

**I CALANCHI DEL SETTORE SETTENTRIONALE
DELLA FASCIA PERIADRIATICA ABRUZZESE:
QUADRO MORFOTETTONICO E LORO CARATTERIZZAZIONE(****)**

INDICE

RIASSUNTO	pag. 29
ABSTRACT	” 29
INTRODUZIONE	” 30
INQUADRAMENTO GEOLOGICO	” 30
INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	” 32
I CALANCHI. STATO DELLE CONOSCENZE	” 32
I CALANCHI DEL SETTORE SETTENTRIONALE DELL'ABRUZZO	” 35
STUDIO DELLE CARATTERISTICHE FISICHE DEI TERRENI INTERESSATI DA MORFOLOGIE CALANCHIVE	” 38
EVOLUZIONE MORFOTETTONICA	” 41
CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	” 43
BIBLIOGRAFIA	” 43

RIASSUNTO

Il settore settentrionale della fascia periadriatica abruzzese ha risentito notevolmente degli effetti dei movimenti tettonici plio-quadernari che hanno condizionato in modo significativo sia la sedimentazione marina del bacino periadriatico plio-pleistocenico sia l'assetto morfostrutturale dell'intera area.

Il sollevamento regionale, già attivo dal Pliocene medio e particolarmente intenso all'inizio del Pleistocene inferiore, ha determinato la progressiva diminuzione della profondità degli ambienti di sedimentazione ed ha contemporaneamente favorito fasi distensive che si sono manifestate con la neoformazione o riattivazione, secondo movimenti verticali, di sistemi di dislocazione a differente orientazione.

Il risultato è la suddivisione dell'area in grandi blocchi, separati da faglie (con orientazioni preferenziali N60°-80°E, N±20°, N30°-40°E, N40°-60°W) dirette, a differente tasso di sollevamento.

L'erosione lineare ed areale ha agito fortemente in questo settore dell'Abruzzo, soprattutto a partire dal Pleistocene medio quando il sollevamento regionale e lo smantellamento dei depositi conglomeratici di tetto hanno condotto all'affioramento del substrato argilloso.

Successivamente, l'erosione accelerata ha aggredito tutta la fascia periadriatica, concentrandosi sui blocchi in via di sollevamento in cui affioravano le argille siltose delle avanfosse

(*) Dipartimento Servizi Tecnici Nazionali, Presidenza Consiglio dei Ministri.

(**) Istituto di Geologia applicata, Università degli Studi di Urbino.

(***) Dipartimento di Scienze della Terra, Università "La Sapienza", Roma.

(****) Lavoro presentato al GEOITALIA 1997-I° FIST, Bellaria (Rimini), 05-09 Ottobre 1997; eseguito con contributi M.U.R.S.T. 40% e 60%, responsabile E. Centamore, e contributi CNR, GNDICI, responsabile A. Prestininzi.

miocenica e pliocenica inferiore e del bacino satellite plio-pleistocenico (coincidenti rispettivamente con le *Formazioni della Laga, Cellino e Mutignano*).

I sistemi calanchivi appaiono oggi scolpiti sui versanti di ampi settori dell'intera fascia periadriatica, sebbene i tratti morfologici più spettacolari si osservino nel bacino del T. Piomba, nei pressi dell'abitato di Atri, che coincide con la porzione centrale dell'area e con il blocco a maggior tasso di sollevamento. La maggior parte delle forme calanchive risulta impostata su versanti di faglia, con pendenze medie dei versanti di 20°, ed appare condizionata dai lembi relitti dei conglomerati di tetto, dall'assetto strutturale (a reggipoggio) e dall'esposizione (in genere verso i quadranti meridionali). L'analisi delle morfologie calanchive consente di riconoscere tre morfotipi fondamentali a cui è stata data la denominazione *tipo A, B* (RODOLFI & FRASCATI, 1979) e *C*.

La caratterizzazione tecnica e mineralogica dei terreni su cui sono impostati i suddetti morfotipi ha messo in luce l'importante ruolo svolto dalla composizione mineralogica della frazione argillosa, ben rappresentato dai caratteri geotecnici, nello sviluppo dei diversi tipi di calanchi. *Calanchi di tipo A*: sono i più diffusi, si presentano disposti in una serie di vallecole a spina di pesce, fortemente incise con una tipica forma a "V", e si sviluppano principalmente verso la costa nelle aree in cui affiorano i termini riferiti alla *Formazione Mutignano*. *Calanchi di tipo B*: subordinati ai precedenti, sono contraddistinti da vallecole più ampie a fondo concavo e da displuvi con profilo non eccessivamente affilato che evolvono a causa di movimenti di massa, e sono diffusi principalmente nei depositi delle *Formazioni Laga e Cellino*. *Calanchi di tipo C*: arealmente più limitati, presentano pareti subverticali, creste affilate e si sviluppano nella parte bassa delle valli secondo direzioni parallele all'asta principale.

Nei terreni interessati da calanchi di *tipo A* si riscontrano valori di plasticità mediamente inferiori rispetto a quelli su cui si impostano calanchi di *tipo B*, caratterizzati da un maggior contenuto della frazione argillosa. Inoltre, nei terreni dei calanchi di *tipo C* si assiste ad un significativo incremento della frazione sabbiosa e ad una contemporanea diminuzione dell'indice di plasticità.

I risultati delle indagini svolte mostrano pertanto che nella fascia periadriatica settentrionale abruzzese, oltre a sussistere tutte le condizioni litologiche, strutturali e climatiche necessarie alla formazione ed alla preservazione di impalcature calanchive, la tipologia e la concentrazione delle stesse dipendono in maniera sostanziale dall'ambiente deposizionale, dai caratteri litotecnici e dallo stato morfoevolutivo dei diversi blocchi.

ABSTRACT

The coastal area in Northern Abruzzo Region significantly underwent Plio-Quaternary tectonics that influenced both marine sedimentation of the Plio-Pleistocene basin and the morphostructural setting of the whole area.

The regional uplift, already acting since Middle Pliocene and particularly strong in Lower Pleistocene, determined a variation in the sedimentation environments and the origin and/or reactivation of fault systems with different orientations. As a result, many blocks were determined having different uplift rates. Then, sheet and gully erosion dramatically acted since Middle Pleistocene when the regional uplift and the erosion of the top coarse grained deposits (sands and gravels) led to the outcropping of the underlying clays. The erosion processes were especially concentrated in the blocks rising with a faster pace. At present, badland morphology appear to be imposed along many valley slopes, though the most spectacular characters can be observed in the zones surrounding Atri, in the Piomba river watershed, which underwent the highest uplift in the area.

Most of the badland morphology is along fault slopes and seems to be conditioned by the relicts of the top conglomerates, the attitude of beds and aspects of slopes. The morphological analysis of badland forms allows to distinguish three fundamental morphotypes, respectively labeled as *A*, *B* and *C type*. The discriminant factor is essentially represented by the geotechnical and mineralogical features of the clay fraction.

The *A type* badland is the most widespread, is characterised by typical V shaped valleys, sharp edges and is found in areas close to the Adriatic coast where deposits of the *Mutignano formation* outcrop.

The *B type* badland is areally less represented and is characterised by smoother morphology; it is diffused in deposits ascribed to the *Laga* and *Cellino formations*.

The *C type* badland is represented by vertical scree in the lower sections of valley slopes and shows very sharp edges.

As regards geotechnical features, *A type* badland deposits shows plasticity index lower than *B type* deposits, where a greater clay fraction is observed; *C type* deposits have a significant sandy fraction which yields lower plasticity indexes.

Thereafter, the investigations pointed out that in this area of Northern Abruzzo, together with lithological, structural and climatic conditions, also geotechnical and morphotectonic factors can be regarded as fundamental in determining the development of badland morphology.

PAROLE CHIAVE: *Calanchi, Quaternario, Tettonica, Abruzzo.*

KEY WORDS: *Badlands, Quaternary, Tectonics, Abruzzo.*

INTRODUZIONE

La genesi dei calanchi ha destato da sempre l'interesse di molti studiosi che hanno affrontato le ricerche secondo diversi approcci. Tuttavia, permangono ancora oggi alcune incertezze sulla loro origine ed evoluzione.

Studi tendenti all'individuazione e all'analisi di elementi morfologici, indicativi di attività tettonica recente, sono stati condotti da GUERRICCHIO & MELIDORO, 1979a, b; 1982; DRAMIS *et alii*, 1982; FARABOLLINI *et alii*, 1992 ed hanno messo in evidenza il rapporto tra la diffusione di questi fenomeni e l'attività neotettonica.

Con la presente nota si intende fornire un contributo allo studio non solo delle morfologie calanchive ed alla caratterizzazione fisica e mineralogica dei terreni interessati, ma anche a quello della dinamica morfogenetica della fascia periadriatica abruzzese e dei fattori che l'hanno regolata.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il settore dell'Abruzzo settentrionale oggetto di studio (Fig. 1), compreso nei bacini del Fiume Vomano e Fino-Saline, coincide con una porzione del *bacino della Laga*, che rappresenta l'avanfossa più interna e più antica del dominio marchigiano-abruzzese esterno (più in particolare con il sottobacino orientale in cui affiora il membro postevaporitico della *Formazione della Laga*), con il *bacino del Cellino*, l'avanfossa pliocenica centro-adriatica delineatasi in un bacino ancora più esterno (CENTAMORE *et alii*, 1992), ed inoltre con il bacino satellite plio-pleistocenico (*Formazione Mutignano*).

L'area più esterna è caratterizzata dalla presenza di due dorsali longitudinali (la prima ubicata lungo l'allineamento Bellante-Cellino Attanasio e la seconda su quello di Campomare-Montesilvano), localizzate al fronte di due principali sovrascorrimenti in continua evoluzione (CASNEDI, 1986; CENTAMORE *et alii*, 1992).

I sedimenti in affioramento sono prevalentemente pelitici. Le torbiditi messiniane del membro postevaporitico della *Formazione della Laga* sono costituite da un'associazione pelitico-arenacea in cui si intercalano, a varie altezze stratigrafiche, orizzonti arenaceo-pelitici, mentre in un'ampia sinclinale sulla sponda sinistra del F. Vomano affiorano le *Marne del Vomano* del Pliocene basale (CENTAMORE *et alii*, 1990). I depositi torbiditici pliocenici del *bacino del Cellino* costituiscono la *Formazione Cellino*, formata da peliti in cui si distinguono tre corpi arenacei: un membro arenaceo basale, un membro arenaceo intermedio (corpo di Appignano) ed un membro arenaceo superiore (corpo di Montefino). La successione marina plio-quadernaria è costituita prevalentemente da depositi argillosi in cui si intercalano orizzonti sabbiosi e conglomeratici che hanno portato al riconoscimento di diverse sequenze sedimentarie, caratterizzate ai margini delle depressioni da discordanze angolari più o meno marcate e da lacune sedimentarie (BIGI *et alii*, 1995; 1996). Nei pressi della costa adriatica le peliti plio-pleistoceniche sono ricoperte in discordanza da corpi tabulari formati da sabbie e ghiaie che costituiscono i depositi di chiusura della *Formazione Mutignano*.

