ALVEO (6).

Come abbiamo accennato in precedenza, PELLEGRINI & ZAROTTI (1975) poterono seguire l'evoluzione morfologica dell'alveo del T. Tiepido nel tratto compreso fra Torre Maina e Gorzano per il periodo 1964-1975 (curve 1, 2, 3 della figura 7). Nel luglio 1975 l'alveo appariva profondamente inciso, fino a 5 metri dalle quote originarie e incassato tra ripide pareti di argilla formanti uno stretto solco. Sempre in quel periodo gli Autori sopra citati facevano notare che nelle sezioni più prossime al ponte di Torre Maina comparivano nette rotture di pendenza tipiche

(6) A cura di S. LOSACCO, G. TOSATTI e L. ZAROTTI.

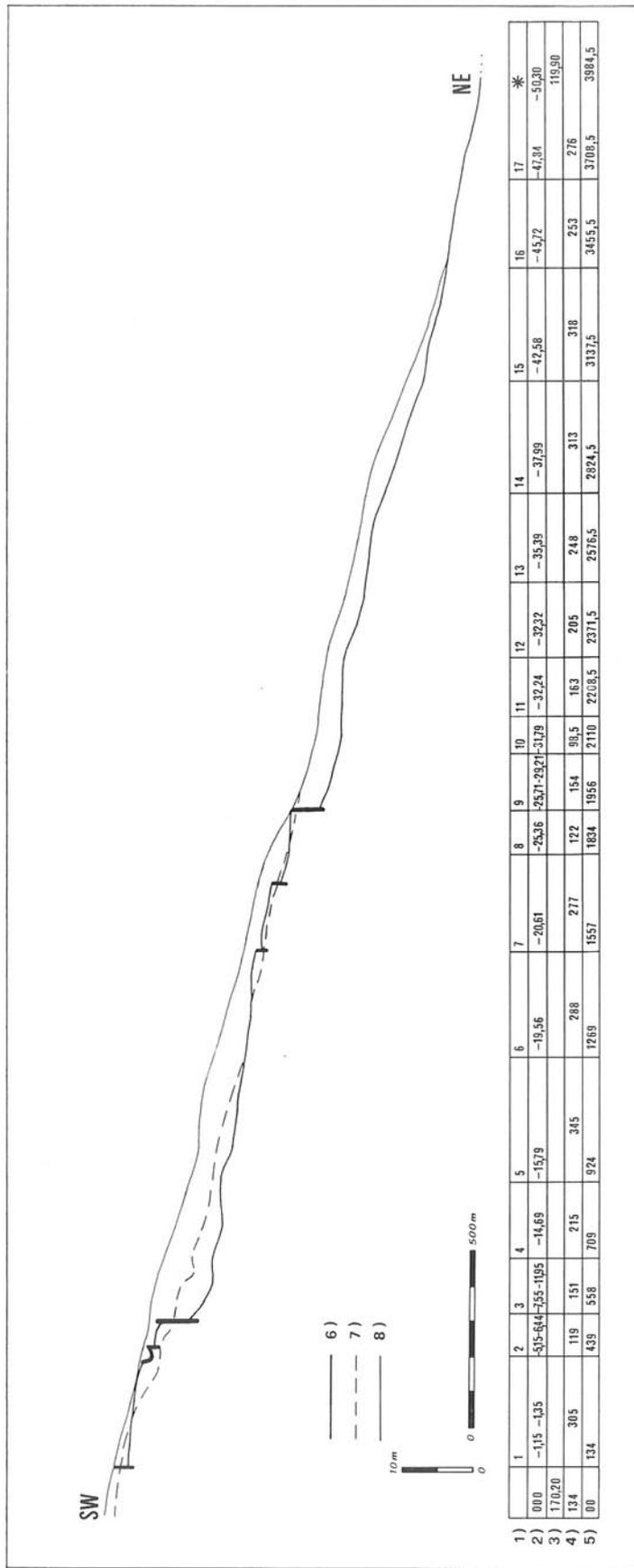


Fig. 7 - PROFILO DI FONDO del T. Tiepido nel tratto compreso fra Torre Maina e Pozza. *Legenda:* 1) Numero delle sezioni; 2) Quote progressive; 3) Quote s.l.m.; 4) Distanze parziali; 5) Distanze progressive; 6) Profilo nel 1979; 7) Profilo nel 1975; 8) Profilo antecedente il 1964.

