

ELVIDIO LUPIA PALMIERI, ALESSANDRO BIASINI, CLAUDIO CAPUTO,
ERNESTO CENTAMORE, SIRIO CICCACCI, MAURIZIO DEL MONTE,
PAOLA FREDI & FRANCESCO PUGLIESE (*)

GEOMORFOLOGIA QUANTITATIVA E MORFODINAMICA DEL TERRITORIO ABRUZZESE: III - IL BACINO IDROGRAFICO DEL FIUME SALINE

ABSTRACT: LUPIA PALMIERI E., BIASINI A., CAPUTO C., CENTAMORE E., CICCACCI S., DEL MONTE M., FREDI P. & PUGLIESE F., *Quantitative Geomorphology and Morphodynamics of the Abruzzo Region, Italy: III The drainage basin of the River Saline*. (IT ISSN 0391-9838, 2001).

This work is part of a series of wide geothematic researches focussed on the contribution of quantitative geomorphology to the morphogenetic and morphostructural characterization of the Abruzzo region.

The Fiume Saline drainage basin is considered; this river is the final section of the Fino and Tavo rivers, that, after a course of about 40 km join together at about 6 km from the debouching into the Adriatic Sea. The drainage basin of the Fiume Saline develops on the eastern margin of the Apennines and the facing central part of the southern Adriatic foredeep. Main outcrops belong to the deposits of the «Laga Basin», of the «middle-Emilian Pliocene cycle» and of the «Cellino Basin»; locally also outcrop Trias-Paleogene carbonate Units and Miocene calcareous-marly Units.

Following methods widely tested, it has been possible to establish the types and intensity of the denudational processes acting in the study drainage basin as well as the morpho-structural assessment of this part of the Abruzzo region.

Geological surveys have been concentrated above all on lithological and tectonic features of the basin, considering the morphogenetic and morphostructural ends of researches. Geomorphologic surveys have been directed towards two themes, both having a remarkable importance for morphodynamics of the Abruzzo region. The first theme concerns the denudational processes that affect the different parts of the study basin, with particular attention to instability phenomena. The second theme is represented by neotectonics; in this case researches have been mainly addressed to the identification of tectonic lines present in the study area.

(*) Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Roma «La Sapienza».

Lavoro eseguito con fondi ENEA (Contratto di ricerca «Analisi geomorfologica quantitativa di alcuni bacini idrografici dell'area abruzzese»), CNR (Contributi per la ricerca «Geomorfologia quantitativa dei bacini idrografici italiani») e MURST 40% (Progetto di ricerca «Il ruolo della tettonica nella morfogenesi dell'Appennino»).

Morphometric researches, especially quantitative Geomorphology, supplied an essential contribution to the study of relations among geomorphic elements and geological characteristics; this study has been mainly addressed towards indirect evaluations of solid supply and erosion entity inside the basin. Satisfactory as well as results achieved by morphotectonic researches, among which very interesting are those derived from the statistical analysis of azimuthal distribution of fluvial channels. This analysis also provided important information on effects of mainly recent tectonics on the drainage net configuration, thus allowing to identify also joint and fault systems not always detectable by means of geological surveys.

The comparison of data coming from morphographic analyses and quantitative geomorphology allowed to subdivide the whole study basin into different sectors, each characterized by different structural assessment and denudational processes being different in type and intensity.

The two main partial basins belonging to the Fiume Saline in general show different morphodynamic conditions. Denudational processes result more widespread and intense in the Fiume Fino basin as to those of the Fiume Tavo, where they appear to be of limited spreading and smaller effectiveness. This different condition is also confirmed by quantitative geomorphologic analysis: the stronger intensity of morphogenetic processes acting inside the Fiume Fino basin goes along with a marked poor organization of the drainage net and with high values of the «denudational index».

More in detail geomorphic changes result very vivid on the left slope of the middle-upper part of the Fiume Fino basin. This area records medium-high «denudational indexes» and drainage nets are better organized, following a stronger action of fluvial cutting and of minor spreading of sheet, rill and gully erosion. The right slope shows denudational processes with a minor areal spreading, but the «denudational index» is still rather high. This may be partly explained considering that - even if less widespread - denudational processes are locally very marked and this condition has an obvious weight on solid supply. On the contrary, similar processes are present inside the Fiume Tavo basin only in a subordinated way. Indeed, analyses made for this basin show all together the general lack of areas undergoing rapid geomorphic changes, with the exception of very restricted areas.

The morphotectonic study evidenced at what extent the morphologic configuration of the whole drainage basin (Fiume Saline) results conditioned by tectonics, that surely must have acted in a very complex way and with an intensity being very different in the various parts of the

same basin. The whole of the morphotectonic evidence and the azimuthal distribution analysis of each stream order, allowed to hypothesize that both the Fiume Fino and the Fiume Tavo have been affected by a significant differential movement having acted according to an important E-W tectonic line. The major uplift of the northern part - together with a more intense and widespread tectonization - should have caused a more vivid action of denudational processes for the Fiume Fino basin.

Hypsometric analysis applied to the two main partial basins (Tavo and Fino) - and to the others into which the whole Fiume Saline basin has been subdivided as well - evidences a close relation between the pattern of hypsometric curves and the type and intensity of denudational processes.

KEY WORDS: Quantitative Geomorphology, Morphodynamics, Morphotectonics, Denudation processes, Abruzzo (Italy).

RIASSUNTO: LUPIA PALMIERI E., BIASINI A., CAPUTO C., CENTAMORE E., CICCACCI S., DEL MONTE M., FREDI P. & PUGLIESE F., *Geomorfologia quantitativa e morfodinamica del territorio abruzzese: III - Il bacino idrografico del Fiume Saline*. (IT ISSN 0391-9838, 2001).

Questa nota si inserisce in un'ampia e articolata serie di ricerche geotematiche che, eseguite utilizzando come strumento principale di indagine la geomorfologia quantitativa, hanno permesso di giungere alla caratterizzazione morfodinamica di vaste aree del territorio abruzzese.

In questo lavoro viene preso in esame il bacino idrografico del Fiume Saline; questo corso d'acqua costituisce il tronco finale dei fiumi Fino e Tavo, che, dopo un percorso di circa 40 km, si congiungono a circa 6 km dalla foce nel Mare Adriatico.

Dal punto di vista geologico il bacino idrografico del Fiume Saline occupa un'area che comprende il bordo orientale della catena appenninica e l'antistante settore centrale dell'avanfossa adriatica meridionale. I principali litotipi affioranti fanno parte dei depositi del «bacino della Laga», di quelli del «ciclo pliocenico medio-emiliano» e del «bacino del Cellino»; affiorano localmente anche Unità carbonatiche triassico-paleogene e Unità calcareo-marnose mioceniche.

Il confronto dei risultati dell'indagine morfografica con i dati della geomorfologia quantitativa ha permesso di suddividere l'intera area esaminata in almeno cinque settori, caratterizzati da differenti assetti strutturali e da fenomeni di denudazione di diversa tipologia e intensità.

È emersa, in generale, una differente situazione morfodinamica tra i due principali sottobacini presenti nel bacino del Fiume Saline. In particolare, i processi di denudazione risultano più diffusi e intensi nel bacino del Fiume Fino rispetto a quello del Fiume Tavo, ove essi appaiono di limitata diffusione e di minore efficacia. E questa diversa condizione viene confermata anche dai dati dell'analisi geomorfica quantitativa. Alla maggiore intensità dei processi morfogenetici in atto nel bacino del Fiume Fino si accompagna una marcata disorganizzazione della rete idrografica e un elevato indice di erosione; tale situazione non trova analogo riscontro nel caso del bacino del Fiume Tavo, interessato in modo subordinato da tali processi.

Lo studio morfotettonico ha evidenziato chiaramente come la configurazione morfologica del bacino idrografico del Fiume Saline risulti condizionata dalla tettonica, che sicuramente deve aver agito in modo assai complesso e con diversa intensità nelle diverse parti del bacino stesso. L'insieme degli indizi morfotettonici e l'analisi della distribuzione azimutale delle aste fluviali hanno permesso di avanzare l'ipotesi che il bacino del Fiume Fino e quello del Fiume Tavo siano stati interessati da un movimento differenziale, avvenuto secondo una importante direttrice tettonica orientata E-W; il maggiore sollevamento della porzione settentrionale, associato a una più intensa e diffusa tettonizzazione, avrebbe concorso a imprimere una più vivace attività ai processi di denudazione nel bacino del Fiume Fino.

Anche dall'analisi ipsometrica - effettuata sia per i due principali sottobacini (Tavo e Fino) che per gli altri bacini parziali in cui è stato suddiviso l'intero bacino idrografico del Fiume Saline - è emersa una netta rispondenza tra l'andamento delle curve ipsometriche e tipologia e intensità dei processi morfogenetici.

TERMINI CHIAVE: Geomorfologia quantitativa, Morfodinamica, Morfotettonica, Processi di denudazione, Abruzzo.

PREMESSA

Questo lavoro, che ha per oggetto il bacino idrografico del Fiume Saline, si inserisce in una ampia e articolata serie di ricerche finalizzate alla caratterizzazione morfodinamica di alcune aree della regione abruzzese (Lupia Palmieri & alii, 1995; 1998).

Seguendo le metodologie messe a punto e utilizzate già nei due precedenti lavori, è stato possibile, anche in questo caso, giungere non solo alla determinazione della tipologia e della intensità dei processi di denudazione in atto nel bacino di drenaggio esaminato, ma anche alla definizione dell'assetto morfologico-strutturale di questa zona del territorio abruzzese.

Preliminarmente si è ritenuto necessario procedere a un approfondimento delle conoscenze geologiche, tenendo conto delle finalità morfogenetiche e morfostutturali della ricerca programmata. Sono stati pertanto effettuati rilevamenti, anche di dettaglio, incentrati soprattutto sulle caratteristiche litologiche e tettoniche del bacino in esame.

Il rilevamento geomorfologico, effettuato con l'ausilio di fotografie aeree e direttamente sul terreno, è stato orientato verso due tematiche, entrambe di notevole interesse morfodinamico nella regione abruzzese. Il primo tema è stato identificato nei processi di denudazione che caratterizzano le diverse parti del bacino in esame, con speciale riguardo per i fenomeni di dissesto: una indagine accurata ha permesso di evidenziare il tipo e la distribuzione di tali processi e delle forme da essi derivanti. Un secondo tema è stato identificato nell'attività neotettonica; e in questo ambito l'indagine si è rivolta principalmente alla individuazione degli elementi tettonici lineari presenti nel territorio in studio. A tal fine è stato eseguito un attento esame di tutti gli aspetti morfologici che possono essere considerati indicativi di un controllo tettonico; gli allineamenti più significativi di questi «indizi morfologici» sono stati interpretati come lineazioni tettoniche.

Le indagini morfometriche, strumento principale di questa serie di ricerche, sono state effettuate seguendo metodologie ormai ampiamente sperimentate, con risultati significativi, in diverse aree dell'Italia centro-meridionale. In particolare, la Geomorfologia quantitativa ha fornito, anche nel corso di queste indagini, un sostanziale contributo allo studio delle complesse relazioni esistenti tra elementi geomorfici e caratteristiche geologiche; tale studio è stato finalizzato soprattutto alla valutazione indiretta dell'entità del trasporto solido e dell'erosione nel bacino considerato. Altrettanto soddisfacenti sono i risultati ottenuti con lo studio morfotettonico, nell'ambito del quale può essere considerata di grande interesse l'analisi statistica della distribuzione azimutale delle aste fluviali. Tale tipo di indagine fornisce, com'è noto, utili informazioni in merito agli effetti della tettonica, in particolare di quella recente, sulla configurazione del reticolo idrografico e può consentire l'identificazione di sistemi di fratture e di faglie a modesto rigetto, che risultano spesso difficilmente individuabili con il rilevamento geologico.

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il bacino idrografico del Fiume Saline ha un'estensione areale di circa 626 km², ed è costituito da due grandi sottobacini, drenati dal Fiume Fino e dal Fiume Tavo. Questi due corsi d'acqua hanno origine, rispettivamente, nella parte centrale e nella parte sudorientale della catena del Gran Sasso; dopo aver percorso circa 40 km ciascuno, essi si congiungono a formare il Fiume Saline, a circa 6 km dallo sbocco nel Mare Adriatico. Il bacino del Fiume Fino ha un'estensione di 283 km², poco inferiore a quella del bacino del Fiume Tavo (312 km²) che però comprende alla testata l'ampia zona endoreica di Campo Imperatore.

L'andamento altimetrico del bacino del Fiume Saline si presenta assai vario. Le massime elevazioni si raggiungono ovviamente nella catena del Gran Sasso, con le cime di Monte Prena (2561 m s.l.m.) e di Monte Camicia (2570 m s.l.m.). Procedendo verso Ovest, superati i rilievi calcarei, lo spartiacque si deprime abbastanza bruscamente, fino a raggiungere i 600 m s.l.m., e poi degrada dolcemente e costantemente verso la piana costiera.

Dal punto di vista orografico e morfologico si possono individuare tre zone con caratteristiche estremamente diverse fra loro. La prima comprende i rilievi montuosi carbonatici, fortemente acclivi, interessati diffusamente da processi crionivali e carsici; questi ultimi sono particolarmente attivi nella zona endoreica di Campo Imperatore, la cui origine è legata a fenomeni tettono-carsici. La seconda zona corrisponde all'affioramento dei flysch; qui il paesaggio si presenta assai più dolce, con valli ampie a versanti poco acclivi, sui quali prevalgono processi gravitativi e di erosione areale. Infine, nell'ultima zona che comprende la fascia costiera, il paesaggio è caratterizzato dalla presenza di superfici terrazzate e dalla diffusione di forme calanchive, il cui sviluppo è favorito dagli estesi affioramenti dei litotipi argilloso-sabbiosi.