L'assetto strutturale è il risultato di più eventi deformativi che si sono succeduti a partire dal Pliocene inferiore e che hanno portato dapprima alla costruzione dell'edificio a *thrust* e poi al sollevamento ed al basculamento verso Est (PALTRINIERI *et alii*, 1982; CALAMITA & DEIANA, 1986; CALAMITA *et alii*, 1990; GHISSETTI & VEZZANI, 1990; BIGI *et alii*, 1992).

In particolare si notano gli effetti di eventi tettonici compressivi, rappresentati da sistemi a pieghe e sovrascorrimenti, di età Pliocene inferiore, a cui seguono, dal Pliocene medio-superiore in poi, eventi distensivi che, in concomitanza al generale sollevamento dell'area, disarticolano le strutture precedenti (CALAMITA *et alii*, 1990).

Nell'area si individuano pertanto due unità tettoniche sovrapposte: l'*Unità della Laga - Montagnone*, e l'*Unità del Cellino*. L'assetto tettonico dell'*Unità della Laga*, abbastanza complesso, è caratterizzato da un sistema a *thrust* al cui fronte sono localizzate una serie di pieghe anticlinaliche con il fianco raddrizzato e rovesciato.

L'*Unità della Laga* sovrascorre verso Est sulla *Formazione Cellino*, con un piano di accavallamento a

SCHEMA GEOLOGICO DELL'AREA

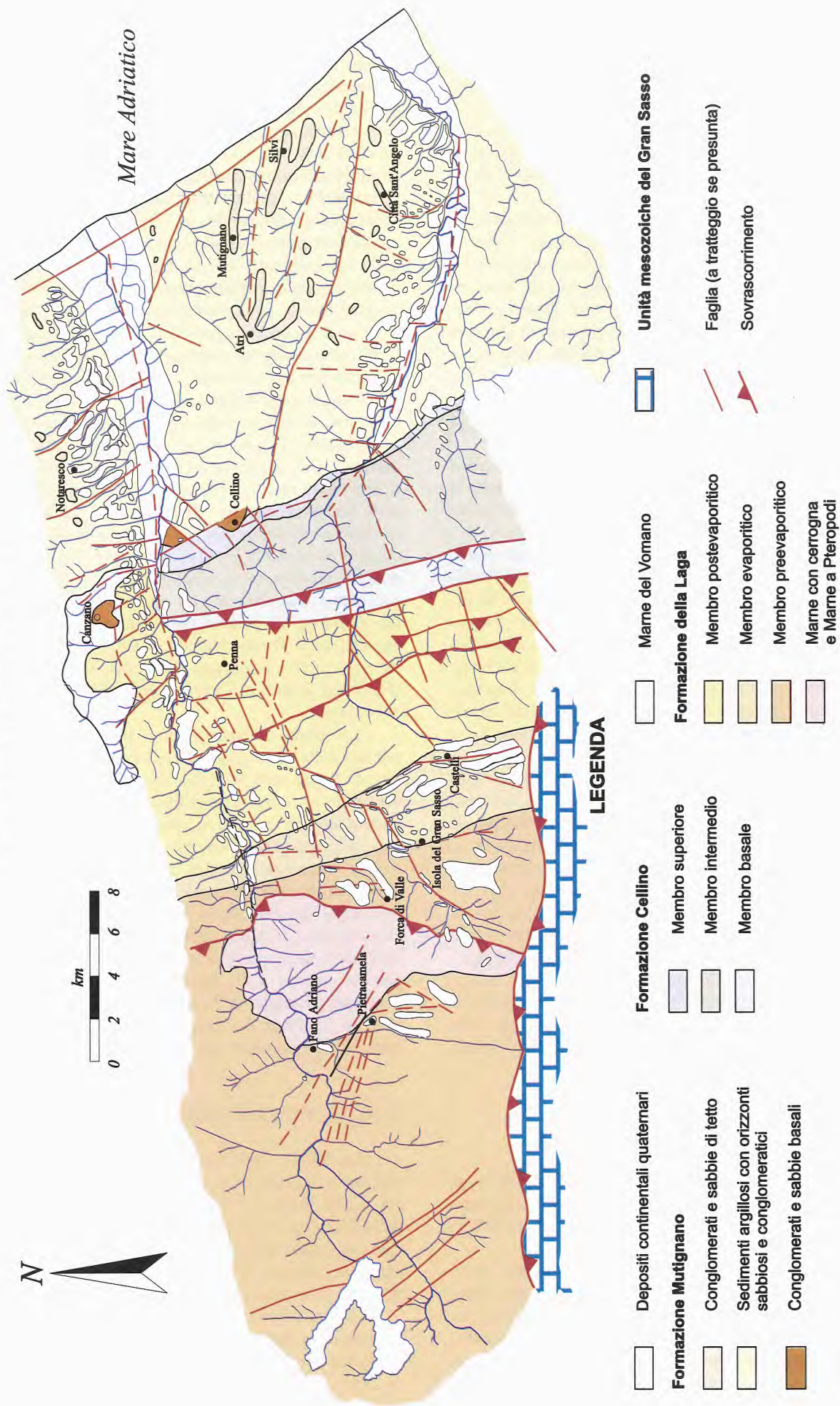


Fig. 1 - Schema geologico dell'area di studio

direzione N-S che si segue in continuità dal F. Pescara al F. Vomano, dove scompare sotto la coltre dei depositi terigeni del Pliocene medio-superiore.

Anche l'*Unità del Cellino* è strutturata secondo una serie di sovrascorrimenti, in gran parte sepolti sotto i depositi del bacino periadriatico e di cui fanno parte le strutture anticlinali Bellante-Cellino e Campomare-Montesilvano, prima citate, localizzate al fronte di altrettanti *thrust*.

Evidenze della ripresa delle fasi compressive nel Pliocene medio-superiore e nel Pleistocene inferiore sono rappresentate sia dalla ristrutturazione momentanea delle due strutture sepolte sopra citate, sia dal basculamento verso Est della dorsale costiera tra Pineto e Silvi, ed infine dal blando piegamento dei depositi di chiusura di Montesilvano localizzati sulla dorsale costiera di Campomare.

Alle fasi compressive fa seguito, dal Pliocene medio, un generale regime distensivo cui si accompagna un sollevamento regionale.

Spesso i sistemi distensivi sono paralleli ai *trend* delle principali strutture compressive e frequentemente si osserva la riattivazione in senso normale o transtensivo di più antiche dislocazioni a carattere compressivo.

Poiché i sovrascorrimenti sono quasi sempre sepolti, nella porzione orientale dell'area l'assetto in superficie si presenta nella maggior parte dei casi monoclinale, legato ad un progressivo basculamento verso Est del blocco periadriatico localizzato tra la catena appenninica in forte sollevamento ed il bacino adriatico in subsidenza.

Le principali faglie trasversali od oblique, impostate su sistemi già attivi in tempi precedenti, hanno suddiviso il bacino periadriatico in diversi settori a subsidenza differenziata.

Il risultato della tettonica polifasica che ha agito fino al Pleistocene superiore è la suddivisione dell'area in grandi blocchi a prevalente movimento verticale. Il tasso di sollevamento differenziale ha portato la porzione centrale dell'area di studio (blocco di Atri) in posizione più sollevata; ciò è confermato dalla base dei depositi regressivi della *Formazione Mutignano* che nei pressi dell'abitato di Atri si rinvengono a quota di circa 400 m (il tetto raggiunge quote di 445 m ad Atri e 469 m presso Colle della Giustizia), mentre a Nord del F. Vomano (Notaresco-Sant'Antonio) lo stesso limite si rinviene a quota di circa 220 m (il tetto arriva a 269 m) e nella Valle del F. Fino (Cole di Sale) è intorno a quota 350 m (il tetto è a 380 m) (Fig.2).

INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Procedendo da Ovest verso il litorale adriatico, si distinguono due settori con caratteristiche geomorfologiche diverse in relazione soprattutto al decremento dell'energia di rilievo.

Un settore pedemontano e alto collinare, dove affiorano in prevalenza le torbiditi silico-clastiche della *Formazione della Laga* e della *Formazione Cellino*. In queste aree il rilievo si presenta relativamente blando, con una morfologia tipo *cuesta* per gli effetti dell'erosione selettiva su alternanze pelitico-arenacee ed arenaceo-pelitiche. Non mancano tuttavia incisioni fluviali

strette e profonde e versanti più acclivi. Il modellamento è legato principalmente a processi di erosione areale e lineare, ed inoltre a diffusi fenomeni franosi. L'assetto strutturale dei depositi, contraddistinto da una blanda sinclinale e da una serie di pieghe, a luoghi molto strette e raddrizzate, esercita un marcato controllo sulle caratteristiche del rilievo. Le valli principali tagliano le strutture secondo un motivo conseguente e si presentano simmetriche e molto incise; le valli secondarie sono generalmente impostate su direttrici N-S o NE-SW, secondo un motivo susseguente. Queste ultime incidono nella maggior parte dei casi depositi più facilmente erodibili e risultano marcatamente asimmetriche. Nelle aree di affioramento della *Formazione della Laga*, dove prevalgono le facies arenacee ed arenaceo-pelitiche, i fenomeni franosi sono prevalentemente di tipo *scorrimento traslazionale* o *rotazionale*; laddove la componente pelitica è maggiore prevalgono le frane complesse e le colate. L'area di affioramento della *Formazione Cellino* è caratterizzata viceversa da una minore diffusione dei dissesti, che presentano inoltre dimensioni minori (CENTAMORE *et alii*, 1997). Tuttavia essi si concentrano nelle aree di affioramento della porzione medio-superiore della successione, in cui la componente pelitica è maggiore, e sono in prevalenza di tipo *complesso*, *colamenti* e *scorrimenti rotazionali*. Fenomeni di erosione accelerata sono presenti nell'estrema porzione occidentale dell'area, nei dintorni dell'abitato di Castelli, dove i depositi della *Formazione della Laga* sono prevalentemente pelitici, e in sinistra idrografica del F. Vomano ad Ovest dell'abitato di Canzano dove affiorano le *Marne del Vomano*.