di una condizione di non-equilibrio e di un'erosione regressiva ancora in atto; il fenomeno erosivo si smorzava immediatamente a valle di Gorzano, tant'è vero che un chilometro circa più a valle, cioè presso Pozza di Maranello, le condizioni morfologiche dell'alveo apparivano pressoché normali e la copertura alluvionale ghiaiosa era continua. Immediatamente dopo i rilievi effettuati da PELLEGRINI & ZAROTTI (1975), nel tratto di alveo del T. Tiepido interessato dai fenomeni erosivi descritti, fu costruita una serie di briglie in cemento armato, di tipo semplice; solo una è provvista di vasca di dissipazione dell'energia e con paramento a valle del tipo a scivolo. Queste briglie, che hanno un'altezza variabile da 1,25 a 5,5 m, furono costruite per ripristinare in parte le quote originarie dell'alveo e soprattutto per impedire che il fenomeno erosivo retrocedesse verso monte, interessando il ponte di Torre Maina. Quasi contemporaneamente, nell'alveo del T. Tiepido, seppure a monte del tratto studiato, intervennero altre modificazioni, conseguenti alla costruzione di una strada di fondovalle: modificazioni consistite in restringimenti e rettifiche dell'alveo per una lunghezza di circa 5 Km. Pur non disponendo di stazioni idrometriche, si può facilmente ipotizzare che questo fatto abbia determinato un cambiamento dei tempi di corrivazione e quindi di forma dell'idrogramma di piena, nel senso

che i deflussi integrali potrebbero essere rimasti invariati, pur aumentando le altezze idrometriche.

L'evoluzione morfologica dell'alveo, come appare nel 1979, è quella delineata dalla curva 1 della fig. 7. Rispetto al profilo del 1975, si può osservare che la costruzione delle briglie, ha determinato immediatamente a monte di esse, la stabilizzazione delle quote o il ripristino di quelle originarie. Tuttavia, a valle di esse, i fenomeni si sono accentuati e praticamente si sono estesi fin quasi al ponte di Pozza; a valle della prima serie di briglie, l'approfondimento dell'alveo supera ora i 7 m rispetto alle quote originarie del 1964. Il fenomeno erosivo si è esteso verso valle di 2 Km rispetto alle condizioni descritte da PELLEGRINI & ZAROTTI (1975) e si esplica con le stesse modalità già descritte dagli Autori sopra citati, e cioè con restringimento e infossamento dell'alveo. Secondo le indicazioni degli stessi Autori, dopo un'iniziale asportazione e rimanneggiamento, solo in parte artificiale, di 17.000 m<sup>3</sup> di ghiaia della copertura alluvionale, il corso d'acqua ha eroso dal 1967 al 1975 circa 29.500 m<sup>3</sup> delle argille del substrato; mentre dal 1975 al 1979 sono state erose 54.500 m<sup>3</sup> circa di argille. Nonostante la costruzione delle briglie, si può quindi osservare come il fenomeno erosivo tenda ad accelerarsi nel corso del tempo, essendo passato da una media annua di circa 3.700 m<sup>3</sup> per il periodo 1967-75, ad una media di



FIG. 8 - CARTA INDICE E TOPOGRAFIA della valle del T. Tiepido nel tratto interessato dal fenomeno erosivo. *Legenda:* 1) Traccia delle sezioni trasversali illustrate nella Fig. 9; 2) Estremità della curva di fondo illustrate nella Fig. 7.