CARATTERISTICHE GEOLOGICHE

Le caratteristiche litologiche e i principali elementi tettonici del bacino idrografico del Fiume Saline (Tavo-Fino) sono state rappresentate cartograficamente alla scala 1:100.000. La «Carta geolitologica» (f.t.) è in gran parte frutto di rilevamenti inediti alla scala 1:25.000; soltanto per alcune aree e, in genere, limitatamente ai terreni plio-pleistocenici, ci si è basati sulla cartografia ufficiale esistente (Serv. Geol. It., 1955; 1963), opportunamente controllata con osservazioni puntuali sugli affioramenti più significativi.

Litologia

Il criterio che ha guidato la rappresentazione cartografica delle varie unità litostratigrafiche affioranti è stato improntato alla finalizzazione geomorfologico-applicativa della ricerca. In questa ottica sono stati operati accorpamenti di litofacies simili, anche se eterocrone, e divisioni

tra facies coeve aventi però differenze litologiche significative in relazione ai processi morfogenetici; inoltre non sono state operate distinzioni tra le varie facies alluvionali, pleistoceniche e attuali. Analogamente sono state riunite in una sola unità le facies detritiche di falda e frana e i depositi sabbioso-limosi di copertura, dal Pleistocene all'attuale; e ciò tenendo conto anche del fatto che i movimenti franosi sono stati adeguatamente rappresentati nella «Carta dei dissesti» (f.t.).

Il bacino idrografico del Fiume Saline (Tavo-Fino) occupa l'area che comprende il bordo orientale della catena appenninica e l'antistante settore centrale dell'avanfossa adriatica meridionale. Quest'ultima, nell'area considerata, è suddivisibile in due unità minori: il «bacino di sedimentazione abruzzese» e il «bacino di sedimentazione molisano», differenziabili sulla base delle successioni litostratigrafiche, a loro volta condizionate dalla diversa evoluzione tettonico-sedimentaria che ha interessato i due bacini.

Il «bacino abruzzese» è caratterizzato da una successione prepliocenica rappresentata dalla Formazione messiniana della Laga, poggiate in continuità sulle Marne a Pteropodi del Tortoniano superiore, a loro volta sovrastanti le Marne con Cerroghna langhiano-tortoniane. La Formazione della Laga costituisce un imponente corpo sedimentario che affiora tra i Monti Sibillini a Ovest e il Gran Sasso e la Maiella a Sud e Sud-Est; verso Est essa è coperta dai depositi plio-pleistocenici dell'avanfossa. Si tratta di una potente successione torbiditica terrigena, di spessore superiore ai 3000 metri, schematicamente suddivisibile in un membro inferiore, prevalentemente arenaceo, e uno superiore post-evaporitico, progressivamente più pelitico. La successione verticale è costituita da un complesso di sequenze torbiditiche nelle quali sono rappresentati tutti i depositi connessi con la sedimentazione e l'evoluzione di un conoide torbiditico «affogato» (Centamore & *alii*, 1978; 1979).

La fase di sovralimentazione torbiditica, che caratterizza la Formazione della Laga, si esaurisce progressivamente e il Pliocene inferiore inizia con depositi argilloso-marnosi emipelagici. Questo intervallo precede una nuova fase tettonica che articola il «bacino abruzzese» in tre bacini principali, che si succedono nel tempo verso Sud e verso Est. Uno di questi, il «bacino teramano» (conoide del Cellino), rappresenta l'evoluzione spazio-temporale della Laga ed è sede, nel Pliocene inferiore, di una nuova intensa fase di sedimentazione torbiditica. Alle facies torbiditiche seguono facies marnoso-argillose in prevalenza emipelagiche e, successivamente, depositi argillosi con limitati episodi di sabbie grossolane forse connessi a locali regressioni.

Nel settore considerato il Pliocene inferiore è troncato dalla trasgressione medio-pliocenica, caratterizzata da depositi marnoso-argillosi, alla base dei quali si intercalano rapidamente banchi conglomeratici a diversi livelli stratigrafici. Tale tipo di successione continua nel Pleistocene.

In sintesi, il Plio-Pleistocene del «bacino abruzzese» è suddivisibile in una fase pre-torbiditica, una torbiditica e una post-torbiditica. Tale suddivisione vale anche per il settore più meridionale dell'avanfossa, corrispondente al «bacino molisano», anche se sono presenti sfasamenti che

ne segnano l'evoluzione nel tempo e nello spazio. In ogni caso la differenza sostanziale tra «bacino abruzzese» e «bacino molisano» è data dalla presenza, in quest'ultimo, di coltri alloctone.

Nel settore del «bacino abruzzese» che comprende il bacino idrografico del Fiume Saline, oltre ai depositi terrigeni d'avanfossa mio-plio-pleistocenici, affiorano localmente anche Unità carbonatiche triassico-paleogeniche e Unità calcareo-marnose mioceniche (porzione meridionale della Montagna dei Fiori, Montagnone e parte del massiccio del Gran Sasso).

I termini più antichi della successione stratigrafica riconoscibile nel bacino idrografico in esame sono rappresentati dalle unità affioranti nel Gran Sasso, di età mesozoica-paleogenica, cui si sovrappongono lembi di calcareniti neritiche mioceniche e di conglomerati di vario tipo del Messiniano e Pliocene inferiore. Inoltre, assieme ai depositi del «bacino della Laga» e del «ciclo pliocenico medio-emiliano», nell'area in esame sono presenti anche quelli del «bacino del Cellino» del Pliocene inferiore (Centamore & alii, 1992).

Le unità carbonatiche mesozoico-paleogeniche del Gran Sasso appartengono a sequenze di piattaforma carbonatica o di transizione. Superiormente si rinvencono calcareniti di ambiente neritico, coeve del Bisciario, e calcareniti e calciruditi con intercalazioni marnose, di ambiente di transizione prossimale (rampa carbonatica) del Miocene medio-superiore; queste ultime affiorano anche sul versante orientale di M. Prena-M. Camicia (Colle dei Cavatori), e sulla strada Castelli-Rigopiano.

In discordanza sui depositi più antichi, già dislocati ed erosi, affiorano poi i *conglomerati di M. Coppe* del Messiniano-Pliocene inferiore?, costituiti da clasti poligenici a elementi estranei alle successioni locali, ma attribuibili principalmente ai litotipi delle Liguridi e a rocce cristalline e metamorfiche (Centamore & alii, 1992, *cum bibl.*).

I depositi del «bacino della Laga» sono poi rappresentati, dal basso verso l'alto, dal membro evaporitico e da quello post-evaporitico della Formazione della Laga e dai Conglomerati di Rigopiano.

Del membro evaporitico della *Formazione della Laga* affiora solo (in un piccolo lembo a Colle Cometo) la parte superiore, prevalentemente pelitica, con marne bituminose; in esse sono intercalati lenti ed orizzonti di paraconglomerati e megabrecce. I clasti di questi depositi sono costituiti essenzialmente da litotipi calcarei delle successioni del Gran Sasso. Il membro post-evaporitico della *Formazione della Laga* affiorante è costituito in prevalenza da depositi pelitico-arenacei, entro cui si intercalano a varie altezze stratigrafiche orizzonti arenaceo-pelitici ed arenacei, come pure il livello guida vulcano-clastico e i livelli di calcari micritici tipo «Colombacci». Gli orizzonti arenacei e arenaceo-pelitici, affioranti nella zona di Farindola-Colle Tondo, presentano spessori e granulometrie maggiori, nonché fenomeni di canalizzazioni minori con direzioni di paleocorrenti da Ovest e da SW. I materiali che costituiscono questi orizzonti sono stati convogliati entro il bacino attraverso un canale trasversale ubicato all'incirca all'altezza di Farindola.

Altro elemento caratteristico della parte superiore della Formazione della Laga, affiorante nell'area in esame, è la presenza di intercalazioni di conglomerati poligenici del tutto simili litologicamente ai conglomerati di Monte Coppe prima descritti. Questi conglomerati affiorano nei dintorni di Farindola (Cima della Rocca, La Ripa, M. Bertona ecc.) e rappresentano dei lembi di un apparato di conoide sottomarino, ora smembrato dalla tettonica e dall'erosione. I conglomerati, che hanno uno spessore massimo di 50-70 metri, derivano da apporti detritici immessi nel bacino da Ovest o da SW, e poi deviati verso Nord; in questa direzione, infatti, diminuiscono sia lo spessore dell'orizzonte che la granulometria dei clasti.

Superiormente ai depositi della Formazione della Laga e in discordanza sia su questi che sulle unità carbonatiche del Gran Sasso, affiorano i *Conglomerati di Rigopiano*, i cui clasti sono costituiti quasi esclusivamente da litotipi delle successioni del Gran Sasso (Centamore & alii, 1992, *cum bibl.*). Questi conglomerati che presentano geometrie marcatamente lenticolari e vistosi fenomeni di canalizzazione, contengono intercalazioni argillose. Essi dovrebbero rappresentare depositi di un conoide formatosi in un bacino satellite («piggy back basin»). La loro età è del Pliocene inferiore.

In posizione più esterna affiorano poi i *depositi del «bacino del Cellino»* (Centamore & alii, 1992, *cum bibl.*), in cui sono stati riconosciuti quattro membri principali, descritti qui di seguito nella loro successione dal basso verso l'alto.

- a) Depositi pelitici, con rare e sottili intercalazioni sabbioso-siltose, entro cui si intercala nell'estrema porzione superiore un orizzonte conglomeratico poligenico tipo Conglomerati di M. Coppe. Tali depositi poggiano in continuità sulla Formazione Gessoso-Solfifera messiniana e hanno uno spessore di circa 700 metri. La parte basale e intermedia delle peliti è del Messiniano superiore, mentre gli ultimi 300 metri appartengono al Pliocene inferiore.
- b) Membro arenaceo basale, dello spessore di 750-800 metri, costituito da arenarie in strati spessi o molto spessi, frequentemente amalgamati. Tali depositi costituiscono il riempimento di una depressione confinata (facies canalizzata), sono tipici di un apparato ad alta efficienza e rappresentano il deposito di un'avanfossa torbiditica che, nel Pliocene inferiore, si era spostata ancora più a Est. La loro età è riferibile al Pliocene inferiore.
- c) Membro pelitico-arenaceo intermedio, dello spessore di 1000-1200 metri, costituito in prevalenza da depositi pelitico-arenacei che diventano sempre più fini verso l'alto ed entro cui sono intercalati a varie altezze stratigrafiche orizzonti arenaceo-pelitici e arenacei. Particolarmente importante per il suo spessore (50-70 m) e per la sua importanza economica (è un ottimo serbatoio) è l'orizzonte Appignano-Colle S. Elmo, ubicato nella parte media di tale membro; questo orizzonte verso Sud si assottiglia, passando sottocorrente ad argille laminate. L'età del membro pelitico-arenaceo intermedio è riferibile al Pliocene inferiore.

d) Membro arenaceo superiore, dello spessore di 200-250 metri, intercalato in argille marnose e costituito alla base da 15-20 m di un'associazione pelitico-arenacea che passa superiormente ad arenarie in strati spessi e molto spessi, con frequenti amalgamazioni e fenomeni di canalizzazione. La sua età è riferibile al Pliocene inferiore.

Superiormente affiorano i *depositi del ciclo marino del Pliocene medio-Pleistocene inferiore*. Si tratta di una potente sequenza pelitica (circa 1800 metri) di ambiente non molto profondo (di piattaforma), in cui sono intercalati localmente corpi grossolani arenacei e/o conglomeratici generalmente a geometria lenticolare. In queste aree mancano, per elisione tettonica, i depositi basali della trasgressione medio-pliocenica. Nelle zone più orientali del bacino affiorano, in discordanza sulla successione argillosa, depositi di tetto costituiti da sabbie e conglomerati.

Depositi continentali. Sono rappresentati da: depositi fluviali e fluvio-lacustri antichi e recenti, disposti in vari ordini di terrazzi, e conoidi antichi e recenti; detriti di falda e accumuli di frana; depositi eluviali e colluviali. Da segnalare inoltre, nelle zone più interne del bacino, la presenza di coperture detritiche antiche, localizzate su lembi relitti di paleosuperfici.

Tettonica

Il bacino idrografico del Fiume Saline risulta interessato dagli effetti di una tettonica compressiva e quelli, posteriori, di una tettonica distensiva. Alla prima fase è da addebitarsi la costruzione dell'edificio a «thrusts», che si è sviluppato dal Miocene al Pliocene inferiore e si estende dal Gran Sasso fino alle aree adriatiche. Le zone più interne mostrano deformazioni più intense di quelle che interessano le zone più orientali. Il Gran Sasso è l'unità strutturalmente più complessa: essa risulta essere costituita dall'appilamento di alcune unità strutturali di ordine minore e, a sua volta, è sovrascorsa sulla sottostante Formazione della Laga. Questo edificio strutturale si è sviluppato in più riprese succedutesi, a partire almeno dal Miocene medio-superiore, fino al Pliocene inferiore. Nel Messiniano superiore l'edificio in questione doveva essere già abbastanza definito, dal momento che i Conglomerati di Monte Coppe poggiano in discordanza sui termini più antichi, suturando inoltre i sovrascorrimenti tra unità diverse. Già all'inizio del Pliocene inferiore, inoltre, l'unità del Gran Sasso era sovrascorsa quasi per intero sulla sottostante unità del «bacino della Laga», a sua volta già coinvolto nel piegamento, dal momento che i Conglomerati di Rigopiano suturano tale sovrascorrimento e poggiano in discordanza sia sui termini carbonatici che su quelli silicoclastici torbiditici. Ed è sempre all'inizio del Pliocene che la fase di catena coinvolge il «bacino della Laga», il quale durante il Messiniano aveva costituito invece un'attiva avanfossa. Nell'area in esame cominciano a svilupparsi i primi sovrascorrimenti, al cui fronte si enucleano delle strette pieghe anticlinali asimmetriche con marcata vergenza verso Est, dislocate da faglie trasversali.