Un settore collinare esterno, modellato sugli affioramenti della successione plio-pleistocenica e caratterizzato da larghe valli fluviali e da depositi alluvionali terrazzati disposti in diversi ordini e a quote decrescenti. La minore energia del rilievo attenua i processi dovuti alla gravità tra cui si osservano alcuni fenomeni di *colamento*. Nei versanti prospicienti la costa sono particolarmente evidenti morfologie connesse a *scorrimenti rotazionali multipli* che provocano il gradonamento progressivo verso la costa di interi settori della vecchia falesia inattiva. Data la natura prevalentemente pelitica dei depositi, i processi erosivi sono particolarmente intensi, con un accentuato sviluppo delle morfologie calanchive soprattutto tra gli abitati di Cellino Attanasio e Mutignano nei bacini del T. Piomba e del F. Fino.

I CALANCI. STATO DELLE CONOSCENZE

Lo studio delle morfologie calanchive è stato affrontato in passato da diversi studiosi (sin dall'inizio del secolo AZZI, 1913; BUCCIANTE, 1922) che hanno individuato una molteplicità di fattori connessi al fenomeno ed hanno affrontato il problema secondo metodologie ed indagini diverse: geologico-geomorfologiche, geotecniche e geografiche.

CASTIGLIONI (1933) afferma che l'esposizione non costituisce un fattore preponderante per lo sviluppo dei calanchi che sarebbero invece condizionati dalla giacitura degli strati, i quali lungo il versante adriatico dell'Appennino immergono verso NE. Le morfologie

SCHEMA MORFOTETTONICO

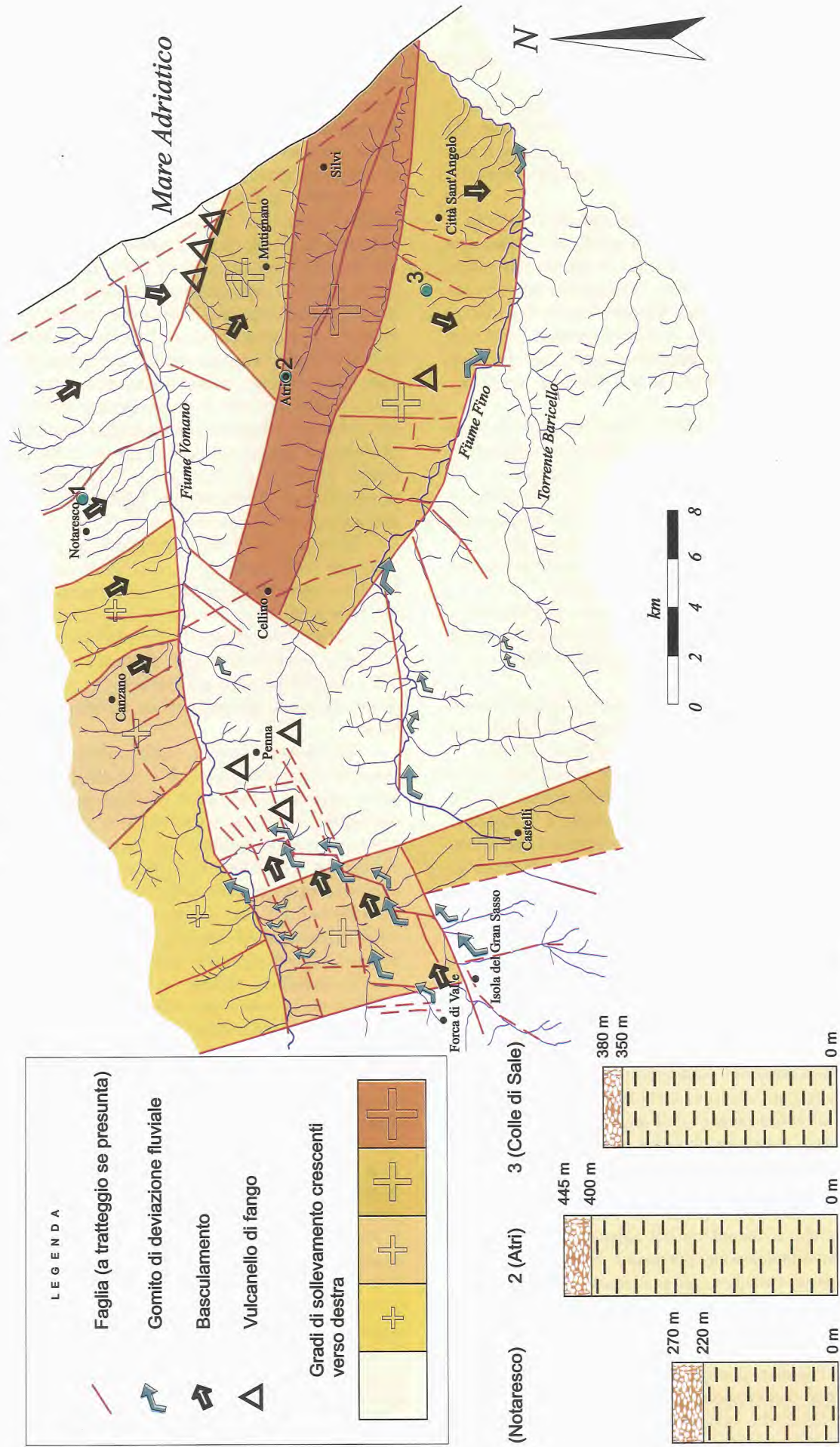


Fig. 2 - Schema tettonico a blocchi dell'area di studio e colonne stratigrafiche.

calanchive si imposterebbero pertanto sui versanti a reggipoggio, caratterizzati da acclività maggiori, più resistenti alla degradazione per movimenti di massa e sede di un'intensa erosione lineare.

Secondo PASSERINI (1937) l'esposizione verso i quadranti meridionali, caratterizzati da temperature più elevate, escursioni termiche significative e maggiore aridità, favorisce l'erosione idrometrica e quindi l'impostazione di forme a calanchi.

SCHUMM (1956 a, b) afferma che un rigagnolo o fosso rimarrà tale finché sarà in grado di drenare una determinata superficie; al di sotto di un preciso valore limite della predetta superficie si manifesta un ruscellamento diffuso, che dipende essenzialmente dal rilievo, dalla litologia e dal clima. L'autore ammette che i versanti calanchivi possano arretrare secondo piani paralleli e che l'ammontare dell'erosione è funzione della loro inclinazione.

COTECCHIA *et alii* (1963), COTECCHIA & VALENTINI (1966) e DEL PRETE *et alii* (1994) rilevano l'importanza della composizione granulometrica dei materiali coinvolti; infatti è necessaria sia la presenza di una notevole quantità di materiale fino, che favorisce la tendenza alla sospensione anche per basse capacità di trasporto dell'acqua, sia la presenza della frazione sabbioso-limosa che conferisce un'alta capacità di abrasione.

VEGGETTI (1967), con riferimento ai calanchi di Atri, afferma che determinante nella forma del calanco è la natura litologica dei terreni e quindi il contenuto in sabbia.

PANICUCCI (1972), sulla base di esperimenti di casse lisimetriche, conferma che l'esposizione è un fattore preponderante nella genesi delle morfologie calanchive.

VITTORINI (1964, 1977, 1979), CASTELVECCHI & VITTORINI (1967) analizzano le caratteristiche fisiche, meccaniche e mineralogiche delle argille e constatano che a forme diverse corrispondono caratteristiche diverse. Inoltre egli afferma che l'acclività non è da considerare una causa ma una conseguenza della genesi dei calanchi.

LULLI & RONCHETTI (1973) sostengono che l'esposizione gioca un ruolo fondamentale nella produzione di profonde fratture di disseccamento. LULLI (1974) sostiene che per la formazione dei calanchi sia indispensabile un vincolo strutturale.

GUERRICCHIO & VALENTINI (1975) e GUASPARRI (1978) affermano che l'esistenza di un orizzonte più resistente alla sommità di un versante argilloso costituisce un ostacolo all'abbassamento dell'angolo di pendio, determinando una maggiore acclività e di conseguenza una più elevata predisposizione all'erosione lineare.

GUERRICCHIO & MELIDORO (1979 a; 1979 b; 1982), CHIECO & MELIDORO (1985) e GUERRICCHIO (1988) osservano che il fenomeno dei calanchi è strettamente legato alla tettonica e che pertanto i versanti acclivi e di neoformazione sarebbero più predisposti alla formazione dei calanchi. Conseguentemente né l'esposizione dei versanti né la mancanza di vegetazione sarebbero cause determinanti. A quest'ultimo proposito, gli autori affermano che l'assenza di copertura vegetale rappresenterebbe un effetto dell'erosione calanchiva, mentre lo sviluppo asimmetrico dei calanchi non sarebbe dovuto all'esposizione dei versanti ma all'assetto strutturale.

SHEPARD (1954), SFALANGA *et alii* (1972), SFALANGA & RIZZO (1972), SFALANGA & VANNUCCI (1975), VITTORINI (1977), PINNA & VITTORINI (1989), DEL PRETE & VALENTINI, (1971) ritengono che un abbondante scheletro siltoso-sabbioso favorisca la formazione dei calanchi, rendendo le argille più stabili su pendii più ripidi, rispetto alle argille dotate di una elevata frazione di minerali espandibili.

RODOLFI & FRASCATI (1979), MAZZANTI & RODOLFI (1989) definiscono i calanchi come forme residuali di erosione, in quanto si sarebbero originati e sviluppati in condizioni climatiche diverse dalle attuali e cioè in un clima più arido. Inizialmente i calanchi si sarebbero sviluppati su tutti i versanti indipendentemente dalla esposizione e solo successivamente, in relazione ad un cambiamento climatico in senso umido, avrebbero assunto l'attuale distribuzione. Infatti, il contrasto climatico stagionale avrebbe favorito la conservazione delle forme nei soli calanchi sviluppatasi nei quadranti meridionali e l'obliterazione completa di quelli esposti a Nord. In particolare, RODOLFI & FRASCATI (1979) riconoscono due principali tipi di morfologie calanchive cui danno la denominazione di *tipo A* e *tipo B*.

SDAO *et alii* (1984) affermano che i calanchi e le biancane sono strettamente controllati dalle condizioni fisiche e mineralogiche delle argille interessate: ad una più elevata plasticità e ad una più alta percentuale argillosa, corrisponderebbero forme modellate su pendenze più dolci, quali le biancane; pendenze del rilievo maggiori sarebbero tipiche dei calanchi che presentano invece una moderata plasticità ed un più alto contenuto sabbioso.

FARABOLLINI *et alii* (1992) mettono in evidenza come le caratteristiche meso e microstrutturali del substrato roccioso siano fattori condizionanti la morfologia calanchiva. Infatti vi è una effettiva corrispondenza tra creste e sistemi di fratturazione: le creste principali coincidono con la direzione del sistema di fratturazione parallelo al versante, mentre quelle secondarie sono orientate secondo tutti gli altri sistemi di fratture. Inoltre, la presenza di carbonato di calcio incide sulle forme: una minore percentuale favorirebbe la genesi di forme più dolci.