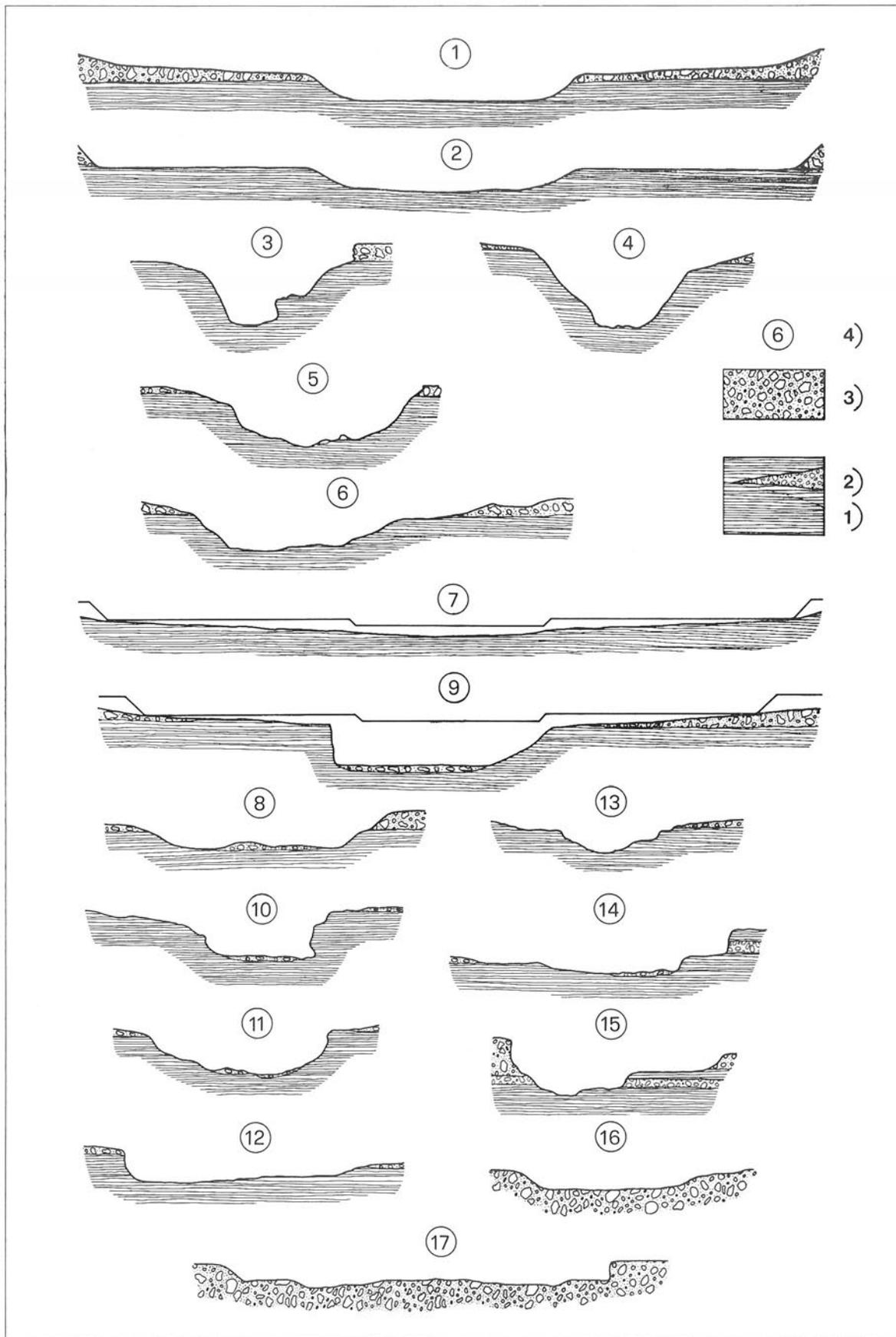


FIG. 9 - SEZIONI TRASVERSALI dell'alveo del T. Tiepido fra Torre Maina e Pozza (agosto 1979). *Legenda:* 1) Argille siltose marine (Pleistocene inferiore) e limi sabbiosi e argillosi e argille continentali (Pleistocene inferiore-Mindel-Riss); 2) Ghiaie entro i depositi continentali di 1); 3) Ghiaie e ghiaie sabbiose del Tiepido; 4) Numero della sezione.