Alla fine del Pliocene inferiore anche le zone più esterne («bacino del Cellino») si trasformano in aree di catena, con la definitiva messa in posto dell'unità del Gran Sasso e l'ulteriore compressione dell'unità della Laga, deformata maggiormente (con i sovrascorrimenti che dislocano anche i Conglomerati di Rigopiano) e portata a sovrascorrere ampiamente su quella del Cellino. In superficie i depositi di tale unità appaiono in realtà relativamente poco disturbati; solo la parte più interna è fortemente raddrizzata, mentre la porzione medio superiore è disposta in una monoclinale che immerge blandamente. Il tutto è dislocato da faglie trasversali che in questa fase hanno avuto principalmente carattere trascorrente. Nel sottosuolo, invece, anche i depositi del Pliocene inferiore appaiono coinvolti in una serie di «thrusts» al cui fronte si sviluppano anticlinali asimmetriche. La tettonica distensiva, che si è esplicata dal Pliocene superiore al Quaternario, ha dislocato l'intera area con faglie prevalentemente a movimento verticale e in gran parte a direzione N 20° W e trasversali. Anche in questo caso si è osservata la riattivazione, con movimenti distensivi, oltre che delle faglie trasversali, già a carattere trascorrente, anche di alcuni sovrascorrimenti della catena del Gran Sasso.

FORME E PROCESSI DI DENUDAZIONE

Lo studio delle forme e dei processi di denudazione nel bacino esaminato è stato condotto attraverso un organico rilevamento geomorfologico, preceduto e affiancato da rilievi geologici di base, i cui risultati sono stati descritti nel capitolo precedente.

Acquisiti tutti i dati bibliografici di interesse, lo studio morfodinamico è stato eseguito sia mediante rilievi di campagna che attraverso l'aerofotointerpretazione. A tal fine sono state utilizzate tutte le coperture aeree disponibili: quelle realizzate in scala 1:33.000 dalla Regione Abruzzo e coperture a scala più grande, estremamente utili per approfondire particolari aspetti del dinamismo geomorfico di alcune aree.

I criteri adottati per definire ed evidenziare le varie forme di modellamento derivano da quelli proposti dal Gruppo Nazionale C.N.R. «Geografia fisica e Geomorfologia», che la scuola romana ha già sperimentato nello studio di diversi bacini idrografici dell'Appennino centro-meridionale (Ciccacci & alii, 1988, Lupia Palmieri & alii, 1995; 1998).

Per una migliore caratterizzazione della morfodinamica del bacino idrografico del Fiume Saline sono stati presi in esame sia i processi morfogenetici la cui attività è realmente continua, sia quei fenomeni che si manifestano in modo periodico; sono stati considerati, inoltre, i processi che si realizzano solo occasionalmente, in concomitanza di condizioni particolari o a seguito di eventi critici. Le principali forme e i processi individuati sono stati raggruppati in categorie, sulla base della prevalenza dell'agente ritenuto primo responsabile del fenomeno: gravità, acque dilavanti, acque incanalate.

Dopo aver definito le principali tipologie di dissesto, sono state individuate le aree soggette a profonde modificazioni geomorfiche. Di esse è stata redatta una rappresentazione di sintesi («Carta dei dissesti» f.t.), in scala 1:100.000, che costituisce il prodotto finale di elaborazioni cartografiche eseguite a scala di dettaglio molto maggiore, 1:25.000, e per talune aree, 1:10.000. Da un attento esame analitico, cui sono stati successivamente sottoposti i risultati ottenuti, è stato possibile enucleare gli elementi e i fattori più caratterizzanti, allo scopo di inserirli successivamente in un quadro finale, organico e completo, di significative correlazioni.

I risultati acquisiti attraverso il rilevamento geomorfologico del bacino idrografico del Fiume Saline consentono, innanzitutto, di evidenziare come attualmente i processi di denudazione si esplicano attraverso l'azione della gravità e delle acque correnti superficiali che agiscono tanto sulle rocce in posto, che sui materiali litoidi già mobilizzati e oggi in apparenti condizioni di stabilità.

Appare però opportuno, prima di esaminare in dettaglio la distribuzione e la tipologia dei processi di denudazione in atto, sottolineare la netta differenza esistente a tal riguardo tra il sottobacino del Fiume Fino e quello del Fiume Tavo, dalla confluenza dei quali – a circa 6 km dalla foce – ha origine il Fiume Saline. Dall'esame della carta allegata è facilmente osservabile come nel primo bacino i processi di denudazione siano ampiamente diffusi e particolarmente vistosi, mentre nel secondo bacino essi sono meno estesi e non troppo marcati. Inoltre, si può affermare che in entrambi i bacini l'intensità della denudazione è maggiore sul versante sinistro che su quello destro. Sulla base di osservazioni analoghe a quelle che hanno consentito questa prima divisione generale, è possibile mettere in evidenza, nell'ambito dell'intero bacino idrografico del Fiume Saline, cinque settori differenti; questi sono individuabili, procedendo da monte a valle, in relazione alle caratteristiche litologiche e tettoniche e alla tipologia e intensità dei fenomeni di denudazione.

Il *primo settore* è limitato a Ovest dalla linea spartiacque che corre sui rilievi del Gran Sasso e, a Est, dall'allineamento Monte Morrone-Sassonia (orientato in direzione NNW-SSE) che prosegue verso Nord con il tratto a decorso S-N del Fiume Fino. La zona più montana di questo settore è impostata sugli affioramenti delle successioni mesozoico-paleogene e terziarie del gruppo del Gran Sasso, mentre quella più a valle comprende il membro post-evaporitico della Formazione della Laga. La prima zona, individuabile al di sopra dei 700-800 m s.l.m., è sottoposta quasi esclusivamente a processi di degradazione meteorica e di dilavamento, che tra l'altro favoriscono cadute di detrito e di blocchi dalle pareti più acclivi impostate sulle unità carbonatiche e sui Conglomerati di Rigopiano.

Nell'ambito del bacino del Fiume Fino questi processi sono particolarmente evidenti e continui sul versante nord-orientale del rilievo di Monte Camicia-Monte Tremoggia. Questi stessi processi trovano più ampia diffusione alla testata del bacino del Fiume Tavo; in particolare, essi sono molto evidenti sul versante sinistro del Vallone

Angora (circa 1 km² di estensione), sui settori culminanti di Monte Morrone, sulle scarpate di Sassonia-La Rocchetta (a SSW di Farindola) e su quelle ubicate a Ovest di Monte Morrone. Movimenti lenti nella copertura detritica sono presenti tra Monte Morrone e le propaggini orientali del Gran Sasso.

Data la diversa conformazione dei due sottobacini, la seconda zona di questo primo settore – al di sotto dei 700 m s.l.m. – comprende fondamentalmente il versante sinistro del bacino del Fiume Fino, nel tratto in cui il corso d'acqua scorre in direzione S-N. Tale zona si estende nell'area di affioramento delle associazioni arenaceo-pelitiche e pelitico-arenacee del membro post-evaporitico della Formazione della Laga, che qui si presentano fortemente tettonizzate. Tutta questa zona è caratterizzata da processi di denudazione assai intensi e diffusi; tali processi consistono prevalentemente in movimenti franosi del tipo del colamento e in fenomeni connessi a dilavamento, tra i quali l'erosione calanchiva è particolarmente presente. Frane per colamento delle dimensioni fino a 5 ettari si riscontrano su ambedue i versanti del bacino del Torrente Cerchiola (all'estremità nord-occidentale del bacino del Fiume Fino), intercalate ad aree a calanchi frequentemente esposte verso Sud; alcuni dei suddetti colamenti invadono o restringono il fondovalle. Inoltre, in tutta questa zona sono estesamente diffusi i movimenti lenti (*creep*) che danno origine a superfici topografiche movimentate da gibbosità e rotture di pendio, le quali preludono a dissesti più gravi.

Il *secondo settore* si estende verso Est fino all'allineamento Monte Bertona-Roccafina-Bisenti, che ricalca praticamente il fronte di sovrascorrimento della Formazione della Laga su quella del Cellino. Anche questo settore, dunque, è interessato, analogamente al precedente, dall'affioramento dei litotipi arenaceo-pelitici e pelitico-arenacei della Formazione della Laga, che qui appaiono meno tettonizzati. I processi di denudazione più diffusi sono certamente rappresentati da colamenti e da movimenti lenti sui versanti. Rispetto al settore precedente sembrano perdere efficacia i processi di dilavamento, mentre assume una maggiore importanza l'approfondimento fluviale.

Le differenze relative al tipo e all'intensità dei processi di denudazione nei sottobacini del Fiume Fino e del Fiume Tavo in questo secondo settore sono meno accentuate, anche se continuano, comunque, a persistere. Nel bacino del Fiume Fino i processi di denudazione sono particolarmente intensi sul versante sinistro, che presenta minore estensione e maggiore energia di rilievo rispetto a quello destro. Si può citare, ad esempio, il caso del bacino parziale del Fosso Grande, che confluisce nel corso d'acqua principale poco a monte di Bisenti; tale bacino è interessato assai diffusamente da movimenti lenti sui versanti e da numerosi fenomeni franosi (prevalentemente colamenti) ai quali si associa una marcata azione di approfondimento fluviale. Si osserva, inoltre, come i processi si concentrino prevalentemente sul versante sinistro – interessato dal fronte di sovrascorrimento della Formazione della Laga su quella del Cellino – molto probabilmente a

causa della forte tettonizzazione e della presenza di strati rovesciati. Per il versante destro del Fiume Fino si può segnalare la situazione delle testate del Fosso Pretonico e del Fosso Baricello, entrambi a decorso parallelo a quello del corso d'acqua principale, ove, al marcato approfondimento fluviale si accompagnano movimenti franosi, talora anche di estese dimensioni.

Nell'ambito del bacino del Fiume Tavo, si può osservare che le porzioni di testata del Fosso Rio e del Fosso Acquanera appaiono soggette a intensi processi denudazionali, i quali consistono prevalentemente in approfondimenti fluviali e subordinatamente in movimenti lenti sui versanti; e sono presenti anche fenomeni franosi, rari ma estesi, come ad esempio subito a Ovest di Farindola, nel bacino del Fosso Rio.

Il *terzo settore* si estende fino all'allineamento Montefino-Penne e corrisponde all'area di affioramento della Formazione del Cellino. I processi di denudazione prevalenti sono rappresentati da fenomeni franosi e da movimenti lenti sui versanti. Tuttavia compaiono di nuovo, con una certa diffusione, anche i processi di dilavamento; generalmente subordinato appare l'approfondimento fluviale. Anche in questo settore è evidente la diversità nella distribuzione e nell'intensità dei processi di denudazione tra il bacino del Fiume Tavo e quello del Fiume Fino e, nell'ambito di quest'ultimo, tra il versante sinistro e quello destro.

Nel bacino del Fiume Fino i processi più vistosi sono senza dubbio i movimenti franosi del tipo dello scorrimento e del colamento; essi si impostano quasi esclusivamente in corrispondenza dell'affioramento dell'associazione pelitico-arenacea della Formazione del Cellino. Sul versante sinistro della valle principale si può segnalare, in particolare, la situazione del bacino del Fosso di Santa Margherita, che confluisce nel Fiume Fino tra Bisenti e Appignano, e quella della zona compresa tra Appignano e Montefino, ove ai vistosi fenomeni franosi si associano anche movimenti lenti e processi di dilavamento intensi (prevalentemente con calanchi). Sul versante destro della valle del Fiume Fino si segnalano le grosse frane che interessano il medio e basso bacino del Fosso Pretonico; tali frane interessano ancora l'associazione pelitico-arenacea e sono certamente condizionate dalla presenza di importanti dislocazioni tettoniche. Più a valle della confluenza del Fosso Pretonico nel corso d'acqua principale appare particolarmente interessante la situazione del bacino del Fosso di Vallecupa, ove agli estesi fenomeni franosi che interessano il versante destro, si sommano intensi movimenti lenti sui versanti.

Molto diversa in questo settore è la situazione del bacino del Fiume Tavo, nel quale i processi di denudazione presentano scarsa diffusione e modesta efficacia. Tra tali processi il più importante è rappresentato dall'azione delle acque correnti incanalate; solo subordinatamente compaiono movimenti lenti sui versanti.

Il *quarto settore* si estende fino alla confluenza dei fiumi Tavo e Fino e corrisponde all'affioramento delle argille plio-calabriere. Il processo più diffuso ed efficace è senza dubbio rappresentato dall'erosione calanchiva, che co-

munque è presente quasi esclusivamente sul versante sinistro del bacino del Fiume Fino. Tipiche forme calanchive interessano circa il 40% del versante sinistro del Fosso dell'Odio, i bassi versanti del Fosso della Cesta e gran parte di quelli del Fosso Caprano. Altrove i calanchi sono presenti su aree più ridotte, in forma talvolta embrionale come su alcune scarpate di erosione fluviale, oggi inattive, prodotte dal Fiume Fino.

Il *quinto settore*, infine, comprende la zona a valle della confluenza tra il Fiume Tavo e il Fiume Fino ed è interessato soltanto da rari e localizzati fenomeni di dissesto, rappresentati principalmente da deformazioni lente.

ANALISI DEL DRENAGGIO SUPERFICIALE

Al fine di giungere a una più precisa caratterizzazione dell'area esaminata, è stato eseguito uno studio dettagliato del drenaggio superficiale, al cui sviluppo e alla cui geometria sono strettamente correlati i processi di erosione, trasporto e sedimentazione dovuti alla dinamica fluviale.