In definitiva, anche se i pareri sui fattori che influenzano la genesi dei calanchi risultano discordi, si può comunque affermare che è la concomitanza di più fattori ad innescare il fenomeno; infatti DRAMIS *et alii* (1982) osservano che nell'insieme dei fattori che generano i calanchi ciascuno assume nello spazio e nel tempo importanza prevalente rispetto agli altri.

Questi fattori possono così riassumersi:

1. la presenza di un substrato argilloso che presenti una discreta componente sabbiosa e caratteristiche mineralogiche e geotecniche definite;
2. l'acclività del pendio, che favorisce il rapido deflusso e conseguente impostazione del reticolo di drenaggio;
3. la giacitura degli strati (a reggipoggio);
4. l'esposizione dei versanti verso i quadranti meridionali più soleggiati;
5. la presenza di discontinuità in genere, fratture o faglie, che preludono alla formazione di scarpate;
6. il regime climatico, caratterizzato da una lunga estate secca e da piogge intense concentrate in determinati periodi dell'anno;

7. l'esistenza di livelli meno erodibili alla sommità del versante.

Stabilire quale sia il fattore di maggiore peso è molto difficile; molto spesso le cause che generano il fenomeno sono concatenate le une alle altre ed in ciascun caso singolo un fattore può prevalere sui restanti.

I CALANCI DEL SETTORE SETTENTRIONALE DELL'ABRUZZO

Nel settore compreso tra i fiumi Vomano e Fino-Saline, dove affiorano prevalentemente le formazioni plio-pleistoceniche e subordinatamente quelle messiniane e del Pliocene inferiore (Tab.1), i calanchi costituiscono la forma più evidente e spettacolare (Fig. 3).

Tab. 1 - Distribuzione delle aree a calanchi in relazione alle aree di affioramento delle formazioni indagate.

Formazione	Area in affior. Km ²	Area a calanchi Km ²	A calanchi/A totale %	Aree a calanchi %
Laga postevap.	175.8	9.5	5.4	26.7
Cellino	126.0	1.5	1.2	1.7
Mutignano	363.6	27.8	7.7	71.6

I sistemi calanchivi sono scolpiti nelle argille marino-siltose ed i più spettacolari si osservano nei pressi dell'abitato di Atri, nel Fosso dell'Odio, presso Colle Giustizia e con continuità sulla sinistra idrografica del T. Piomba, laddove affiora la successione del Pliocene superiore disposta secondo una monoclinale debolmente inclinata (15°) verso NE; nella *Formazione della Laga* ottime esposizioni si osservano presso l'abitato di Castelli.

La maggior parte delle forme appare sottesa dai depositi conglomeratico-sabbiosi di tetto della successione marina plio-pleistocenica, o da depositi quaternari continentali (Conoide di Castelli). Alcune forme si rinvencono tuttavia al margine di superfici di erosione e non presentano orizzonti più resistenti al tetto.

La presenza di tali orizzonti più resistenti al tetto ha molteplici funzioni: determina, da una parte, una protezione in sommità nei confronti degli agenti atmosferici, ma favorisce, dall'altra, l'incremento della pendenza del versante e particolari condizioni idrogeologiche e topografiche, legate alle differenze di permeabilità e di erodibilità dei litotipi sovrapposti.

Il profilo del pendio assume in genere una forma parabolica (GUERRICCHIO & VALENTINI, 1975; VALENTINI, 1979), con tratti ad elevata pendenza, in corrispondenza delle cornici litoidi, e segmenti a minore inclinazione fino alla base del calanco.

In alcuni casi le argille formanti i calanchi sono ricoperte dal manto eluvio-colluviale avente pochi metri di spessore e costituito da limi sabbiosi e sabbie limose, che conferiscono maggiore capacità di resistenza nei confronti delle acque dilavanti.

Il regime di precipitazioni registrato nell'area

UBICAZIONE DELLE AREE A CALANCI E TIPOLOGIA DI APPARTENENZA

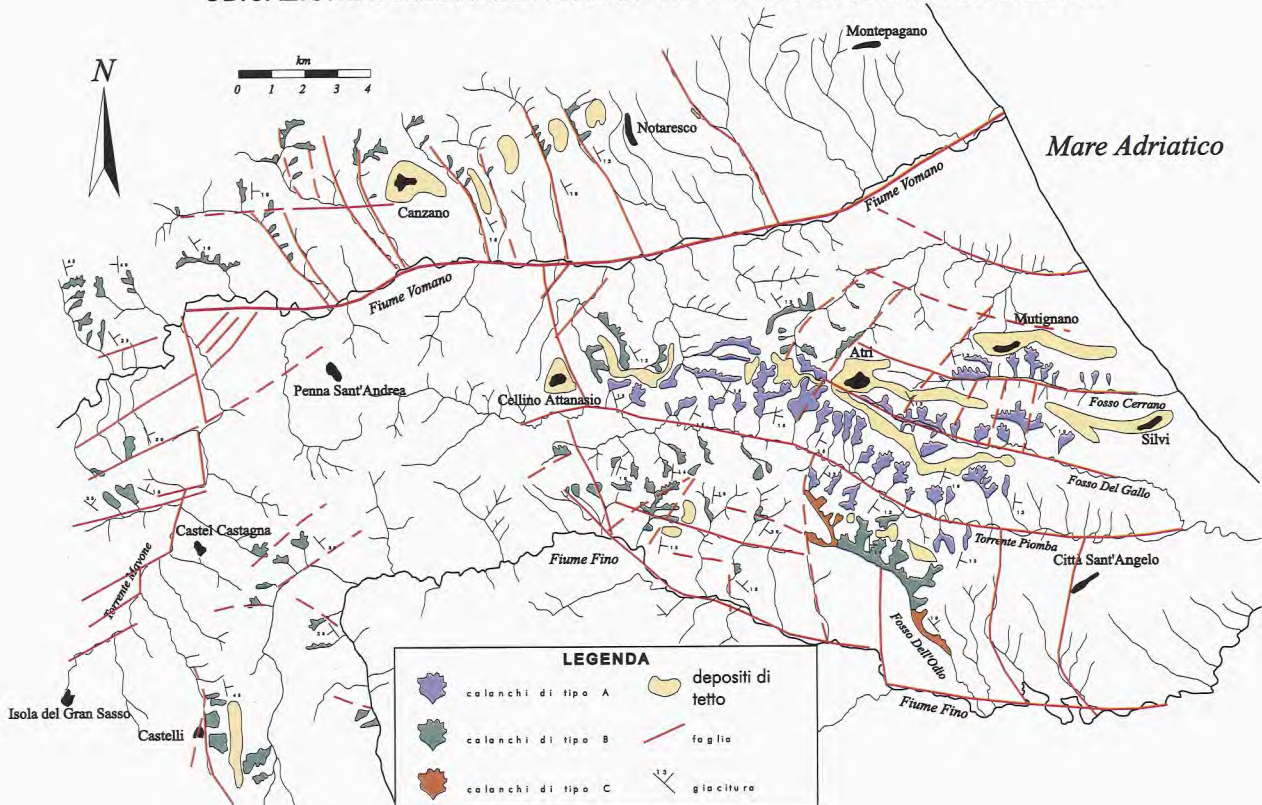


Fig. 3 - Distribuzione delle aree a calanchi e tipologia di appartenenza.

costiera è caratterizzato da una piovosità di 800 mm annui, con una intensità media di 10 mm per giorno piovoso, con precipitazioni concentrate nel semestre autunnale-invernale; il mese più piovoso si riscontra generalmente in autunno e risulta essere Novembre. La stagione secca estiva mostra valori di precipitazione media di 33 mm. La temperatura media del trimestre più freddo è di circa 7°C e quella del trimestre estivo e di circa 24°C.

Queste condizioni pluviometriche, caratterizzate da periodi di siccità, favoriscono l'aridità del suolo e la conseguente fessurazione, con produzione di fessure beanti che si spingono fino al metro di profondità e sono particolarmente accentuate sui quadranti meridionali.

L'erosione superficiale da parte delle acque di ruscellamento è molto intensa e rappresenta l'agente morfogenetico principale, anche se quello gravitativo concorre in misura non trascurabile ad abbassare le creste e ad arretrare le testate (ALEXANDER, 1980; DRAMIS *et alii*, 1982; BIRKELAND, 1984; THOMAS, 1989; LHENAFF *et alii*, 1993; TORRI & MONACI, 1991). L'infiltrazione determina una circolazione ipodermica che tende a saturare gli orizzonti superficiali, fino alla profondità massima raggiunta dalle fratture. Inoltre si nota una notevole connessione tra tettonica e sviluppo di morfologie calanchive; lungo le principali faglie, su cui si impostano i fossi principali, è prevalente l'erosione sui terreni argillosi.

La vegetazione nelle aree costiere si presenta scarsa o del tutto assente e costituisce pertanto una causa predisponente ma è anche effetto dell'erosione accelerata. Tali condizioni sono legate sia a cause naturali che all'intervento antropico (disboscamenti effettuati nel secolo scorso) che contribuiscono al perdurare del dissesto (NEBOIT, 1971, 1977; DRAMIS *et alii*, 1982; BOENZI *et alii*, 1984; COLTORTI *et alii*, 1992). In ogni caso la mancanza del manto vegetale facilita il rapido smantellamento del versante, con tassi di erosione medi, a seguito di eventi meteorici intensi, di decine di millimetri l'anno (RENDELL, 1982).

La distribuzione dei sistemi calanchivi risulta prevalere sui versanti esposti a meridione (Figg. 3 e 4). Questa distribuzione disomogenea ricalca l'asimmetria morfologica rilevabile nei profili trasversali delle valli. I versanti risultano asimmetrici, con maggiore sviluppo di quelli esposti verso E-NE che risultano pertanto più estesi ed a minore pendenza. Tale asimmetria è correlabile a motivi strutturali e da porre in relazione ai sollevamenti differenziali dei singoli blocchi (Fig. 2).

I sistemi calanchivi in conseguenza di ciò risultano notevolmente più sviluppati sui versanti a reggipoggio o a traversobanco, mentre sui versanti opposti si osservano potenti spessori di materiali eluvio-colluviali (esempi di questo fenomeno sono visibili nel Fosso dell'Odio e nel torrente Piomba). Nei fossi in cui l'asimmetria è meno evidente le forme calanchive risultano comunque prevalentemente concentrate sulla sinistra idrografica esposta a meridione.