oltre 13.500 m<sup>3</sup> annui per il quadriennio successivo. La forma dell'alveo nell'agosto del 1979 è delineata dalle sezioni trasversali riportate in figura 9.

Da notare poi che, a valle delle due briglie di altezza maggiore, sono stati collocati, nell'estate 1978, dei blocchi di trachite proveniente dai Colli Euganei per favorire la dissipazione dell'energia ed impedire il fenomeno dell'autoscalzamento dei manufatti stessi; l'alta capacità di trasporto del corso d'acqua (bassa scabrezza del fondo, pendenza media del 13,6‰, ecc.) ha determinato il fluitamento di blocchi del peso di circa 520 Kg per una distanza di 260 m per quanto riguarda la briglia situata più a monte, e di blocchi del peso di circa 1.080 Kg ad una distanza di 170 m per quanto riguarda la briglia situata più a valle.

Riguardo agli effetti provocati dalla canalizzazione e approfondimento dell'alveo, essi sono quelli più volte descritti (PELLEGRINI *et Alii*, 1979): crolli di ponti (passerella di Gorzano), drenaggio della falda freatica un tempo alimentata invece dal corso d'acqua stesso, probabile variazione di forma dell'idrogramma di piena. Il drenaggio della falda si manifesta con piccole sorgenti, a contatto tra le alluvioni rimaste pensili e le sottostanti argille pleistoceniche, soprattutto nel tratto compreso tra Torre Maina e Gorzano.

## 5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Lo studio dei processi erosivi manifestatisi nell'alveo del T. Tiepido dal 1964 ad oggi ribadisce, innanzitutto, quanto già dimostrato da PELLEGRINI & ZAROTTI (1975), da PELLEGRINI (1978) e da PELLEGRINI *et Alii* (1979): non è tanto il quantitativo di materiali ghiaiosi asportati o rimaneggiati dall'alveo, quanto la rimozione del *pavé* o *pavage* a provocare una siffatta erosione. Nel caso specifico del T. Tiepido, infatti, il materiale ghiaioso asportato artificialmente è assolutamente trascurabile rispetto a quello eroso da parte del corso d'acqua stesso nel suo *bed-rock*. Il presente studio permette però di giungere ad altre conclusioni. Da un punto di vista geologico generale, la particolare dinamica subita dal corso d'acqua durante il Quaternario ha determinato il fatto che il suo alveo è caratterizzato, per un'estensione di almeno 4 Km, da modestissimi spessori (1 m circa) della copertura alluvionale. Questa particolare evoluzione, presumibilmente comune ad altri corsi d'acqua emiliani, tra i quali sicuramente Crostolo, Arda e Stirone, sconsiglia innanzitutto una qualsiasi attività estrattiva ed un rimaneggiamento dei materiali d'alveo; un'eventuale successiva regimazione del corso d'acqua mediante briglie dovrà tener conto di questa situazione, sia per quanto riguarda le caratteristiche costruttive di queste ultime (profondità di fondazione, altezza della gaveta, etc.), sia degli effetti che esse potranno provocare. Nel caso specifico del T. Tiepido l'esame comparativo dei profili effettuati precedentemente e posteriormente alla costruzione delle briglie dimostra che queste ultime hanno avuto un solo effetto positivo: ristabilire le quote originarie in alcune sezioni ed impedire una regressione