È stata innanzitutto realizzata, utilizzando le tavolette dell'IGMI integrate mediante l'osservazione delle fotografie aeree (scala 1:33.000) e opportuni controlli sul terreno, la «Carta del reticolo idrografico» (f.t.), sulla quale sono riportate tutte le possibili vie di drenaggio superficiale. L'intero bacino è stato suddiviso, data la sua notevole estensione areale, in bacini parziali distinti ciascuno da un numero. Date le loro caratteristiche abbastanza diverse, il bacino del Fiume Fino e quello del Fiume Tavo sono stati considerati, nell'indagine geomorfica quantitativa, anche singolarmente, come unità geomorfiche. Va segnalato inoltre che l'ampia zona carsica endoreica di Campo Imperatore, alla testata del bacino del Fiume Tavo, pur figurando sulla «Carta del reticolo idrografico», ovviamente non è stata presa in esame nella valutazione dello sviluppo e dell'attività erosiva dei corsi d'acqua superficiali.

La «Carta del reticolo idrografico», redatta in scala 1:25.000 e ridotta alla scala 1:100.000 per motivi editoriali, è stata utilizzata per definire le principali caratteristiche morfometriche della rete di drenaggio del bacino del Fiume Saline. A tali caratteristiche, che si riferiscono allo sviluppo e al grado di organizzazione del drenaggio superficiale e sono esprimibili mediante opportuni parametri, appaiono maggiormente legati i processi erosivi in atto nei bacini idrografici.

Densità di drenaggio

Lo sviluppo del drenaggio superficiale può essere espresso, in termini quantitativi, dal parametro *densità di drenaggio* (D), (Horton, 1945). Il valore di tale parametro dipende, com'è noto, dalle principali caratteristiche geologiche dell'area presa in esame; in particolare, la densità di drenaggio, essendo funzione della permeabilità e dell'erodibilità dei terreni affioranti, può essere considerata espressiva delle caratteristiche litologiche e del grado di tettonizzazione del bacino esaminato. Tale parametro è,

inoltre, legato alle condizioni climatiche, alla copertura vegetale e all'acclività dei versanti.

Esaminando i valori della densità di drenaggio (tab. 1) si può osservare che il drenaggio superficiale del bacino del Fiume Fino ha una densità decisamente maggiore di quella della rete idrografica del bacino del Fiume Tavo (rispettivamente $D = 4,84$ e $D = 3,09$). Nell'ambito dell'intero bacino del Fiume Saline i valori della densità di drenaggio variano da un massimo di 11,29 (per il bacino parziale n. 34, appartenente al bacino idrografico del F. Fino) a un minimo di 2,21 (per il bacino parziale n. 76, appartenente al bacino idrografico del F. Tavo). Valori generalmente elevati del parametro ($D > 6$) si riscontrano laddove le reti idrografiche sono impostate sui litotipi argillosi plio-pleistocenici o comunque su quelli a componente argillosa molto marcata, nei quali prevale l'erosione di tipo calanchivo. I valori più bassi di D (inferiori a 3) si osservano in bacini parziali di piccole dimensioni, a scarsa acclività e impostati su litotipi flyschoidi a componente arenacea molto marcata o su conglomerati e breccie molto permeabili e poco erodibili.

Gerarchizzazione del reticolo idrografico

Un valido contributo alla individuazione delle tendenze evolutive dei bacini fluviali e alla determinazione delle modalità e della velocità dei processi erosivi che in essi

hanno luogo, può essere fornito dallo studio della disposizione geometrica e dell'organizzazione dei reticoli idrografici. Tale studio è stato eseguito mediante il calcolo di alcuni parametri che esprimono il grado di gerarchizzazione delle aste fluviali presenti nelle diverse aree del bacino esaminato. Dopo aver classificato i canali fluviali seguendo il metodo di Strahler (1954), si è proceduto al calcolo del rapporto di biforcazione (Rb), del rapporto di biforcazione diretto (Rbd), e dell'indice di biforcazione (R), (Horton, 1945; Avena & alii, 1967). Sono stati inoltre calcolati, per definire più compiutamente il grado di gerarchizzazione della rete idrografica in esame, anche i seguenti parametri: numero (Ga), indice (Δa) e densità di anomalia gerarchica (ga) (Avena & alii, 1967).

L'analisi di questi valori, riportati in tabella 1, mette in evidenza innanzitutto la netta differenza nel grado di organizzazione fra la rete idrografica del Fiume Fino e quella del Fiume Tavo: nel caso del Fiume Fino i valori dei parametri considerati esprimono una disorganizzazione piuttosto marcata, analoga a quella riscontrata per altri bacini dell'area abruzzese (Lupia Palmieri & alii, 1995, 1998), mentre i valori relativi al bacino del Fiume Tavo testimoniano una migliore organizzazione del reticolo idrografico. Considerato nel suo insieme il drenaggio superficiale del bacino del Fiume Saline risulta, pertanto, non eccessivamente disorganizzato; infatti, se si prendono in

TABELLA 1 - Parametri morfometrici relativi ai bacini parziali e all'intero bacino idrografico del Fiume Saline
TABLE 1 - Morphometric parameters relevant to partial basins and to the whole Fiume Saline drainage basin

Bacino	Area km ²	D km/km ²	Rb	Rbd	R	Ga	ga	Δa
1	1,65	3,24	2,5	2,5	0,0	0	0,00	0,00
2	4,33	2,51	3,9	3,6	0,3	2	0,46	0,13
3	3,37	3,35	4,3	4,0	0,3	3	0,89	0,17
4	1,83	2,56	3,5	2,5	1,0	4	2,19	0,40
5	6,95	4,28	7,6	6,0	1,6	60	8,63	0,39
6	0,39	4,05	2,5	2,3	0,2	1	2,56	0,17
7	0,33	5,57	3,3	3,3	0,0	0	0,00	0,00
8	4,24	5,11	8,3	4,1	4,2	117	27,59	0,58
9	1,12	2,95	2,5	2,5	0,0	0	0,00	0,00
10	4,25	4,54	5,4	3,1	2,3	83	19,53	0,75
11	13,60	6,90	5,2	3,9	1,3	635	46,69	1,18
12	3,46	3,92	5,3	5,1	0,2	2	0,58	0,07
13	2,57	3,85	3,8	2,8	1,0	32	12,45	0,86
14	2,79	3,67	4,0	2,8	1,2	39	13,98	1,05
15	0,29	4,37	2,3	2,3	0,0	0	0,00	0,00
16	4,90	6,02	5,8	4,1	1,7	133	27,14	0,76
17	5,16	4,97	5,8	3,7	2,1	101	19,57	0,76
18	2,99	8,09	5,7	4,1	1,6	119	39,79	0,66
19	2,12	6,41	4,7	4,0	0,7	44	20,75	0,48
20	0,61	5,12	3,9	3,7	0,2	1	1,64	0,07
21	1,61	6,63	4,1	3,1	1,0	43	26,71	0,81
22	1,25	5,58	5,7	5,6	0,1	1	0,80	0,04
23	4,55	5,50	4,8	3,9	0,9	73	16,04	0,66
24	2,20	5,19	6,4	5,5	0,9	9	4,05	0,22
25	0,95	4,63	4,8	4,7	0,1	1	1,05	0,06
26	0,55	6,91	4,0	3,7	0,3	3	5,45	0,19
27	0,12	3,30	2,5	2,5	0,0	0	0,00	0,00

Bacino	Area km ²	D km/km ²	Rb	Rbd	R	Ga	ga	Δa
28	0,31	9,11	4,4	3,7	0,7	4	12,90	0,24
29	5,19	5,71	5,3	4,2	1,1	105	17,47	0,67
30	0,46	6,39	4,0	3,6	0,4	4	8,70	0,27
31	18,04	6,29	5,2	4,1	1,1	834	46,44	1,23
32	0,44	6,96	5,3	4,7	0,6	7	15,91	0,26
33	1,01	6,55	3,8	3,1	0,7	23	22,77	0,45
34	0,74	11,29	4,5	3,4	1,1	32	43,24	0,35
35	4,58	4,71	3,5	2,7	0,8	112	24,45	0,89
36	27,19	4,43	4,2	3,3	0,9	471	17,32	1,46
37	0,46	6,01	4,2	3,6	0,6	5	10,87	0,29
38	0,99	4,78	6,5	4,0	2,5	10	10,10	0,45
39	0,25	5,82	2,3	2,3	0,0	0	0,00	0,00
40	0,64	4,51	2,5	2,5	0,0	0	0,00	0,00
41	4,89	4,92	4,8	3,6	1,2	79	16,16	0,72
42	0,27	6,96	2,5	2,0	0,5	0	0,00	0,00
43	1,12	4,52	4,3	2,5	1,8	12	10,71	0,71
44	0,80	3,78	4,2	3,5	0,7	3	3,75	0,23
45	27,16	5,64	4,9	3,6	1,3	530	19,51	1,00
46	4,93	5,37	4,4	3,3	1,1	47	9,53	0,56
47	1,39	4,60	4,9	3,5	1,4	9	6,47	0,45
48	1,89	4,97	2,8	2,4	0,4	11	5,82	0,52
49	44,55	5,45	5,5	4,4	1,1	699	12,39	0,64
50	17,35	4,96	4,3	3,2	1,1	438	42,95	1,32
51	0,72	7,08	4,0	4,0	0,0	0	0,00	0,00
52	0,17	5,61	2,0	2,0	0,0	0	0,00	0,00
53	3,42	3,47	4,0	2,7	1,3	5	1,47	0,42
54	7,65	2,97	3,6	3,1	0,5	19	2,48	0,40
55	1,19	2,99	2,7	2,7	0,0	0	0,00	0,00
56	19,44	2,85	4,8	4,2	0,6	32	1,65	0,34
57	1,53	3,14	2,5	2,0	0,5	2	1,31	0,33
58	1,84	2,89	3,5	3,5	0,0	0	0,00	0,00
59	3,49	3,06	5,5	3,8	1,7	10	2,87	0,42
60	4,49	3,54	2,7	2,2	0,5	8	1,78	0,47
61	1,45	2,91	2,7	2,5	0,2	1	0,69	0,14
62	3,05	2,53	3,8	3,7	0,1	1	0,33	0,07
63	3,11	3,68	4,9	3,5	1,4	14	4,50	0,58
64	7,57	4,01	4,6	4,0	0,6	48	6,34	0,48
65	0,66	3,96	3,0	2,8	0,2	1	1,52	0,01
66	4,59	3,52	3,4	2,6	0,8	24	5,23	0,67
67	5,54	2,36	2,7	2,5	0,2	6	1,08	0,35
68	1,84	2,46	2,7	2,0	0,7	3	1,63	0,43
69	1,14	2,76	2,2	2,2	0,0	0	0,00	0,00
70	0,62	3,92	2,0	2,0	0,0	0	0,00	0,00
71	8,51	2,76	3,2	2,6	0,6	88	10,34	1,05
72	2,09	3,42	3,5	3,0	0,5	3	1,44	0,25
73	1,01	3,41	3,0	3,0	0,0	0	0,00	0,00
74	1,17	3,92	3,5	3,2	0,3	1	0,85	0,10
75	0,52	3,99	2,5	2,5	0,0	0	0,00	0,00
76	0,89	2,21	2,5	2,0	0,5	2	2,24	0,30
77	0,74	3,58	2,7	2,7	0,0	0	0,00	0,00
78	17,52	3,32	4,7	3,8	0,9	75	4,28	0,71
79	15,26	3,48	3,3	2,6	0,7	118	7,73	1,45
80	6,18	3,23	4,2	3,3	0,9	36	5,83	0,62
81	6,73	2,74	3,2	2,4	0,8	19	2,82	0,70
82	1,09	4,06	3,8	3,8	0,0	0	0,00	0,00
83	2,53	2,96	3,8	3,8	0,0	0	0,00	0,00
84	2,23	3,26	3,2	3,2	0,0	0	0,00	0,00
85	1,15	3,50	2,3	2,3	0,0	0	0,00	0,00
86	0,63	3,92	2,3	2,3	0,0	0	0,00	0,00
87	0,24	5,25	2,0	2,0	0,0	0	0,00	0,00
88	0,98	2,47	2,3	2,3	0,0	0	0,00	0,00
F. Fino*	282,70	4,84	5,9	4,4	1,5	7583	27,85	1,27
F. Tavo**	194,07	3,09	4,4	3,1	1,3	1727	8,90	1,54
intero bacino	508,35	4,00	4,8	3,6	1,2	10158	19,98	1,40

* comprende i bacini parziali dal n. 4 al n. 53

** comprende i bacini parziali dal n. 54 al n. 88

considerazione i parametri ritenuti i più espressivi del grado di organizzazione delle reti idrografiche, (Δa) e (ga), si può osservare che essi presentano valori non particolarmente elevati.

Un esame dettagliato dei valori relativi ai parametri calcolati per i singoli bacini parziali, che compongono il bacino idrografico del Fiume Saline, mostra che essi presentano un ampio campo di variabilità (tab. 1). I valori più elevati si registrano in alcuni sottobacini del Fino, le cui reti idrografiche risultano le più disorganizzate (bacini n. 8, 11, 16, 18, 21, 31 e 50). Le reti idrografiche dei sottobacini del Tavo si presentano decisamente meglio organizzate; infatti, i valori dei parametri espressivi della gerarchizzazione sono generalmente bassi, e anche quelli più elevati sono comunque notevolmente inferiori a quelli calcolati per il Fiume Fino.

Comparando i due grandi bacini (F. Tavo e F. Fino), componenti del bacino idrografico del Fiume Saline, appare poco immediata la relazione tra organizzazione delle reti idrografiche e condizioni litologiche. Queste, infatti, hanno caratteristiche analoghe nel bacino nel Fiume Tavo e nel bacino del Fiume Fino, mentre le rispettive reti idrografiche presentano grado di organizzazione molto diverso. Ciò fa pensare alla sensibile influenza di fattori diversi da quelli litologici: la tettonica può avere svolto un ruolo determinante.