I corsi d'acqua su cui s'impostano i calanchi risultano orientati prevalentemente secondo direttrici NW-SE. Sui versanti esposti a N è possibile tuttavia riconoscere alcune forme attive o parzialmente attive, o calanchi parzialmente o totalmente inerbiti che potrebbero

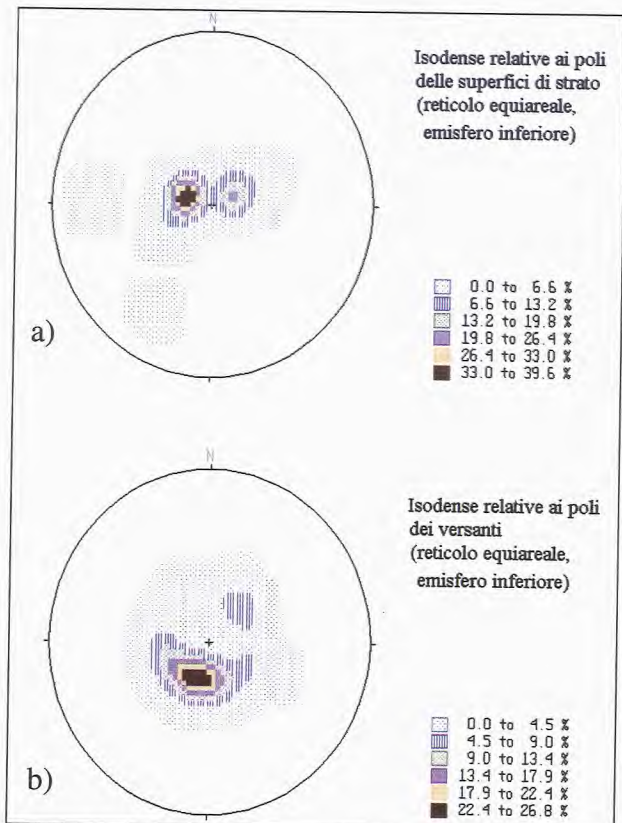


Fig. 4 - a) Isodense relative alla giacitura degli strati: i calanchi prevalgono su versanti con immersioni verso Est.
b) Isodense relative alla esposizione dei versanti: i calanchi prevalgono nei versanti esposti a S e SE.

considerarsi come forme residuali, testimoni di condizioni morfologiche e climatiche passate.

Le forme calanchive sono state distinte inoltre in gruppi, in relazione al bacino idrografico di appartenenza (Tab. 2): Torrente Piomba; Fosso dell'Odio, Fosso del Gallo; Fosso Cerrano; Fiume Fino (distinto a sua volta nell'alta Valle del F. Fino e bassa Valle del F. Fino); Fosso di Casoli, Fiume Vomano (distinto in destra idrografica e in sinistra idrografica); Torrente Mavone.

In ciascun gruppo sono state effettuate misure di orientazione ed inclinazione dei versanti e misure di giacitura ed inclinazione degli strati (Fig. 4 e Tab. 3).

Sono stati considerati esposti a nord e a sud i versanti che presentano i poli compresi rispettivamente nel

Tab. 2 - Estensione delle aree a calanchi nei diversi bacini idrografici.

Gruppo di appartenenza	Sud (km ²)	Nord (km ²)	Est (km ²)	Ovest (km ²)
T. Piomba	5.45	2.13	0	0.45
F. dell'Odio	2.82	0	0	0.4
F. Fino (bassa Valle)	1.92	0	0.0	0.1
F. Fino (alta Valle)	0.65	0.0	0.82	0
F. del Gallo	2.82	0.45	0	0
F. Cerrano	2.45	0	0	0
F. di Casoli	0.75	0.35	0.04	0
F. Vomano (destra idr.)	1.05	0.45	0	1.4
F. Vomano (sinistra idr.)	4.15	1.30	0.05	6.9
T. Mavone	0.42	0	0.1	0.7

Tab. 3 - Estensione delle aree a calanchi in relazione alla differente esposizione.

Esposizione del versante	Sud	Nord	Est	Ovest
Area a calanchi (Km ²)	23.9	4.7	1.0	9.3
Area a calanchi (%)	62.2	11.6	2.6	23.6

settore circolare da WNW-ENE e da WSW-ESE; mentre i versanti esposti ad Est ed Ovest presentano i poli rispettivamente compresi ENE-ESE e tra WNW-WSW.

Dai dati raccolti, su 140 vallecicole a calanchi, emerge che 82 vallecicole mostrano esposizione verso Sud, 23 verso Nord, 27 ad Ovest e solo 8 sono esposte ad Est.

In particolare le forme esposte ad Ovest sono concentrate in sinistra idrografica del Fiume Vomano ed in genere si sviluppano su versanti dislocati da faglie orientate in direzione N-S, attive nel Quaternario (Fig. 2).

Delle 140 vallecicole presenti nell'area di studio 120 si trovano nelle vicinanze di faglie attive durante il Quaternario e solo 20 non sembrano influenzate da dislocazioni tettoniche evidenti (Fig. 2).

Inoltre, le faglie sono generalmente parallele alla direzione del versante, ad eccezione di una decina di casi in cui le dislocazioni tettoniche, evidenziate dal rilevamento di campagna, risultano perpendicolari od oblique rispetto alla direzione dello stesso.

Le giaciture degli strati hanno generalmente immersione ad E, NE o SE ed inclinazione variabile da 6° a 18° (Fig. 4); solo nella porzione occidentale dell'area dove affiora il membro postevaporitico della *Formazione della Laga*, si rinvengono localmente inclinazioni degli strati elevate (fino a 65°; Fig. 3) e rare immersioni verso W. Ciò spiegherebbe la scarsissima presenza di forme esposte verso il quadrante orientale.

I versanti su cui si impostano i calanchi mostrano una pendenza media (su 72 misure eseguite) di 17,6° (scarto quadratico medio di 5°), con una maggiore frequenza di pendenze pari a 18°-20°. Le misure più basse

delle inclinazioni misurate raggiungono valori di 8° circa e solo in pochi casi i versanti a calanchi hanno mostrato pendenze di 30° circa (Figg. 3 e 4).

Nell'area di studio sono state osservate morfologie calanchive con caratteristiche diverse che si possono ricondurre a tre tipi principali, definiti rispettivamente A, B e C. Alle tipologie A e B, riconosciute da RODOLFI & FRASCATI (1979), vengono affiancate le tipologie C.

A) La maggior parte dei calanchi si presentano separati da sottilissime creste (creste a *lama di coltello*) e disposti in una serie di vallecicole a spina di pesce, fortemente incise con una tipica forma a "V" (Fig. 5). Le creste sono affilate con pendenze che superano i 40° e con orientamenti preferenziali a direzione N-S, N20°E, N70°E. Queste morfologie vengono definite *calanchi di tipo A* (RODOLFI & FRASCATI, 1979; ANSELMi *et alii*, 1994).

Il calanco di *tipo A* si forma sui versanti in cui è abbondante la componente limosa ed in cui sono presenti, nella parte mediana del pendio, alcuni orizzonti più resistenti, per aumentata componente sabbiosa, e morfologicamente più evidenti. Gli orizzonti con maggiore percentuale sabbiosa interrompono la continuità morfologica del calanco, dando origine a tratti con pareti subverticali ben visibili nella Valle del T. Piomba e nella Valle del F. Fino.

Il modellamento dei *calanchi di tipo A* è legato all'azione erosiva delle acque di ruscellamento concentrato, che produce forme molto marcate con un'alta densità di drenaggio. Il contorno dell'unità idrografica è con displuvi disposti a ferro di cavallo, ma con segmenti rettilinei.

La testata di queste forme si presenta generalmente piana e non concava, ed il profilo trasversale ha una caratteristica forma a "V", che testimonia la continua incisione da parte delle acque superficiali.

B) Subordinatamente si riscontrano i *calanchi di tipo B* (RODOLFI & FRASCATI, 1979; ANSELMi *et alii*, 1994), contraddistinti da vallecicole più ampie a fondo



Fig. 5 - Calanchi *tipo A*, al di sotto dell'abitato di Atri, valle del T. Piomba

concavo e da dispiuvi con profilo non eccessivamente affilato.

Il calanco di tipo B si forma sui litotipi più massivi, in cui predomina la componente argillosa (Fig. 6).

I movimenti di massa, di tipo *colamento* o *scivolamento* sia *traslazionale* che *rotazionale*, contribuiscono notevolmente ad incrementare i processi erosivi.

STUDIO DELLE CARATTERISTICHE FISICHE DEI TERRENI INTERESSATI DA MORFOLOGIE CALANCHIVE

Sui terreni interessati dalle morfologie calanchive è stata effettuata un'analisi delle caratteristiche fisiche dei materiali (Fig. 9). I campioni pertanto sono stati preleva-



Fig. 6 - Calanchi tipo B, Fosso dell'Odio, valle del F. Fino.

Infatti in questo tipo di calanchi, dopo eventi piovosi molto intensi, gli strati di alterazione scivolano lungo superfici preesistenti, mediante movimenti traslazionali, provocando in alcuni casi il denudamento completo del versante (DRAMIS *et alii*, 1982; BISCI *et alii*, 1992).

L'evoluzione del pendio in questo caso avviene secondo arretramento parallelo del versante a causa di movimenti di massa che si verificano in concomitanza dei più importanti eventi piovosi (LULLI & RONCHETTI, 1973; LULLI, 1974).

Queste morfologie sono state riscontrate nei calanchi presenti sul versante sinistro del Fosso Reila, nel Fosso di Casoli, in alcuni tratti del Fosso dell'Odio e prevalentemente sulla sinistra idrografica del F. Vomano. In queste località è presente anche una copertura vegetale meno rada.

C) Infine, forma molto frequente è quella con pareti sub-verticali e sottili creste affilate (*canyon* VEGGETTI, 1967). Questa si rinviene nella parte bassa delle valli e si sviluppa parallelamente all'alveo, e prende il nome di *calanchi di tipo C* (Figg. 7 e 8). La componente sabbiosa aumenta in questo tipo di calanchi, che sono ben visibili presso la parte iniziale del Fosso dell'Odio.

ti sia diffusamente nei calanchi dell'area di studio sia in serie per ciascun tipo di calanco con il medesimo passo di campionamento per le tre tipologie (A, B, e C).

I valori medi dei parametri principali per i diversi tipi di calanchi sono riportati (Tab. 4).

Per quanto riguarda la caratterizzazione fisica, i risultati mostrano una certa variazione dei parametri fisici in relazione alle differenti forme dei calanchi ed ai verificati assetti litostratigrafici.

I calanchi di *tipo A* presentano valori della frazione argillosa mediamente del 30.4%, valori dell'indice di plasticità (IP) con una media del 15.8%. Differenze riscontrabili in questo tipo di calanchi sono dovute alla presenza di orizzonti più francamente sabbiosi responsabili della formazione del profilo spezzato nel calanco. Nei calanchi di *tipo B* aumenta il contenuto argilloso con medie di 38.8% e di conseguenza la plasticità media con IP=19.2%. Al contrario, nei calanchi di *tipo C* il contenuto argilloso è minore del 30% (26.3%) e di conseguenza la plasticità presenta generalmente valori anche al di sotto del 10% (con medie del 13%) (Tab. 4).