dei fenomeni erosivi. D'altra parte, però, la loro altezza, eccessiva rispetto alle capacità di ripascimento del corso d'acqua, soprattutto nei riguardi del materiale di fondo, e la presenza di litotipi argillosi nell'alveo a valle di esse hanno accentuato ed esteso verso valle il fenomeno erosivo stesso, come si può facilmente vedere dalla fig. 7. Il fenomeno trova una facile spiegazione con il fatto che, a valle delle briglie, l'energia posseduta dalla corrente viene interamente spesa in azioni erosive, anziché di trasporto. Infatti come noto, l'energia cinetica della massa liquida di un corso d'acqua in movimento è espressa dalla nota relazione  $E_t = QV^2$  (dove  $E_t$  = energia cinetica della massa liquida;  $Q$  = portata;  $V$  = velocità). Una parte di questa energia, come si vede, è impiegata dal corso d'acqua per vincere gli attriti interni, esterni e per effettuare il trasporto del carico. Se, come nel caso del T. Tiepido, si diminuiscono gli attriti esterni e fra questi si diminuisce la scabrezza dell'alveo con la rimozione del *pavé* ghiaioso, si ha un aumento dell'energia netta, che può essere impiegata per prelevare e assumere in carico i materiali entro i quali è inciso il corso d'acqua, cioè ad erodere. Se poi oltre a ciò si ostacola il trasporto dei materiali con la costruzione di briglie, il fenomeno si accentua soprattutto a valle delle stesse briglie. In questo modo, in circa 4 anni, dal 1975 al 1979, il fenomeno erosivo nel T. Tiepido si è esteso per altri 2 km circa, con rimozione di altri 54.500 m<sup>3</sup> di materiale argilloso. A tutt'oggi il fenomeno è ancora in atto e non si può prevedere dove e quando si arresterà. L'esperienza acquisita nel T. Tiepido consiglierebbe pertanto, in casi di dissesti d'alveo di questo tipo e in situazioni analoghe di litologia, caratteristiche del bacino e di geometria dei depositi alluvionali, l'adozione di manufatti di regolazione, non tanto costituiti da briglie con gaveta notevolmente elevata, ma da semplici soglie di fondo, le quali impedirebbero ugualmente una regressione dei fenomeni erosivi e, nello stesso tempo, probabilmente non li accentuerebbero né li propagherebbero verso valle.

Da un punto di vista pratico, per poter prevedere quale sarà l'evoluzione del corso d'acqua una volta costruiti i manufatti, occorrerebbe pertanto non solo conoscere i parametri idraulici del corso d'acqua stesso (velocità, pendenza, portate, etc. . . .) ma anche la composizione granulometrica e la coesione dei materiali di fondo, il loro equilibrio con la velocità posseduta dalla corrente, secondo la relazione di HJULSTRÖM, i reciproci rapporti di giacitura dei diversi materiali e l'evoluzione dinamica recente del corso d'acqua stesso. Quest'ultima ha determinato come si è visto un ruolo importante nel T. Tiepido, provocando in maniera del tutto anomala il deposito di una modesta copertura alluvionale recente sui materiali argillosi del *bed-rock*.

È infine interessante notare sino a quali distanze si è propagato il fenomeno erosivo rispetto all'iniziale punto di prelievo delle ghiaie (circa sez. 7 delle figg. 8 e 9), descritto da PELLEGRINI & ZAROTTI (1975), anche se dal 1975 ad oggi si sono sovrapposte nuove modificazioni, peraltro già descritte, dell'alveo fluviale (costruzione delle briglie, etc.):

1700 m verso valle e 1500 m verso monte. Se verso monte non si può avere un'idea delle dimensioni che avrebbe potuto assumere il fenomeno in assenza di briglie, il valore sopra trovato per il tratto a valle è particolarmente significativo, soprattutto ai fini delle previsioni degli effetti provocati dal prelievo di materiali inerti dagli alvei: infatti i fenomeni erosivi innescati da tali prelievi sembrano manifestarsi per lunghezze che dovrebbero essere proporzionali non solo alla quantità di materiale prelevato, ma anche alle caratteristiche geologiche e idrauliche dell'alveo.