ANALISI IPSOMETRICA

A completamento dello studio geomorfico quantitativo è stata eseguita l'analisi ipsometrica del Fiume Saline al fine di ricavare informazioni utili per la caratterizzazione morfodinamica dell'area esaminata. Sono state pertanto costruite le curve ipsografiche dell'intero bacino del Fiume Saline e dei suoi bacini parziali, seguendo il metodo di Strahler (1952). Tali curve vengono riportate a margine della «Carta dell'indice di erosione».

Esaminando le curve relative ai singoli bacini parziali è possibile individuare tre famiglie principali, ciascuna caratterizzata da un andamento particolare. Alla prima famiglia appartengono le curve che mostrano una marcata concavità verso l'alto, con valori dell'integrale ipsometrico relativamente bassi. La seconda famiglia di curve è caratterizzata da una prevalente concavità verso il basso e quindi da elevati valori dell'integrale ipsometrico. Le curve della terza famiglia presentano andamenti intermedi ai due precedenti e il valore dell'integrale ipsometrico è prossimo a 0,5.

Nell'ambito dei bacini parziali sia del Fino che del Tavo prevalgono le curve della seconda e della terza famiglia, mentre risultano del tutto subordinate quelle appartenenti alla prima famiglia (bacini n. 8, 15, 24, 25, 36, 49, 50, 51, 53, 78, 79). Infine, solo pochissimi bacini parziali presentano curve interrotte da netti flessi (bacini n. 5, 10, 44, 45).

Secondo l'interpretazione classica di Strahler (1952) i tre gruppi di curve dovrebbero riferirsi a bacini idrografici rispettivamente in «fase di monadnock», in «fase di

inequilibrio» o «giovanile» e in «fase di equilibrio» o di «maturità». Studi recenti hanno tuttavia evidenziato come le curve ipsografiche esprimano non solo i vari stadi del «ciclo geomorfico», ma anche le modalità e la intensità con le quali hanno luogo i fenomeni di denudazione nei bacini idrografici (Ciccacci & alii, 1988; 1992; Lupia Palmieri & alii, 1995; 1998).

Anche dai risultati di questa analisi si può osservare come esista una certa differenza tra la curva relativa al bacino del Fiume Fino e quella del bacino del Fiume Tavo. Nel primo caso la curva appartiene chiaramente alla prima famiglia, mentre nel secondo la curva, pur presentando una generale concavità verso l'alto, mostra maggiori irregolarità che denotano uno stato di maggiore in-equilibrio.

Resta da aggiungere, infine, che lo studio delle caratteristiche ipsometriche ha chiaramente evidenziato la rispondenza tra l'andamento delle curve ipsografiche e tipologia e intensità dei processi morfogenetici, già trattati nel capitolo «Forme e processi di denudazione». Osservazioni più dettagliate, su questo argomento, verranno riprese nelle «Considerazioni conclusive».

VALUTAZIONE DELL'ENTITÀ DELL'EROSIONE

La metodologia adottata, per valutare quantitativamente l'entità dei processi erosivi in atto nel bacino del Fiume Saline, è quella ormai nota già utilizzata in molte ricerche precedenti (Ciccacci & alii, 1981; 1983; 1987; 1988; 1992; Lupia Palmieri & alii, 1995; 1998). È stato così calcolato il deflusso torbido unitario medio annuo (Tu , in $t/km^2/anno$), assunto come *indice di erosione*. Per il calcolo di tale parametro, il cui valore può essere considerato un valido indicatore dell'entità dei processi denudazionali, è stata utilizzata la seguente equazione:

$$(1) \log Tu = 1,44780 + 0,32619 D + 0,10247 \Delta a,$$

che ha coefficiente di determinazione $r^2 = 0,963$. Il valore di tale indice relativo all'intero bacino del Fiume Saline è pari a $787 \text{ ton}/km^2/anno$ (tab. 2) ed è indicativo di processi erosivi non particolarmente intensi.

Per evidenziare le variazioni dell'entità dei processi erosivi nelle diverse parti del bacino esaminato, sono stati calcolati i valori del parametro Tu per ciascuno dei bacini parziali considerati. In questo caso, oltre l'equazione (1) già citata, il calcolo di Tu è stato eseguito utilizzando, per i bacini in cui il valore di D è maggiore di 6, anche l'equazione bilogarithmica:

$$(2) \log Tu = 1,05954 + 2,79687 \log D + 0,13985 \Delta a,$$

il cui coefficiente di determinazione $r^2 = 0,961$.

Infine, per ottenere indicazioni sull'entità dei processi erosivi nelle aree direttamente drenate dai fiumi Saline, Tavo e Fino e dai loro affluenti di primo e secondo ordine, si è calcolato l'indice di erosione per porzioni omogenee dei fondovalle, utilizzando la densità di drenaggio propria di ciascuna porzione e il Δa espresso come contributo fornito da tali porzioni al Δa totale del bacino che le comprende (Ciccacci & alii, 1985).

TABELLA 2 - Valori della densità di drenaggio, dell'indice di anomalia gerarchica e del deflusso torbido unitario medio annuo relativi ai bacini parziali e all'intero bacino idrografico del Fiume Saline

TABLE 2 - Drainage density, hierarchical anomaly index and mean annual unitary suspended sediment yield values for the partial basins and for the whole Fiume Saline basin

Bacino	D km/km ²	Δa	Tu t/km ² /anno
1	3,24	0,00	320
2	2,51	0,13	191
3	3,35	0,17	361
4	2,56	0,40	211
5	4,28	0,39	765
6	4,05	0,17	635
7	5,57	0,00	1839
8	5,11	0,58	1493
9	2,95	0,00	257
10	4,54	0,75	1013
11	6,90	1,18	3721
12	3,92	0,07	542
13	3,85	0,86	619
14	3,67	1,05	566
15	4,37	0,00	747
16	6,02	0,76	2220
17	4,97	0,76	1402
18	8,09	0,66	4912
19	6,41	0,48	2417
20	5,12	0,07	1334
21	6,63	0,81	2955
22	5,58	0,04	1871
23	5,50	0,66	2039
24	5,19	0,22	1460
25	4,63	0,06	909
26	6,91	0,19	2717
27	3,30	0,00	334
28	9,11	0,24	5981
29	5,71	0,67	2395
30	6,39	0,27	2240
31	6,29	1,23	2919
32	6,96	0,26	2835
33	6,55	0,45	2543
34	11,29	0,35	11291
35	4,71	0,89	1189
36	4,43	1,46	1103
37	6,01	0,29	1899
38	4,78	0,45	1130
39	5,82	0,00	2219
40	4,51	0,00	830
41	4,92	0,72	1338
42	6,96	0,00	2607
43	4,52	0,71	980
44	3,78	0,23	506
45	5,64	1,00	2455
46	5,37	0,56	1806
47	4,60	0,45	987
48	4,97	0,52	1325
49	5,45	0,64	2059
50	4,96	1,32	1588
51	7,08	0,00	2735
52	5,61	0,00	1896
53	3,47	0,42	419
54	2,97	0,40	287
55	2,99	0,00	265
56	2,85	0,34	258
57	3,14	0,33	321
58	2,89	0,00	246
59	3,06	0,42	308
60	3,54	0,47	447
61	2,91	0,14	258

Bacino	D km/km ²	Δa	Tu t/km ² /anno
62	2,53	0,07	191
63	3,68	0,58	505
64	4,01	0,48	638
65	3,96	0,01	550
66	3,52	0,67	531
67	2,36	0,35	179
68	2,46	0,43	197
69	2,76	0,00	223
70	3,92	0,00	533
71	2,76	1,05	269
72	3,42	0,25	388
73	3,41	0,00	360
74	3,92	0,10	545
75	3,99	0,00	561
76	2,21	0,30	158
77	3,58	0,00	413
78	3,32	0,71	402
79	3,48	1,45	539
80	3,23	0,62	367
81	2,74	0,70	259
82	4,06	0,00	592
83	2,96	0,00	259
84	3,26	0,00	324
85	3,50	0,00	389
86	3,92	0,00	533
87	5,25	0,00	1446
88	2,47	0,00	179
F. Fino*	4,84	1,27	1434
F. Tavo**	3,09	1,54	411
intero bacino	4,00	1,40	787

* comprende i bacini parziali dal n. 4 al n. 53

** comprende i bacini parziali dal n. 54 al n. 88

Carta dell'indice di erosione

I valori del parametro Tu sono stati raggruppati in nove classi e le sue variazioni areali nell'ambito del bacino idrografico del Fiume Saline sono state evidenziate graficamente sulla «Carta dell'indice di erosione» (f.t.).

Va innanzitutto segnalata la netta differenza tra l'entità dell'erosione nel bacino del Fiume Fino ($Tu = 1434$ tonn/km²/anno) e in quello del Fiume Tavo ($Tu = 411$ tonn/km²/anno). Pertanto il valore di 787 tonn/km²/anno, relativo all'intero bacino del Fiume Saline media due situazioni, profondamente diverse tra loro, come risulta assai evidente dall'esame della carta dell'indice di erosione.

Nel bacino del Fiume Tavo - impostato sulla Formazione del Cellino nella parte bassa, sulla Formazione della Laga e sui litotipi calcarei nella parte montana - si riscontrano valori dell'indice di erosione appartenenti quasi esclusivamente alla I ($0 < Tu < 300$) e alla II classe ($300 < Tu < 600$). Si osserva inoltre che la I classe predomina nella zona valliva, mentre la II caratterizza la zona di testata; in quest'ultima zona valori relativi alla I classe si riscontrano nel caso di bacini parziali impostati prevalentemente sui litotipi carbonatici.

Completamente differente appare la situazione nel bacino del Fiume Fino. I valori dell'indice di erosione appartenenti alla I ($0 < Tu < 300$) e alla II classe

($300 < Tu < 600$) si riscontrano quasi esclusivamente nei bacini parziali della parte più bassa e nei bacini n. 12 e 13, tutti impostati prevalentemente sui litotipi conglomeratici pleistocenici. Valori ancora bassi (I e II classe) si riscontrano anche in zone prossime al fondovalle, drenate da singole aste o da piccoli corsi d'acqua di secondo ordine. Particolarmente interessante appare la situazione dei bacini n. 5, 8, 10 e 11, in sinistra del collettore principale; essi sono impostati in parte sui conglomerati e in parte sulle argille del Pleistocene, e mostrano valori dell'indice di erosione che vanno gradualmente aumentando all'aumentare dell'estensione degli affioramenti argillosi.

Procedendo verso monte, nel bacino del Fiume Fino i valori dell'indice di erosione tendono a divenire mediamente più elevati. Nella parte mediana del bacino le classi più rappresentate sono la V ($1200 < Tu < 1500$), la VI ($1500 < Tu < 2000$) e la VII ($2000 < Tu < 4000$); in particolare, i valori appartenenti a queste classi caratterizzano, sul versante sinistro, i bacini parziali impostati per lo più sui litotipi prevalentemente argillosi del ciclo plio-pleistocenico, mentre sul versante destro contraddistinguono i bacini parziali nei quali predominano gli affioramenti della Formazione del Cellino.

Infine nella zona di testata, ove affiorano quasi esclusivamente il membro evaporitico e quello post-evaporitico della Formazione della Laga, i valori dell'indice di erosione tendono a essere piuttosto elevati. I bacini parziali di questa zona, tutti drenati da corsi d'acqua a prevalente sviluppo meridiano, mostrano valori che appartengono per lo più alla V ($1200 < Tu < 1500$) e alla VII classe ($2000 < Tu < 4000$). Un cenno a parte merita il bacino n. 36, che è caratterizzato, invece, da un valore di Tu più basso ($1103 \text{ tonni/km}^2/\text{anno}$); ciò può spiegarsi considerando che la testata di tale bacino è impostata sui litotipi carbonatici, che offrono una maggiore resistenza all'erosione rispetto ai litotipi flyschoidi.

A conclusione, si può osservare che la differenza esistente tra l'entità dei processi erosivi che hanno luogo nel bacino idrografico del Fiume Tavo e in quello del Fiume Fino non trova giustificazione nelle caratteristiche litologiche. Difatti, se si fa eccezione per la parte bassa e per quella montana del bacino del Fiume Fino – dove prevalgono rispettivamente i litotipi argilloso-marnosi e conglomeratici e quelli carbonatici – entrambi i bacini, sono occupati dagli affioramenti della Formazione del Cellino e da quelli del membro evaporitico e post-evaporitico della Formazione della Laga. L'esistenza nel bacino del Fiume Fino di processi erosivi più vivaci rispetto a quelli agenti nel bacino del Fiume Tavo può essere spiegata con l'esistenza di una direttrice tettonica orientata circa E-W che separa un'area settentrionale sottoposta in tempi recenti a fenomeni tettonici assai marcati da un'area meridionale caratterizzata invece da una tettonica più blanda (vedi capitolo seguente).

INDIZI MORFOLOGICI DI TETTONICA

Per giungere a una soddisfacente definizione dell'assetto morfo-strutturale del bacino idrografico del Fiume

Saline è stata condotta una analisi degli indizi morfologici di tettonica, mediante l'interpretazione di fotografie aeree (a scala 1:33.000 e 1:20.000 circa), opportunamente integrata da numerosi e accurati controlli sul terreno. Per la metodologia si è fatto riferimento alle indicazioni contenute nella «Proposta per un progetto operativo per la Carta Neotettonica d'Italia» (C.N.R., 1976), già ampiamente sperimentata e adottata, con ottimi risultati, anche nelle recenti ricerche condotte su alcuni bacini dell'area abruzzese (Lupia Palmieri & *alii*, 1995; 1998).

I risultati di questa indagine hanno consentito di realizzare la «Carta degli indizi morfotettonici» (f.t.), che, già a un primo esame, mette chiaramente in luce come la configurazione morfologica del bacino idrografico del Fiume Saline appare condizionata dalla tettonica, che sicuramente deve aver agito in modo assai complesso e con diversa intensità nelle diverse parti del bacino stesso.