E' sufficiente quindi un aumento del 10% del contenuto in argilla e la diminuzione del 3% della percentuale in sabbia per passare da un calanco di *tipo A* ad uno di *tipo B*, e la diminuzione del 6% dell'indice di plasticità e un aumento dell'8% del contenuto in sabbia (pari a



Fig. 7 - Calanchi *tipo C*, Fosso dell'Odio, Valle del F. Fino.

PROFILI SCHEMATICI DELLE MORFOLOGIE CALANCHIVE

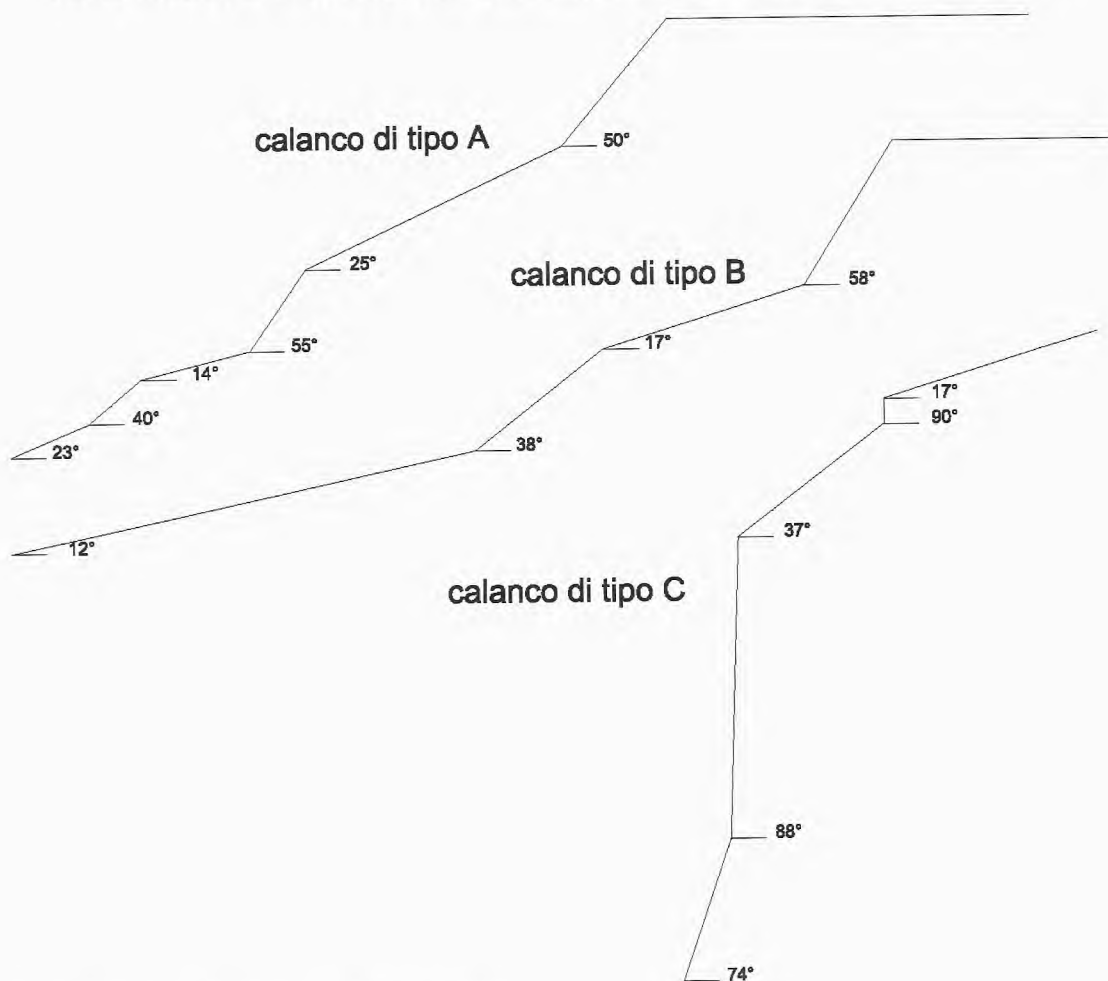
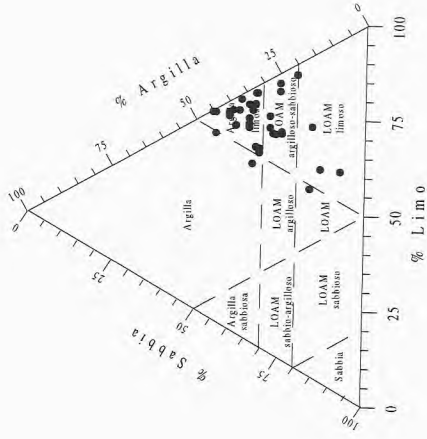
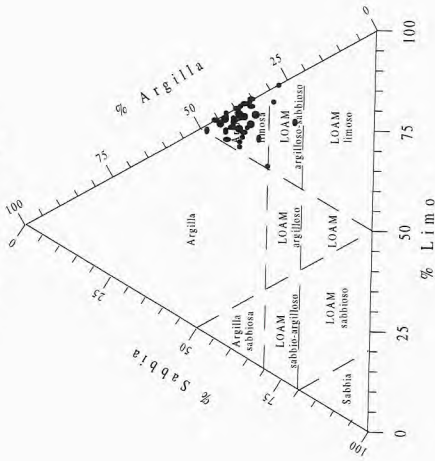


Fig. 8 - Tipologia del profilo nei calanchi di *tipo A, B e C*.

CALANCHI DI TIPO C



CALANCHI DI TIPO B



CALANCHI DI TIPO A

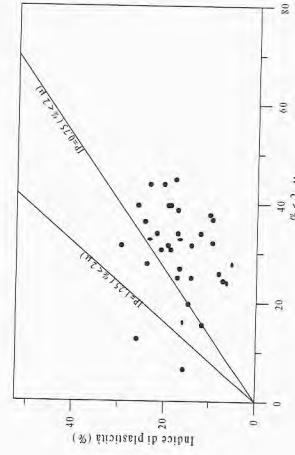
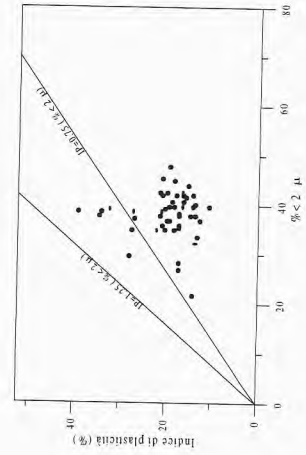
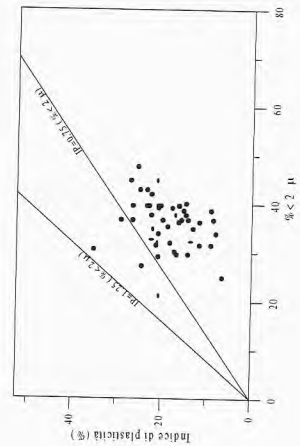
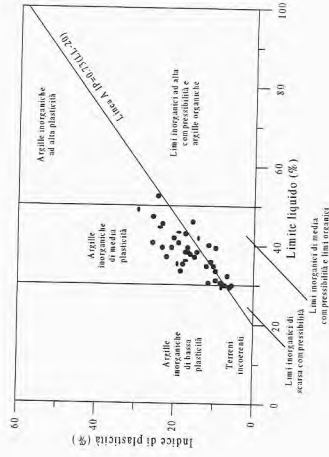
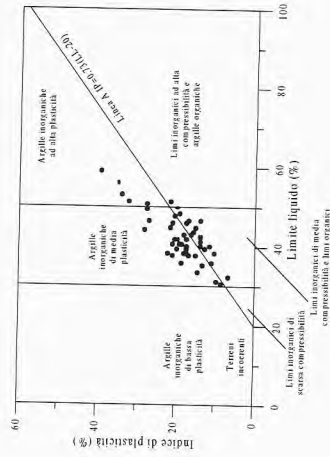
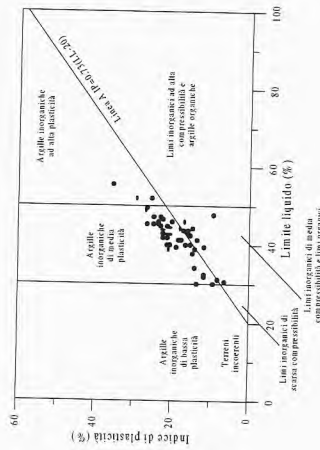
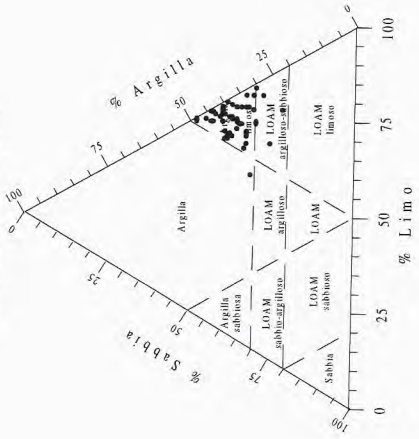


Fig. 9 - Triangoli granulometrici, Abaco di plasticità e diagramma di attività per le tre tipologie di calanchi.

Tab. 4 - Valori medi delle caratteristiche geotecniche dei calanchi di tipo A, B e C.

Calanchi di tipo	LL %	LP%	IP%	attività	γ_s	SABBIA %	LIMO %	< 2 μ
A	40.9	23.6	15.8	0.5	2.75	6.8	62.8	30.4
B	44.6	26.0	19.2	0.49	2.75	4.1	57.1	38.8
C	37.8	24.0	13.0	0.62	2.71	12.5	59.8	26.3

una diminuzione del 7% dell'indice di plasticità) per ottenere forme da tipo B a tipo C.

Dalle analisi mineralogiche e chimiche risulta che il contenuto in minerali argillosi aumenta nei calanchi di tipo B ed è minore in quelli di tipo C, inversamente al contenuto in carbonati che è maggiore in questi ultimi (Tabb. 5 e 6). Dal punto di vista delle caratteristiche mineralogiche i litotipi su cui si impostano i calanchi (in accordo con ANSELMINI *et alii*, 1994) risultano nei calanchi di tipo A e C, dai dati ricavati dall'analisi a polveri disorientate (frazione "tal quale"; Tab.5), con un contenuto mineralogico in cui prevalgono i minerali inerti rispetto ai minerali argillosi, mentre nei calanchi di tipo B prevalgono i minerali argillosi. I calanchi di tipo B presentano un contenuto di minerali argillosi maggiore ed una minor percentuale di calcite, mentre i calanchi di tipo C presentano il minor contenuto in minerali argillosi.