#### BIBLIOGRAFIA

- AGIP MINERARIA (1959) - *I giacimenti gassiferi nell'Europa occidentale* - Atti convegno Accademia Nazionale Lincei e Eni, Milano.
- ANNOVI A., CREMASCHI M., FREGNI P. & GASPERI G. (1979) - *La successione pleistocenica marina e continentale del T. Tiepido (Appennino modenese)* - Geogr. Fis. Din. Quat., 1, pp. 1-22, 16 ff., 4 tabb.
- CARRARO F., BORTOLAMI G. C., CAMPANINO F., CLARI P. A., FORNO G., FERRERO E., GHIBAUDO G., MASO V., & RICCI B. (1978) - *Dati preliminari sulla Neotettonica dei Fogli 56 (Torino), 68 (Carmagnola) e 80 (Cuneo)*. Contributi alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia - C.N.R., P.F. Geodinamica, S.P. « Neotettonica », pp. 149-180.
- FAZZINI P., GASPERI G. & GELMINI R. (1977) - *Litologia di superficie dell'alta e media pianura modenese* - Atti Soc. Nat. e Mat. di Modena, 107, pp. 53-66, 4 ff., 1 carta.
- FERRETTI P., MORATTI L., PELLEGRINI M. & ZAROTTI L. (1978) - *Il bacino sperimentale del Rio delle Viole (Appennino emiliano)*. Primi risultati - Mem. Soc. Geol. It., 19, pp. 217-219, 4 ff.
- FORTI A. (1922) - *Elementi per la determinazione delle piene catastrofiche dei corsi d'acqua montani* - Annali Cons. Sup. Acque, 4 (2-3).
- GIANDOTTI M. (1937) - *Idrologia della bonifica integrale* - S.G.A. Barbera, Firenze.
- HJULSTRÖM F. (1935) - *Studies of the morphological activity of rivers as illustrated by the river Fyris*. - Univers. Uppsala, Geol. Inst. Bull. 25, pp. 221-527, Uppsala.
- ISTITUTO DI GEOLOGIA DI MODENA (1978) - *Metodologie e primi risultati di Neotettonica nel modenese e territori limitrofi* - Atti 69° Congr. Soc. Geol. It., Perugia 2-4 ottobre 1978.
- MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI, SERVIZIO IDROGRAFICO, UFFICIO IDROGRAFICO DEL PO (1921-1968) - *Annali Idrologici*, Istituto Poligrafico dello Stato, Roma.
- PAVARI A. (1925) - *L'azione antropica sulla vegetazione forestale in rapporto alla fitogeografia* - I.G.M., XI, Firenze.
- PELLEGRINI M. (1978) - *Riflessi idrogeologici dell'attività estrattiva di materiali inerti in alveo ed extra-alveo nelle aree di conoide* - Convegno « Attività estrattiva dei materiali inerti da costruzione; effetto sugli ambienti e risorse alternative » - Cavriago, 17 marzo 1978, pp. 11-16, 4 f.
- PELLEGRINI M., PEREGO S. & TAGLIAVINI S. (1979) - *La situazione morfologica degli alvei degli affluenti emiliani del Po* - Atti Conv. Idraulica padana, 1-8, Parma, 18-19 ottobre 1979.
- PELLEGRINI M. & ZAROTTI L. (1975) - *Un esempio di erosione accelerata in alveo: il T. Tiepido presso Maranello (Mo)* - Atti Soc. Nat. Mat. di Modena, 106, pp. 145-156, 8 f.
- VISENTINI M. (1938) - *Sulla determinazione delle portate di massima piena* - Riv. Energia Elett., 11-2.

*Finito di stampare nel mese di gennaio 1980 dalla S.T.E.M.-MUCCHI - Modena*