In particolare, l'esame della suddetta carta evidenzia come le direttrici tettoniche siano variamente orientate nelle diverse zone del bacino. Di tali direttrici, quelle che hanno maggiormente influenzato l'opera degli agenti esogeni sono disposte prevalentemente secondo le direzioni N-S ed E-W; sono presenti inoltre due vistosi allineamenti diretti WNW-ESE e NE-SW e infine, subordinate per frequenza ma non per importanza, compaiono direttrici orientate intorno NW-SE ed ENE-WSW. Dall'esame della carta si evince pure che il bacino parziale del Fiume Fino è più intensamente tettonizzato rispetto a quello del Fiume Tavo.

La direttrice tettonica orientata intorno N-S è evidente soprattutto nella zona di testata del bacino del Fiume Saline e più precisamente in corrispondenza dell'affioramento del membro post-evaporitico della Formazione della Laga, limitato a Est dal fronte di accavallamento sulla associazione pelitico-arenacea della Formazione del Cellino. Delle dislocazioni avvenute secondo questa direzione risentono soprattutto i corsi d'acqua che drenano la parte più alta del bacino parziale del Fiume Fino, ivi compreso quest'ultimo; tali corsi d'acqua, infatti, sono impostati all'interno di valli che presentano un decorso marcatamente rettilineo e appaiono spesso fiancheggiate da crinali rettilinei e da allineamenti di cime. Nella parte più montana del bacino parziale del Fiume Tavo, invece, la direttrice N-S appare subordinata, mentre prevalgono quelle orientate NW-SE e ENE-WSW, che interessano soprattutto l'edificio carbonatico del Gruppo del Gran Sasso.

Pur essendo la direzione N-S la più rappresentata, nella zona di testata del bacino si osserva anche una direzione tettonica E-W, secondo la quale si sviluppa una serie di valli trasversali rispetto alla struttura principale; valli che diventano assai più evidenti immediatamente a Est, nella zona di affioramento della Formazione del Cellino. In tutta questa zona, in effetti, gli allineamenti morfologici più significativi sottolineano l'importanza del ruolo rivestito dalle direttrici tettoniche orientate pressappoco E-W, del cui controllo non risente soltanto l'idrografia ma anche l'orografia: si osservano infatti numerosi ed estesi crinali rettilinei e allineamenti di cime. Va sottolineato, tuttavia, che questi allineamenti sono parti-

colarmente evidenti nel bacino parziale del Fiume Fino, mentre non si riscontrano in quello del Fiume Tavo. Accanto alla direttrice E-W, nell'area di affioramento della Formazione del Cellino, compare anche una direzione tettonica orientata intorno N-S; anche in questo caso si osserva che queste direzioni sono più facilmente osservabili nel bacino del Fiume Fino e che esse si intensificano in prossimità del contatto tra la Formazione del Cellino e i litotipi plio-pleistocenici. Infine, ancora nella zona in esame compaiono, anche se con minor evidenza, le direzioni NW-SE e intorno NE-SW.

La zona del bacino corrispondente all'affioramento dei litotipi plio-pleistocenici è contraddistinta dalla presenza di due allineamenti morfologici particolarmente evidenti che mettono in luce l'esistenza di altrettante direttrici tettoniche. Il primo si riscontra nel bacino parziale del Fiume Fino ed è orientato in direzione WNW-ESE; esso contrassegna in particolare la valle rettilinea del corso d'acqua principale e rappresenta il proseguimento di un allineamento di vette, altrettanto evidente, che interessa la parte orientale dell'affioramento della Formazione del Cellino; il secondo allineamento, con direzione SW-NE, segue in modo evidente il corso del Fiume Tavo lungo tutto il tratto terminale fino alla foce. In corrispondenza di queste due direttrici tettoniche si osserva una spiccata asimmetria delle valli, con il versante destro meno esteso e più acclive di quello sinistro.

Oltre le due direttrici suddette, in questa zona del bacino del Fiume Saline si individuano altre direzioni tettoniche di una certa rilevanza. Nel bacino parziale del Fiume Fino gli allineamenti morfologici evidenziano la netta prevalenza di direttrici orientate NW-SE e NNW-SSE; nel bacino parziale del Fiume Tavo, invece, si rinvencono soprattutto direttrici orientate ENE-WSW, mentre quelle NW-SE appaiono subordinate e le NNW-SSE sono praticamente assenti.

In definitiva si può osservare che, soprattutto nella parte bassa del bacino del Fiume Saline, laddove affiorano i depositi del Plio-Pleistocene, la configurazione morfologica dei due principali bacini parziali appare controllata dalla tettonica in modo differenziato: il modellamento del rilievo risulta influenzato da direttrici tettoniche con orientazione variabile dalla WNW-ESE alla NNW-SSE, nel caso del bacino del Fiume Fino, e dalla NE-SW alla ENE-WSW, nel caso del bacino del Fiume Tavo. Inoltre, è da segnalare la presenza della dislocazione tettonica, orientata E-W, che si prolunga da Cima della Rocca (a Ovest) fino ai dintorni di Picciano (a Est) e sembra fare da separazione tra questi due bacini ad assetto morfologico differente.

Infine, nella zona medio-bassa del bacino del Fiume Saline sono presenti più ordini di terrazzi che presentano una estensione areale molto diversa sui due versanti. Ovviamente questa situazione risulta particolarmente evidente lungo le valli dei collettori principali (F. Saline, F. Fino e F. Tavo), che mostrano tutte una maggiore estensione delle superfici terrazzate in sinistra e una notevole riduzione in destra idrografica. Il diverso sviluppo dei terrazzi può essere spiegato con il verificarsi di movimenti diffe-

renziali che dovrebbero essere avvenuti in tempi recenti, pressappoco secondo un asse orientato in direzione WNW-ESE nel bacino parziale del Fiume Fino e secondo un asse orientato in direzione NE-SW nel bacino del Fiume Tavo-Fiume Saline.

Distribuzione azimutale delle aste fluviali

A completamento degli studi di morfotettonica, è stata eseguita una analisi statistica della distribuzione azimutale dei segmenti rettilinei in cui è possibile scomporre tutte le vie di drenaggio superficiale del bacino idrografico in esame. Mediante tale analisi si possono ricavare utili informazioni in merito agli effetti della tettonica, in particolare di quella recente, sulla configurazione del reticolo idrografico (Ciccacci & alii, 1986; 1988; Caputo & alii, 1993; Buonasorte & alii, 1991; Lupia Palmieri & alii, 1995; 1998).

La rete idrografica del bacino – riportata sulla «Carta del reticolo idrografico» (f.t.) – è stata dapprima ordinata gerarchicamente secondo il metodo di Strahler (1954) e successivamente rettificata mediante un procedimento semiautomatico. Quindi è stata eseguita l'analisi della distribuzione azimutale dei segmenti rettilinei per lunghezza cumulata. I relativi risultati sono rappresentati graficamente tramite una serie di diagrammi a rosa dei venti, nei quali i picchi principali indicano le orientazioni preferenziali, o «domini», delle linee di drenaggio superficiale.

In considerazione del fatto che aste fluviali di ordine diverso possono essere controllate dalla tettonica in modo e in tempi differenti, la suddetta analisi è stata eseguita sia per l'intera rete idrografica del bacino che per i segmenti fluviali dei singoli ordini gerarchici. In particolare, come già emerso in lavori precedenti (già citati), è verosimile che le aste fluviali di ordine più basso, impostatesi in momenti successivi rispetto a quelli di ordine superiore, siano controllate dalle direzioni tettoniche attive nei tempi più recenti.

L'interpretazione dei risultati ottenuti con l'analisi della distribuzione azimutale dei segmenti fluviali rettilinei si presenta piuttosto complessa. Difatti, sia nei grafici relativi all'intera rete idrografica, che in quelli relativi ai diversi ordini fluviali, si nota la presenza di numerose e varie direzioni (fig. 1); e pertanto risulta piuttosto difficile – mediante l'analisi statistica eseguita – individuare direzioni preferenziali di scorrimento ed evidenziare controlli tettonici sulla rete idrografica.

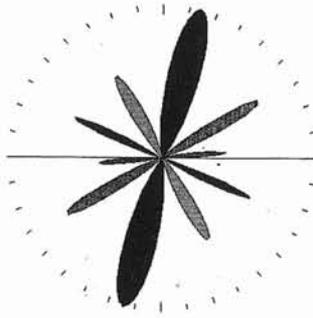
La grande varietà di direzioni riscontrata nei diagrammi a rosa dei venti può essere in parte spiegata tenendo conto delle considerazioni desunte dallo studio degli indizi morfologici di tettonica. Tale studio, infatti, ha permesso di mettere in risalto una certa differenziazione nelle direzioni degli allineamenti morfotettonici che caratterizzano i due principali bacini parziali del Fiume Fino e del Fiume Tavo; per questo motivo lo stesso tipo di analisi è stata condotta separatamente per i due bacini parziali (fig. 2 e 3).

L'analisi della distribuzione azimutale delle aste fluviali della rete idrografica del Fiume Fino evidenzia una cer-

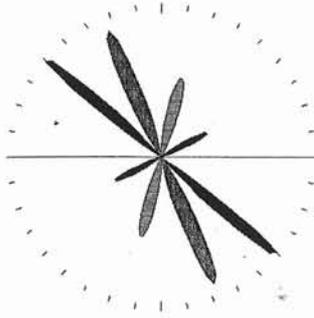
ASTE I ORDINE
ANALISI PER LUNGHEZZA
Totale dati: 102454



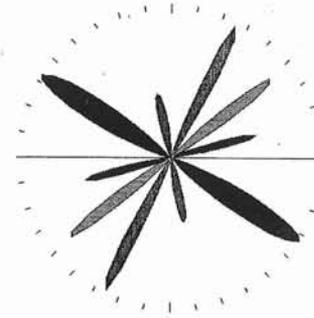
ASTE II ORDINE
ANALISI PER LUNGHEZZA
Totale dati: 41682



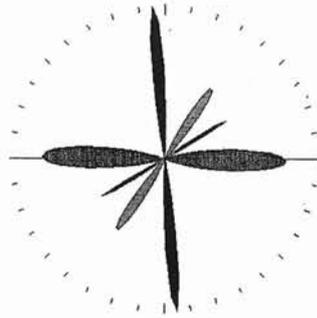
ASTE III ORDINE
ANALISI PER LUNGHEZZA
Totale dati: 19388



ASTE IV ORDINE
ANALISI PER LUNGHEZZA
Totale dati: 11913



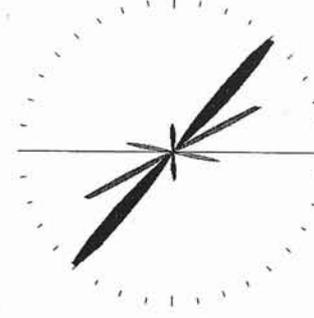
ASTE V ORDINE
ANALISI PER LUNGHEZZA
Totale dati: 6867



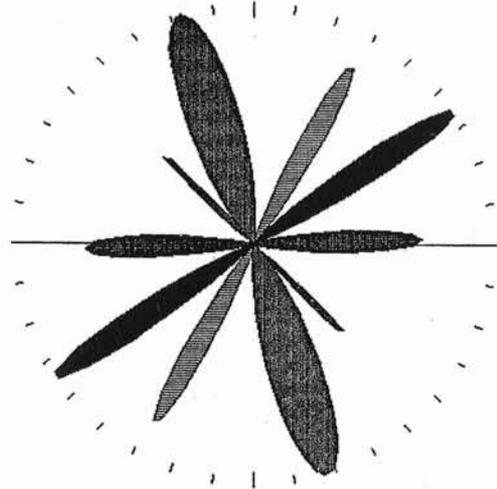
ASTE VI ORDINE
ANALISI PER LUNGHEZZA
Totale dati: 6720



ASTE VII ORDINE
ANALISI PER LUNGHEZZA
Totale dati: 736



ASTE FLUVIALI BACINO DEL FIUME SALINE
ANALISI PER LUNGHEZZA - Totale dati: 189760



#	alt.	azim.	sd
1	1.3	56.1	8.8
2	1.3	-18.0	17.5
3	1.1	28.9	8.2
4	0.9	88.3	9.9
5	0.7	-45.4	4.5

FIG. 1 - Diagrammi a rosa dei venti della distribuzione azimutale delle aste fluviali di ciascun ordine e dell'intero reticolo del bacino del Fiume Saline. Nella tabella sono riportati i parametri delle singole gaussiane (altezza, azimut, deviazione standard) relative all'analisi dell'intera rete idrografica.

FIG. 1 - Rose-diagrams of azimuthal distribution of stream channels of each order and of the whole Fiume Saline network. The table shows the parametres (height, azimuth, standard deviation) of the single gaussian curves drawn from the analysis of the whole network.

ta corrispondenza fra le direzioni preferenziali di scorrimento dei corsi d'acqua e alcune direzioni tettoniche desunte dall'analisi degli indizi morfologici. Il diagramma a rosa dei venti relativo all'intera rete idrografica mette in luce l'esistenza di un picco N 10° W (dominio N-S) nettamente prevalente sugli altri, cui seguono i domini NW-SE, NE-SW e E-W con importanza relativa simile; gli stessi domini risultano presenti, anche se spesso con peso diverso, nelle analisi eseguite per le aste dei singoli ordini (fig. 2). Nei diagrammi del primo ordine la distribuzione azimutale delle aste fluviali ricalca nelle linee generali quella relativa all'intero bacino, anche se appare decisamente meno importante il dominio NW-SE; quest'ultimo assume invece un ruolo di primaria importanza, assieme al dominio N-S, nell'analisi delle aste del secondo ordine. Situazioni simili si individuano anche nelle analisi relative al terzo e quarto ordine, nelle quali torna ad assumere un ruolo di primo piano anche il dominio NE-SW e – almeno nel terzo ordine – anche quello ENE-WSW. Nel quinto e sesto ordine, infine, diventa nettamente prevalente il dominio E-W, a cui si affiancano i domini N-S e SE-NW nel quinto ordine e quello NW-SE nel sesto.