Il risultato delle caratterizzazioni tecniche svolte si può riassumere dicendo che i materiali esaminati presentano tutte le caratteristiche adatte per lo sviluppo dei sistemi calanchivi e in generale principalmente per lo sviluppo di forme tipo A, subordinatamente di tipo B, che prevalgono invece nel membro postevaporitico della *Formazione della Laga*, e C, in relazione a piccole variazioni degli indici rappresentativi; la buona consistenza e i valori bassi del contenuto d'acqua conferiscono a tali materiali il mantenimento dell'impalcatura calanchiva.

EVOLUZIONE MORFOTETTONICA

L'evoluzione morfotettonica dell'area esaminata è influenzata dalle fasi tettoniche più recenti del sollevamento regionale, particolarmente intenso durante il

Tab. 5 - Stime semiquantitative dei minerali costituenti i vari tipi di calanchi.

Calanco tipo	C	Q	D	F	Mp	Ma
A	26.9	13.1	14.8	3.6	2.0	48.6
B	23.9	13.7	13.3	3.32	2.25	53.7
C	24.0	14,8	22,1	3,8	2,1	28.6

C= calcite
 Q= quarzo
 D= dolomite
 F= feldspati
 Mp= minerali pesanti
 Ma= minerali argillosi

Tab. 6 - Contenuto in carbonati nei vari tipi di calanchi.

Calanco	Carbonati
Tipo A	30.4 %
Tipo B	28.9 %
Tipo C	33.2 %

Si è rilevato inoltre che tra i minerali argillosi prevalgono l'illite e la smectite, che non hanno un elevato potere di rigonfiamento. L'illite e la smectite hanno mostrato valori medi del 76% nei calanchi tipo A, del 69% nei calanchi tipo B del 78% nei calanchi tipo C, mentre la somma di caolinite e clorite sono state rilevate con valori pari rispettivamente al 24%, 31% e 22%. I valori del contenuto in carbonati, misurati mediante analisi calcimetriche per i vari tipi di calanchi, sono riportati in tab. 6. Nei calanchi di tipo B si registrano i valori più bassi del contenuto in carbonati, mentre percentuali molto basse si riscontrano nei depositi messiniani e nella *Formazione Cellino*, ed infine valori più elevati si riscontrano nelle peliti della *Formazione Mutignano*.

I risultati della diffrattometria a polveri orientate mostrano per i calanchi di tipo A e C rispettivamente i valori di 23.7% e 24.3% di caolinite più clorite e 76.2% e 78.2% di illite più smectite, mentre i calanchi di tipo B presentano 31.3 % di caolinite più clorite e il 68.7% di illite più smectite.

Pleistocene inferiore ed esteso a tutta la regione, e delle variazioni climatiche ed eustatiche. Tali effetti sono evidenziati nel bacino periadriatico dalla presenza di discordanze angolari e lacune sedimentarie, dovute a più fasi erosionali e basculamenti, dalla deposizione di corpi grossolani alla base delle discontinuità, dalla strutturazione delle dorsali longitudinali e dal marcato basculamento verso ENE della successione di tetto (FARABOLLINI & NISIO, 1996; BIGI *et alii*, 1997; NISIO, 1997 a, b).

Dopo il Siciliano anche la porzione orientale dell'area risulta completamente emersa e si registra una nuova ed intensa fase erosiva a scala regionale, in relazione all'ulteriore basculamento verso Est della fascia periadriatica, che produce una vasta superficie di erosione che si estende dalla catena verso la costa.

Successivamente, a seguito del progressivo e rapido sollevamento regionale e delle variazioni climatiche, si assiste al prevalere dell'erosione lineare, con la formazione di alvei fluviali profondamente incisi e con valli a "V" molto strette ed incassate.

Contemporaneamente si risentono gli effetti delle fasi tettoniche distensive quaternarie che, oltre ad aver condizionato in maniera sostanziale sia gli ambienti sedimentari che la sedimentazione marina del bacino periadriatico plio-pleistocenico, controllano fortemente l'assetto morfostrutturale del settore esaminato e l'andamento dell'attuale reticolo idrografico, creando un mosaico di blocchi fagliati.

L'attività delle faglie quaternarie è evidenziata oltre che da chiari indizi geologici, dalla presenza di elementi morfologici, quali dislocazioni delle *superfici relitte*, più accentuate in quelle più antiche e meno in quelle degli ordini più recenti, faccette triangolari o trapezoidali, valli sospese, scarpate fresche e gradini, basculamenti di depositi terrazzati accompagnati dalla migrazione verso le aree più ribassate di antiche aste fluviali e dalla concentrazione anomala di fluidi gassosi lungo alcune direzioni principali in corrispondenza di faglie recenti.

L'attività tettonica si esplica con faglie dirette di neoformazione o con la riattivazione in senso normale di sistemi di dislocazione più antichi, anche con diversi caratteri cinematici. Sono comunque presenti, anche se in misura minore, fenomeni compressivi evidenziati dal blando piegamento dei depositi di tetto, in seguito all'ulteriore strutturazione della dorsale di Montesilvano-Campomare.

I sistemi di faglie distensive quaternarie riconosciuti nell'area sono i seguenti: N60°-80°E, N±20°, N30°-40°E, N40°-60°W (CENTAMORE *et alii*, 1996; BIGI *et alii*, 1997; NISIO, 1997 a, b). Essi non sono sempre contemporanei e spesso mostrano indizi di riattivazione in più momenti, anche se non sempre si riesce a definire con precisione i rapporti cronologici esistenti tra i vari sistemi; talora alcuni sistemi sembrano essere predominanti rispetto ad altri.

Il sistema N±20° è riconoscibile in tutta l'area studiata e per lo meno in due distinte fasi di attività, la prima al passaggio Pleistocene inferiore-Pleistocene medio e la seconda nel Pleistocene superiore.

A quest'ultima fase sono attribuite le faglie che dislocano i depositi marini plio-pleistocenici ed i terrazzi del I ordine, in sinistra idrografica del F. Vomano, e le dislocazioni che bordano il litorale adriatico, favorendo l'innesco di movimenti franosi.

Anche il sistema trasversale N60°-80°E è molto rappresentato in questo settore dell'Abruzzo, riattivatosi in senso normale su antiche *tear faults* legate alle fasi compressive.

Un esempio in tale senso è dato dal F. Vomano e dal F. Tavo, i cui corsi sono legati alla riattivazione in senso normale di antiche faglie trascorrenti.

All'attività di tale sistema è probabilmente legato sia il basculamento verso Sud dei terrazzi del I ordine, in sinistra idrografica del F. Vomano, sia il progressivo spostamento verso Sud dello stesso corso d'acqua, nonché il ribassamento a gradinata verso Nord del versante destro della bassa valle del F. Fino.

Il sistema N40°-60°W si riconosce nella parte più orientale dell'area tra il F. Piomba ed il F. Fino. Quattro faglie dirette, parallele tra loro, dislocano la fascia costiera, i depositi di tetto ed i terrazzi del III ordine; su esse si sono impostati i corsi d'acqua della bassa Valle del Fino, del Torrente Piomba, del Fosso del Gallo e del Fosso di

Casoli, lungo il quale si rinvergono allineamenti di vulcanelli di fango.

Il sistema N30°-40°E prevale nella valle del Fiume Fino e nella destra idrografica della bassa valle del F. Vomano. Le faglie dirette con questo andamento ribassano a gradinata verso il mare le dorsali ad andamento appenninico su cui poggiano i lembi dei depositi di tetto della successione plio-pleistocenica. Presso Città Sant'Angelo, Colle di Sale ed Atri, le faglie rispettivamente del Piano della Cona, del Fosso Basile e del Fosso di Casoli vengono interrotte dalle faglie NW-SE di Valle Fino, Valle Piomba e del Fosso Cerrano.

Per quanto riguarda la cronologia delle fasi tettoniche quaternarie, si può ipotizzare il seguente schema:

- *Pleistocene inferiore*: riattivazione su vecchie strutture compressive di faglie distensive già attivate per tutto il Pliocene, ad andamento N-S; probabile riattivazione delle faglie trasversali N80°E;

- *parte bassa del Pleistocene medio*: attivazione dei sistemi N30°W e N50°E;

- *parte medio-alta del Pleistocene medio*: riattivazione del sistema N-S;

- *parte alta del Pleistocene medio*: (successivamente al primo evento) attivazione del sistema N80°E;

- *Pleistocene superiore*: riattivazione dei sistemi N30°W e N50°E.

Durante le diverse fasi i blocchi fagliati così prodotti hanno subito un tasso di sollevamento differenziato: il settore compreso tra le due importanti dislocazioni tettoniche dei fiumi Vomano e Tavo subisce il sollevamento maggiore rispetto alla sinistra idrografica del F. Vomano e all'interno di esso faglie ad andamento appenninico delineano blocchi minori in cui quello centrale (compreso tra il T. Piomba e il Fosso del Gallo, su cui sorge l'abitato di Atri) si solleva maggiormente. Faglie ad andamento circa meridiano separano la porzione costiera dell'area dalla porzione centrale in cui gli effetti della tettonica e del sollevamento risultano più attenuati. Dislocazioni con lo stesso andamento isolano blocchi in sinistra idrografica del F. Vomano in cui il settore più sollevato risulta nei pressi dell'abitato di Canzano. La tettonica quaternaria inoltre determina un mosaico di faglie (NE-SW e N-S) ad Ovest dell'allineamento Penne-Castelli sollevando complessivamente la porzione occidentale (Fig. 2).

La strutturazione tardiva della dorsale costiera provoca basculamenti verso WSW dei blocchi fagliati e vistose deviazioni dei tratti terminali di alcune aste fluviali, che da andamenti trasversali od obliqui scendono in direzione N50°W.

L'attività recente delle faglie che separano i blocchi nella porzione orientale dell'area è testimoniata, tra l'altro, da vistose anomalie del reticolo idrografico, rappresentate da brusche deviazioni, gomiti e catture dei corsi d'acqua, da allineamenti di vulcanelli di fango e da concentrazioni anomale dei fluidi gassosi nel sottosuolo lungo queste direttrici.

Dopo le ultime fasi fredde del Pleistocene superiore si verifica una nuova fase erosiva in cui dovrebbe essere avvenuta la prima incisione dei reticoli calanchivi nei sedimenti plio-pleistocenici, connessa alle mutate condizioni climatiche e successiva all'erosione di gran parte dei depositi conglomeratici di tetto, quando affiora il sub-

strato argilloso fortemente erodibile (DRAMIS *et alii*, 1982).

Le morfologie calanchive continuano a svilupparsi però in maniera selettiva concentrandosi sui blocchi che si sollevano maggiormente (Fig. 2), pertanto nella zona costiera ed in particolare sul blocco di Atri. Altre forme ben sviluppate si rinvengono nei pressi di Canzano, impostate sempre sui versanti di faglia, mentre l'erosione accelerata non fa risentire i suoi effetti nel settore centrale dove il sollevamento risulta ridotto.