Anche nel caso del Fiume Tavo è possibile registrare una certa analogia fra le direzioni preferenziali assunte dalla rete idrografica e le principali direzioni tettoniche messe in luce dallo studio geologico e da quello morfotettonico. Il grafico relativo all'intero bacino del Fiume Tavo evidenzia come le aste fluviali si dispongano preferenzialmente secondo una direzione NE-SW, cui seguono in ordine di importanza le direzioni NNW-SSE, E-W e SW-NE (fig. 3). L'analisi delle aste del primo ordine sottolinea l'importanza del picco NE-SW, secondo il quale si dispongono la maggior parte delle aste fluviali, mentre del tutto subordinato appare il picco orientato circa NNW-SSE. Nel secondo ordine, pur continuando la netta prevalenza del dominio NE-SW, assumono un certo rilievo anche i domini E-W e N-S; quest'ultimo diventa decisamente prevalente nell'analisi delle aste del terzo ordine (picco N 14° E), mentre scompare del tutto nel diagramma relativo al quarto ordine. In questo diagramma tornano ad assumere importanza notevole le direzioni WNW-ESE e E-W. La direzione E-W diventa decisamente dominante nell'analisi del quinto ordine, dove anche la direzione NNW-SSE assume una certa rilevanza. Quest'ultima direzione costituisce il picco principale nel diagramma del sesto ordine dove tuttavia compaiono anche i picchi NE-SW, ENE-WSW e circa E-W con importanza relativa decrescente.

Alla luce delle considerazioni effettuate per i due principali sottobacini, appare più facilmente interpretabile l'analisi della distribuzione azimutale delle aste dell'intero bacino del Saline che riassume ovviamente le due diverse situazioni ora descritte (fig. 1). Da sottolineare l'analisi relativa alle aste del settimo ordine, che si origina dalla confluenza tra il Fiume Fino e il Fiume Tavo; tale analisi evidenzia una direzione preferenziale di scorrimento orientata in direzione NE-SW che ricalca quella della dislocazione lungo la quale è impostato il tratto terminale del Fiume Saline.

In definitiva, sintetizzando i risultati ottenuti con l'analisi della distribuzione azimutale delle aste fluviali e integrandoli con le osservazioni desunte dallo studio degli indizi morfotettonici, si può tracciare uno schema morfoevolutivo dell'intero bacino del Fiume Saline. In tale schema un ruolo importante spetta alla direttrice tettonica orientata E-W, che sembra separare nettamente i due bacini parziali. Tale direzione pur avendo avuto un'attività più antica, come evidenziato dal netto controllo da essa esercitato sulle aste fluviali di ordine più alto, si sarebbe riattivata in tempi recenti; essa, infatti influenza anche la direzione di scorrimento delle aste di ordine più basso. L'attività di questa importante direttrice tettonica avrebbe determinato un'evoluzione morfostrutturale recente del bacino del Fiume Fino diversa da quella del bacino del Fiume Tavo. Infatti, quella del bacino del Fiume Fino appare guidata da direttrici tettoniche orientate prevalentemente in direzione N-S e da quelle a orientazione variabile dalla WNW-ESE alla NW-SE, tutte ben evidenti nelle analisi azimutali relative alle aste degli ordini più bassi (fig. 2); l'evoluzione recente del bacino del Fiume Tavo, invece, sembra condizionata principalmente dalle direzioni variabili dalla NNE-SSW alla ENE-WSW, tra le quali la NE-SW è nettamente dominante, soprattutto nel primo e secondo ordine (fig. 3). Tra queste direzioni di fondamentale importanza sono senza dubbio la NW-SE e la NE-SW, lungo le quali sono impostati rispettivamente i corsi d'acqua del Fiume Fino e del Fiume Tavo; queste due direttrici tettoniche oltre ad aver avuto, come detto, una attività recente avrebbero guidato movimenti di basculamento e di sollevamento differenziato che avrebbero favorito la dissimetria dei terrazzi osservata in entrambi i bacini parziali.

ENERGIA DEL RILIEVO

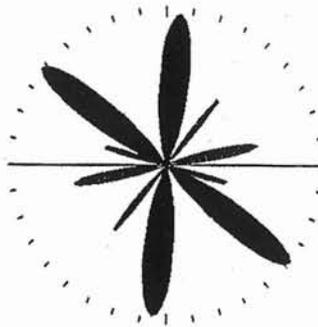
L'energia di rilievo (E_r) è un parametro che, espresso come dislivello massimo misurato in una determinata area, consente di trarre utili informazioni sintetiche sulla configurazione orografica dei bacini idrografici. Inoltre, se viene calcolato per aree unitarie, permette di individuare zone potenzialmente caratterizzate da approfondimento fluviale più o meno marcato. E questa diversa intensità dell'erosione fluviale, a parità di altre condizioni, può essere indicativa di sollevamenti o abbassamenti differenziali recenti o ancora in atto, ossia di elementi tettonici attivi (Ciccacci & alii, 1988; Centamore & alii, 1996; Lupia Palmieri & alii, 1995; 1998).

Al fine di esaminare le variazioni areali dell'energia di rilievo, la superficie del bacino del Fiume Saline è stata suddivisa in quadrati di 1 km di lato, per ciascuno dei quali è stato determinato il suddetto parametro, espresso in metri. I valori ottenuti, suddivisi in otto classi, hanno consentito di realizzare una rappresentazione a mosaico («Carta dell'energia del rilievo», f.t.), che mette in risalto l'andamento del parametro all'interno del bacino.

ASTE I ORDINE
ANALISI PER LUNGHEZZA
Totale dati: 65038



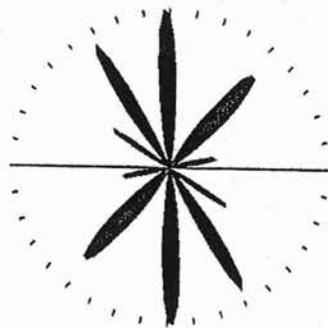
ASTE II ORDINE
ANALISI PER LUNGHEZZA
Totale dati: 23961



ASTE III ORDINE
ANALISI PER LUNGHEZZA
Totale dati: 12892



ASTE IV ORDINE
ANALISI PER LUNGHEZZA
Totale dati: 8938



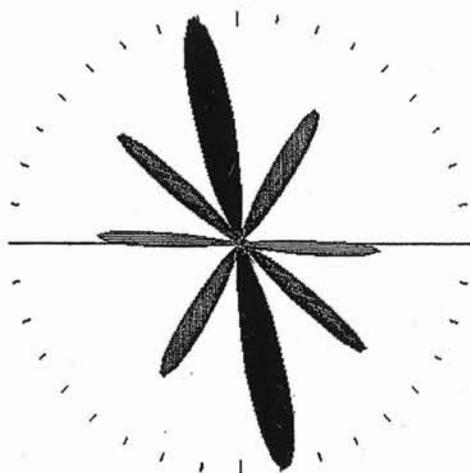
ASTE V ORDINE
ANALISI PER LUNGHEZZA
Totale dati: 4393



ASTE VI ORDINE
ANALISI PER LUNGHEZZA
Totale dati: 4474



ASTE FLUVIALI BACINO DEL FIUME FINO
ANALISI PER LUNGHEZZA - Totale dati: 119691



#	alt.	azim.	sd
1	1.8	-11.1	13.2
2	1.2	30.3	11.6
3	1.1	-87.1	7.6
4	1.2	-48.0	5.4

FIG. 2 - Diagrammi a rosa dei venti della distribuzione azimutale delle aste fluviali di ciascun ordine e dell'intero reticolo del bacino del Fiume Fino. Nella tabella sono riportati i parametri delle singole gaussiane (altezza, azimut, deviazione standard) relative all'analisi dell'intera rete idrografica.

FIG. 2 - Rose-diagrams of azimuthal distribution of stream channels of each order and of the whole Fiume Fino network. The table shows the parameters (height, azimuth, standard deviation) of the single gaussian curves drawn from the analysis of the whole network.

ASTE I ORDINE
ANALISI PER LUNGHEZZA
Totale dati: 33561



ASTE II ORDINE
ANALISI PER LUNGHEZZA
Totale dati: 15396



ASTE III ORDINE
ANALISI PER LUNGHEZZA
Totale dati: 5693



ASTE IV ORDINE
ANALISI PER LUNGHEZZA
Totale dati: 2980



ASTE V ORDINE
ANALISI PER LUNGHEZZA
Totale dati: 2474



ASTE VI ORDINE
ANALISI PER LUNGHEZZA
Totale dati: 2246



ASTE FLUVIALI BACINO DEL FIUME TAVO
ANALISI PER LUNGHEZZA - Totale dati: 62350



#	alt.	azim.	sd
1	4.8	54.2	12.7
2	3.3	4.5	10.7
3	3.4	84.3	5.7
4	1.5	-14.4	9.0
5	1.0	-52.5	9.0

FIG. 3 - Diagrammi a rosa dei venti della distribuzione azimutale delle aste fluviali di ciascun ordine e dell'intero reticolo del bacino del Fiume Tavo. Nella tabella sono riportati i parametri delle singole gaussiane (altezza, azimut, deviazione standard) relative all'analisi dell'intera rete idrografica.

FIG. 3 - Rose-diagrams of azimuthal distribution of stream channels of each order and of the whole Fiume Tavo network. The table shows the parametres (height, azimuth, standard deviation) of the single gaussian curves drawn from the analysis of the whole network.

Esaminando la carta dell'energia del rilievo si può osservare, innanzitutto, come i valori più elevati del parametro, appartenenti per lo più alle ultime tre classi, vengano registrati, ovviamente, nella zona di testata del bacino; in particolare, risultano localizzati in una fascia che comprende gli affioramenti del membro post-evaporitico della Formazione della Laga e delle successioni mesozoico-paleogeniche e terziarie del Gruppo del Gran Sasso; in corrispondenza di queste ultime, si registrano, peraltro, i valori massimi dell'intero bacino. Tale fascia con valori molto elevati di E_r è limitata verso Est dal fronte di accavallamento della Formazione della Laga sulla Formazione del Cellino e corrisponde a una zona soggetta a intensa morfogenesi ad opera soprattutto di estesi fenomeni franosi.

A Est della fascia ora esaminata è possibile riconoscere una certa differenza tra i valori dell'energia di rilievo determinati per il bacino parziale del Fiume Fino e quelli ottenuti per il bacino parziale del Fiume Tavo; il primo bacino, infatti, presenta valori del parametro mediamente superiori (IV classe, V classe e VI classe) rispetto a quelli che caratterizzano il secondo (III classe e IV classe). A questo proposito è da sottolineare che gli indizi morfologici di tettonica, di cui si è discusso in precedenza, hanno messo in luce l'esistenza di un diverso assetto tettonico per questi due bacini parziali, che appaiono separati da una importante linea tettonica orientata in direzione E-W ed estesa da Cima della Rocca a Ovest fino ai dintorni di Picciano a Est; questa stessa linea sembra ora separare un'area posta a Nord (bacino del F. Fino), con valori più elevati dell'energia di rilievo, da un'area a Sud (bacino del F. Tavo), caratterizzata da valori più bassi del parametro. Alla luce di queste considerazioni appare lecito ammettere che secondo la direzione E-W si sia verificato un movimento differenziale con sollevamento maggiore dell'area ove è impostato il bacino del Fiume Fino rispetto a quella del bacino del Fiume Tavo.

Le diverse condizioni tettoniche riscontrate in questa fase delle indagini per i due bacini parziali in esame potrebbero giustificare, almeno in parte, le differenti situazioni morfodinamiche già segnalate nello studio dei processi di denudazione; tale studio, infatti, ha evidenziato come – a parità di condizioni litologiche – tali processi fossero più intensi e diffusi nel bacino del Fiume Fino che in quello del Fiume Tavo, ove essi sono apparsi di limitata diffusione e di minore efficacia.

Infine è da segnalare che, sia nell'ambito del bacino del Fiume Fino che nell'ambito del bacino del Fiume Tavo, il versante sinistro, pur avendo una pendenza media minore – dovuta soprattutto all'esistenza di estese superfici terrazzate – presenta spesso valori più elevati di energia di rilievo rispetto a quello destro, mediamente più acclive. Questa diversa distribuzione dei valori di E_r sembra confortare l'ipotesi, già avanzata, che le porzioni media e bassa delle valli dei due principali affluenti del Fiume Saline siano impostate in corrispondenza di dislocazioni tettoniche complicate da movimenti di basculamento, con maggior sollevamento dei versanti settentrionali.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Le indagini geologiche e morfologiche condotte sul bacino del Fiume Saline hanno consentito l'acquisizione di una notevole quantità di informazioni e di dati utili per una corretta identificazione e una soddisfacente caratterizzazione delle aree maggiormente soggette a intensa morfogenesi.

Dallo studio dei processi di denudazione è emerso chiaramente come tali processi siano più diffusi e intensi nel sottobacino del Fiume Fino rispetto a quello del Fiume Tavo, ove essi appaiono di limitata diffusione e di minore efficacia. Questa differente situazione morfodinamica tra i due sottobacini è emersa chiaramente anche dall'analisi geomorfica quantitativa: alla maggiore intensità dei processi morfogenetici in atto nel bacino del Fiume Fino si accompagna una marcata disorganizzazione della rete idrografica ($ga = 27,85$) e un elevato indice di erosione ($Tu = 1434$), che non trova analogo riscontro nel caso del bacino del Fiume Tavo ($ga = 8,9$ e $Tu = 411$), interessato in modo subordinato da tali processi.

I risultati degli studi morfotettonici, relativi all'intero bacino del Fiume Saline, permettono di affermare che le due diverse situazioni morfodinamiche osservate per i suoi due principali sottobacini possono trovare spiegazione, almeno in parte, nel differente assetto tettonico. L'esame degli elementi tettonici lineari e areali ha, infatti, portato ad avanzare l'ipotesi che il bacino del Fiume Fino e quello del Fiume Tavo siano separati da una linea tettonica orientata in direzione E-W, secondo la quale si sarebbe verificato un movimento differenziale con sollevamento maggiore della porzione settentrionale. Questo maggior sollevamento, assieme alla più intensa e diffusa tettonizzazione, avrebbe concorso a imprimere una più vivace attività ai processi di denudazione nel bacino del Fiume Fino.

Al di là di questa considerazione preliminare e generale, si può dire che il confronto tra i risultati dell'indagine morfografica e i dati della geomorfologia quantitativa permette di identificare alcune aree caratterizzate da modificazioni geomorfiche particolarmente marcate.

Tra queste aree, una delle più evidenti è costituita dalla parte del bacino del Fiume Fino che ricade nel primo e nel secondo settore, delimitati verso Est rispettivamente dal tratto del Fiume Fino a decorso N-S e dal «fronte di accavallamento» della Formazione della Laga su quella del Cellino. In questa area sono sottoposti alle modificazioni più marcate il bacino del Torrente Cerchiola e i bacini minori che drenano il versante sinistro della valle principale, a NW dell'abitato di Arsità. Il bacino idrografico del Torrente Cerchiola (n. 31) è caratterizzato da un valore elevato dell'indice di erosione ($Tu = 2919$) e da una marcata disorganizzazione della rete idrografica ($ga = 46,44$); la sua curva ipsografica è tipica di un bacino nel quale, come evidenziato anche dall'indagine morfografica, i processi di denudazione sui versanti prevalgono rispetto all'approfondimento fluviale. Tra i bacini minori è da segnalare la situazione particolarmente significativa del piccolo bacino del Fosso Cesare: si tratta di un bacino sottoposto a processi di denudazione particolarmente vivaci, rappresentati da deformazioni lente e colamenti sul versante destro e da erosione calanchi-

va su quello sinistro, esposto a Sud. Dall'analisi geomorfica quantitativa emerge come le condizioni di questo bacino si siano rivelate certamente tra le più critiche: la rete idrografica è notevolmente disorganizzata ($ga = 43,24$) e l'indice di erosione è risultato il più alto ($Tu = 11.291$) tra quelli calcolati per l'intero bacino del Fiume Saline.

Il legame tra l'intensità dei processi di denudazione e l'assetto tettonico è particolarmente evidente. Entrambi questi settori del bacino del Fiume Fino sono, infatti, fortemente tettonizzati; lo stesso corso d'acqua principale – in forte approfondimento – è impostato in corrispondenza del «fronte di accavallamento» che interessa il membro post-evaporitico della Formazione della Laga. Anche il Torrente Cerchiola e il Fosso Cesare, i cui bacini risultano particolarmente dissestati, corrono lungo faglie orientate rispettivamente nelle direzioni N-S ed E-W, che peraltro condizionano anche numerosi corsi d'acqua minori. È da sottolineare, inoltre, come la concentrazione dei valori elevati dell'energia di rilievo sul versante sinistro del Fiume Fino sia indicativa di un possibile sollevamento di questo versante rispetto a quello destro; il che giustifica la maggiore intensità dei processi di denudazione in sinistra orografica del corso d'acqua principale.

Molto vivaci sono anche le modificazioni geomorfiche che interessano il versante sinistro del Fiume Fino nella sua parte medio-alta, compresa prevalentemente nel terzo settore (che si estende fino all'allineamento Montefino-Penne). Come già visto, tali modificazioni sono attribuibili a processi denudazionali in parte differenti rispetto a quelli che caratterizzano l'area precedentemente descritta; in particolare, i processi di dilavamento sono qui assai meno diffusi e solo localmente intensi. In quest'area i valori calcolati dell'indice di erosione sono mediamente elevati (Tu risulta prevalentemente >2000) e le reti idrografiche risultano meglio organizzate, in conseguenza della maggiore incisività dell'approfondimento fluviale e della minore diffusione dei processi di dilavamento. Si possono citare come esempi i casi del bacino del Fosso S. Margherita e, più a valle, dei principali bacini che drenano la zona compresa tra Appignano e Montefino (a NW di Castiglione). Tutti questi bacini presentano valori elevati di Tu , anche se quelli più a valle mostrano, rispetto al primo, una maggiore diffusione dei processi di dilavamento e una conseguente minore organizzazione della rete idrografica.

In una situazione alquanto particolare si trovano i due ampi bacini del Fosso Petronico e del Torrente Baricello, che drenano il versante destro del bacino del Fiume Fino. In base ai tipi di processi denudazionali in atto, questi bacini sono assimilabili a quelli ubicati nella porzione medio-alta del versante sinistro della valle principale; tali processi, però, sono arealmente meno diffusi che sul versante opposto. Nonostante questa minore diffusione, l'indice di erosione assume valori ancora notevolmente elevati ($Tu >2000$); questa apparente contraddizione può essere in parte spiegata considerando che, seppur meno diffusi, i processi di denudazione sono localmente assai marcati, e ciò influisce ovviamente sul trasporto torbido.

Anche in questo settore è possibile individuare un legame abbastanza stretto tra aree a intensa morfogenesi e

condizioni litologiche e tettoniche. I litotipi decisamente erodibili della Formazione del Cellino, che affiorano in queste aree, si presentano intensamente tettonizzati, sia per l'esistenza di fronti di accavallamento diretti prevalentemente in direzione N-S, sia per la presenza di numerose faglie orientate in direzione E-W. Particolarmente significativa appare la situazione dei bacini del Fosso Petronico e del Torrente Baricello. Questi, infatti, sono ubicati in un'area delimitata a Sud e a Nord da faglie orientate circa in direzione E-W, che ne avrebbero determinato il sollevamento rispetto a quelle adiacenti, come è testimoniato dai valori elevati dell'energia di rilievo; a questa situazione è imputabile il forte grado di dissesto osservato.

Il confronto dei risultati delle varie indagini permette di individuare, più a valle, un'altra area certamente caratterizzata da una dinamica morfologica particolarmente attiva: si tratta di un'area piuttosto vasta, ubicata in sinistra del Fiume Fino e compresa nell'ambito del quarto settore, che si estende fino alla confluenza con il Fiume Tavo. Come già visto in precedenza, in essa affiorano le argille plio-calabrianne, che sono sottoposte a erosione calanchiva molto spinta. L'indice di erosione in questo settore del bacino appare piuttosto variabile, ma raggiunge valori notevolmente elevati per i bacini parziali interessati da erosione calanchiva molto diffusa e assai intensa. Si possono citare, in particolare, il bacino del Fosso Caprano, che comprende l'abitato di Monte Fino ($Tu = 4912$, $ga = 39,79$) e, più a valle, il bacino del Fosso dell'Odio ($Tu = 3721$, $ga = 46,69$).

L'intensità dei processi erosivi osservati in questo settore è senza dubbio da attribuire soprattutto alla natura dei litotipi affioranti. Tuttavia si individua chiaramente anche il ruolo svolto dalla tettonica; le indagini geologiche e morfotettoniche consentono, infatti, di affermare che anche questa parte più valliva del bacino del Fiume Fino – come già visto per quella medio-alta – risulta sollevata da faglie, che in questo caso sono orientate circa in direzione WNW-ESE.

È da segnalare, inoltre, la situazione del bacino del Fosso Mordaco che, impostato su una faglia con direzione E-W, confluisce nel Fiume Fino immediatamente a valle del Fosso Baricello; questo bacino è interessato quasi esclusivamente da processi di dilavamento con erosione calanchiva, come è testimoniato anche dall'andamento della curva ipsografica. In questo caso si ha un indice di erosione più basso che nei casi precedenti ($1500 < Tu < 2000$), ma anche una minore organizzazione della rete idrografica, certamente attribuibile alla diffusa presenza dei calanchi.

Prendendo in considerazione il bacino idrografico del Fiume Tavo si può sottolineare che tutte le analisi eseguite evidenziano congiuntamente la generale mancanza di aree sottoposte a rapide modificazioni geomorfiche, eccezion fatta per zone estremamente ristrette. Tra tali zone si possono citare, ad esempio, quella alla testata del Fosso Rio, in prossimità di Farindola – interessata da fronti di sovrascorrimento e da faglie inverse – e quella nei dintorni di Penne. In quest'ultimo caso, in particolare, si osserva una intensa erosione calanchiva guidata da fossi in marcato approfondimento, impostati su linee tettoniche con direzioni N-S e NE-SW.

BIBLIOGRAFIA

- AVENA G.C., GIULIANO G. & LUPA PALMIERI E. (1967) - *Sulla valutazione quantitativa della gerarchizzazione ed evoluzione dei reticoli fluviali*. Boll. Soc. Geol. It., 86, 781-796.
- BUONASORTE G., CICCACCI S., DE RITA D., FREDI P. & LUPA PALMIERI E. (1989) - *Some relations between morphological characteristics and geological structure in the Vulsini Volcanic Complex (Northern Lazio, Italy)*. Zeit. Geomorph., Suppl. Bd. 82, 59-71.
- CAPUTO C., CICCACCI S., DE RITA D., FREDI P., LUPA PALMIERI E. & SALVINI F. (1990) - *Drainage pattern and tectonics in some volcanic areas of Latium (Central Italy)*. Geol. Romana, 29, 1-13.
- CENTAMORE E., CANTALAMESSA G., MICARELLI A., POTETTI M., BERTI D., BIGI S., MORELLI C. & RIDOLFI M. (1992) - *Stratigrafia e analisi di facies dei depositi del Miocene e del Pliocene inferiore dell'avanfossa marchigiano-abruzzese e delle zone limitrofe*. In: Studi preliminari all'acquisizione dati del profilo CROP 11 Civitavecchia-Vasto. Studi Geologici Camerti, Vol. spec. 1991/92, 125-131.
- CENTAMORE E., CICCACCI S., DEL MONTE M., FREDI P. & LUPA PALMIERI E. (1996) - *Morphological and structural arrangement of north-eastern Abruzzo (Central Italy)*. Geomorphology, 16, 127-137.
- CICCACCI S., D'ALESSANDRO L. & FREDI P. (1983) - *Sulla valutazione indiretta dell'interrimento nei bacini lacustri: il lago artificiale di Scandarello (Rieti)*. Atti XXIII Congr. Geogr. It., Catania, 2 (3), 37-52.
- CICCACCI S., D'ALESSANDRO L., FREDI P. & LUPA PALMIERI E. (1988) - *Contributo dell'analisi geomorfica quantitativa allo studio dei processi di denudazione del bacino idrografico del Torrente Paglia (Toscana meridionale-Lazio settentrionale)*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., Suppl. I, 171-188.
- CICCACCI S., D'ALESSANDRO L., FREDI P. & LUPA PALMIERI E. (1992) - *Relation between morphometric characteristics and denudation processes in some drainage basins of Italy*. Zeit. Geomorph., N.F. 36, 1, 53-67.
- CICCACCI S., DE RITA D. & FREDI P. (1988) - *Geomorfologia quantitativa e morfotettonica dell'area di Morlupo-Castelnuovo di Porto nei Monti Sabatini (Lazio)*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., Suppl. I, 197-206.
- CICCACCI S., FREDI P., LUPA PALMIERI E. & PUGLIESE F. (1981) - *Contributo dell'analisi geomorfica quantitativa alla valutazione dell'entità dell'erosione nei bacini fluviali*. Boll. Soc. Geol. It., 99, (1980), 455-516.
- CICCACCI S., FREDI P., LUPA PALMIERI E. & PUGLIESE F. (1987) - *Indirect evaluation of erosion entity in drainage basins through geomorphic, climatic and hydrological parameters*. International Geomorphology, II, Wiley & Sons, Chichester, 33-48.
- CICCACCI S., FREDI P. & RAFFI R. (1985) - *Caratteristiche climatiche e geomorfologiche del bacino del Fiume Mignone*. In: Atti del Convegno «Esperienze di analisi e gestione di bacini idrografici». Provincia di Roma - Provincia di Viterbo - Università di Roma «La Sapienza», 24-77.
- CICCACCI S., FREDI P., LUPA PALMIERI E. & SALVINI F. (1986) - *An approach to the quantitative analysis of the relations between drainage pattern and fracture trend*. International Geomorphology, II, Wiley & Sons, Chichester, 49-68.
- CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE (1976) - *Proposta di un progetto operativo per l'elaborazione della Carta Neotettonica d'Italia*. Progetto Final. Geodinamica - Sub-progetto Neotettonica, Roma 30 novembre 1976.
- HORTON R.E. (1945) - *Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology*. Geol. Soc. Am. Bull., 56, 275-370.
- LUPA PALMIERI E., CICCACCI S., CIVITELLI G., CORDA L., D'ALESSANDRO L., DEL MONTE M., FREDI P. & PUGLIESE F. (1995) - *Geomorfologia quantitativa e morfodinamica del Territorio abruzzese: I - Il bacino idrografico del Fiume Sinello*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 18, 31-46.
- LUPA PALMIERI E., CENTAMORE E., CICCACCI S., D'ALESSANDRO L., DEL MONTE M., FREDI P. & PUGLIESE F. (1998) - *Geomorfologia quantitativa e morfodinamica del Territorio abruzzese: II - Il bacino idrografico del Fiume Tordino*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 21, 113-129.
- SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1955) - *Carta geologica d'Italia a scala 1:100.000, F. 139 «L'Aquila», Firenze.*
- SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1963) - *Carta geologica d'Italia a scala 1:100.000, F. 140 «Teramo», Firenze.*
- STRAHLER A.N. (1952) - *Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography*. Geol. Soc. Am. Bull., 63, 1117-1142.
- STRAHLER A.N. (1954) - *Quantitative geomorphology of erosional landscapes*. C.R. 19th Intern. Geol. Cong. Algiers, Sect. 13, part 3, 341-354.

(ms. received 1 March 2001; accepted 1 July 2001)