Il ripopolamento vegetazionale dei versanti all'inizio dell'Olocene ha attenuato il fenomeno con la produzione di forme senili e l'inerbimento di antichi colamenti mentre una maggiore ripresa del fenomeno deve essere avvenuta in tempi storici per cause antropiche.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il notevole sviluppo delle fenomenologie calanchive in Abruzzo settentrionale, come già noto, è strettamente legato, oltre che alla natura dei sedimenti, al loro assetto strutturale, alle condizioni climatiche e pluviometriche, all'esposizione del versante, alla presenza di depositi conglomeratici di tetto e subordinatamente all'azione antropica.

Le forme più sviluppate si rinvengono dove si realizza la contemporanea presenza di più fattori e cioè sui versanti esposti a meridione, caratterizzati da una certa acclività, con disposizione degli strati a reggipoggio, e spesso da un orizzonte più resistente al tetto.

A parità di condizioni giaciture e di esposizione, esse sono maggiormente concentrate su quei versanti in cui si sono manifestate brusche variazioni dell'energia del rilievo, in seguito all'attività recente di faglie distensive, o per fenomeni di sollevamento differenziato o di basculamento, come è evidente nelle aree circostanti l'abitato di Atri che coincide con il blocco a maggior tasso di sollevamento. Ciò è confermato anche dai dati stratigrafici, e dalla quota della base della regressione che si rinviene infatti a circa 400 m ad Atri mentre è più bassa di circa 180 m in sinistra idrografica del F. Vomano.

In tal senso, le forme a calanchi risultano significativi indicatori dello stato morfotettonico dell'area, essendo presenti maggiormente sui blocchi che hanno subito attività tettonica recente ed un più elevato tasso di sollevamento.

Le diverse forme calanchive, distinte nei tipi A, B e C, sono legate a variazioni anche modeste dei parametri indice: un aumento della plasticità, in connessione con una diminuzione della percentuale in sabbia del 3%, per aumento della componente argillosa del 9%, porta ad un passaggio dalle forme A a quelle B; una diminuzione del 6% dell'indice di plasticità, in relazione ad un aumento dell'8% circa della percentuale in sabbia, porta ad un passaggio dalle forme di tipo B a quelle di tipo C. La maggiore presenza di forme di tipo B nel *Membro postevaporitico della Formazione della Laga* è legata pertanto alle caratteristiche tecniche di questi terreni, come hanno mostrato le numerose analisi geotecniche effettuate, rispetto alle peliti della *Formazione Mutignano* dove prevalgono le forme di tipo A.

BIBLIOGRAFIA

- ALEXANDER D.E. (1980) - *I Calanchi. Accelerated erosion in Italy*. Geography, **65**, part 2.
- ANSELMINI B., CROVATO C., D'ANGELO L., & GRAUSO S. (1994) - *I calanchi di Atri (Abruzzo): caratteri mineralogici, geotecnici e geomorfologici*. Il Quaternario, **7**, 145-158.
- AZZI C. (1913) - *La forma e distribuzione dei calanchi nelle argille turchine*. Boll. Soc. Geol. **32**, 111-142.
- BIGI S., CALAMITA F., CENTAMORE E., DEIANA G., RIDOLFI M. & SALVUCCI R. (1992) - *Assetto strutturale e cronologia della deformazione della "zona d'incontro" tra le aree umbro-marchigiana e laziale-abruzzese (Marche meridionali e Lazio-Abruzzo settentrionali)*. Studi Geol. Camerti. Vol. Spec., CROP 11, 21-26.
- BIGI S., CANTALAMESSA G., CENTAMORE E., DIDASKALOU P., DRAMIS F., FARABOLLINI P., GENTILI B., INVERNIZZI C., MICARELLI A., NISIO S., PAMBIANCHI G. & POTETTI M. (1995) - *La fascia periadriatica Marchigiano-Abruzzese dal Pliocene medio ai tempi attuali: evoluzione tettonico-sedimentaria e geomorfologica*. Studi Geol. Camerti. Vol. Spec. **1995/1**, 37-49.
- BIGI S., CANTALAMESSA G., CENTAMORE E., DIDASKALOU P., MICARELLI A., NISIO S., PENNESI T. & POTETTI M. (1996) - *L'influenza della tettonica e del clima sugli ambienti e sui processi sedimentari nella fascia periadriatica marchigiano-abruzzese*. Atti Riun. GIS, Catania 10-14 ott., 74-76.
- BIGI S., CENTAMORE E. & NISIO S. (1997) *Elementi di tettonica quaternaria nella fascia pedeappenninica abruzzese*. Il Quaternario **10**(2), 359-362.
- BIRKELAND P.W. (1984) - *Soils and geomorphology*. Oxford Univ. Press.
- BISCI C., DRAMIS F., & GENTILI B. (1992) - *Badland on the Adriatic side of Central Italy*. Geooko plus, **III**, 55-68.
- BOENZI F., CHERUBINI C. & GIASI C.I. (1984) - *Instabilità dei versanti e fenomeni di erosione in Basilicata: dati e considerazioni sulle cause*. Boll. Bibl. Prov. Matera A.V. **8**, 3-16.
- BUCCIANTE M. (1922) - *Sulla distribuzione geografica dei calanchi in Italia*. L'Universo **3**(9) 385-605.
- CALAMITA F. & DEIANA G. (1986) - *Evoluzione strutturale neogenico-quaternaria dell'Appennino Umbro-Marchigiano*. Studi Geol. Camerti. Vol. Spec.. La Geologia delle Marche (73° congresso della Società Geologica Italiana), 91-98.
- CALAMITA F., PIZZI A. & TOSTI A. (1990) - *Blind thrust: esempi nell'Appennino umbro-marchigiano*. Studi Geol. Camerti. Vol. Spec. 57-67.
- CASNEDI R. (1986) - *Effetti della subsidenza sulle geometrie dei corpi terrigeni nel Pliocene inferiore abruzzese*. Mem. Soc. Geol. It., **35**, 157-162.
- CASTELVECCHI A & VITTORINI S. (1967) - *Osservazioni per uno studio sull'erosione in Val D'Orcia*. Atti XX Congr. Geograf. It., **III**, 151-168.
- CASTIGLIONI B. (1933) - *Osservazioni sui calanchi appenninici*. Boll. Soc. Geol., **52**, 357-360.
- CENTAMORE E., BIGI S., BERTI D., MICARELLI A. & MORELLI C. (1992) - *Nuovi dati sui depositi neogenici di Avolfessa del pescarese*. Boll. Soc. Geol. It., **111**, 437-447.
- CENTAMORE E., CANTALAMESSA G., MICARELLI A., POTETTI M., & RIDOLFI M. (1990) - *I depositi terrigeni neogenici di avolfessa (Messiniano Pliocene inferiore) dell'Abruzzo settentrionale*. Mem. Soc. Geol. It., **45**, 563-568.

- CENTAMORE E., CICCACCI S., DEL MONTE M., FREDI P. & LUPIA PALMIERI E. (1996) - *Morphological and morphometric approach to the study of the structural arrangement of the north eastern Abruzzo (Central Italy)*. *Geomorphology*, **16**, 127-137
- CENTAMORE E., NISIO S., PRESTININZI A. & SCARASCIA MUGNOZZA G. (1997) - *Caratteri peculiari delle deformazioni gravitative ed evoluzione morfodinamica del settore periadriatico dell'Abruzzo settentrionale*. Riassunti Conv. FIST, Bellaria (Rimini) 5-9- ott. 1997, fasc. 2, 325-326.
- CHIECO A. & MELIDORO G. (1985) - *Movimenti di massa nell'Italia meridionale: "sakung", calanchi, frane, subsidenza*. *Geol. Appl. e Idrogeol.*, **XX**, 691-699.
- COLTORTI M., NANNI T. & VIVALDA P. (1992) - *La bassa Valle del F. Musone (Marche): Geomorfologia e fattori antropici nell'evoluzione della pianura alluvionale*. *Geogr. Fis. Dinam. Quat.*, **14**, 101-111.
- COTECCHIA & VALENTINI G. (1966) - *Geologia, erosione, condizioni di stabilità e possibilità di sbarramento della media valle del F. Sinni (Lucania)*. *Geol. Appl. e Idrogeol.*, **I**, 179-219.
- COTECCHIA V., VALENTINI G. & MELIDORO G. (1963) - *L'erosione continentale*. *Geotecnica*, **2**, 72-83.
- DEL PRETE M., BENTIVENGA M., COPPOLA L. & RENDELL H. (1994) - *Aspetti evolutivi dei reticoli calanchivi a sud di Pisticci*. *Geol. Rom.*, **30**, 295-306.
- DEL PRETE & VALENTINI (1971) - *Le caratteristiche geotecniche delle argille azzurre dell'Italia sud orientale in relazione alle differenti situazioni stratigrafiche e tettoniche*. *Geol. Appl. e Idrogeol.*, **VI**, 195-215.
- DRAMIS F., GENTILI B., COLTORTI M. & CHERUBINI C. (1982) - *Osservazioni geomorfologiche sui calanchi marchigiani*. *Geogr. Fis. e Dinam. Quat.*, **5**, 38-45.
- FARABOLLINI P., GENTILI B. & PAMBIANCHI G. (1992) - *Contributo allo studio dei calanchi: due aree campione*. *Studi Geol. Camerti*, **12**, 105-115.
- FARABOLLINI P. & NISIO S. (1996) - *Evoluzione geomorfologica del F. Vomano Abruzzo settentrionale*. *Il Quaternario* **10(1)**, 101-104
- GHISETTI F. & VEZZANI L. (1990) - *Stili strutturali nei sistemi di sovrascorrimento della Catena del Gran Sasso (Appennino Centrale)*. *Studi Geol. Camerti. Vol. Spec.*, 37-50.
- GUASPARRI G. (1978) - *Calanchi e biancane nel territorio senese: studio geomorfologico*. *L'Universo*, **58**, 97-140.
- GUERRICCHIO A. (1988) - *Aspetti geologici sull'erosione dei litorali e loro influenza nel campo applicativo*. *Geol. Appl. e Idrogeol.*, **XXIII**, 29-78.
- GUERRICCHIO A. & MELIDORO G. (1979 a) - *Fenomeni franosi e neotettonici nelle argille grigio-azzurre calabriane di Pisticci (Lucania) con saggio di cartografia*. *Geol. Appl. e Idrogeol.*, **XIV**, 105-138.
- GUERRICCHIO A. & MELIDORO G. (1979 b) - *Contributo alla conoscenza dell'origine dei calanchi nelle argille grigio-azzurre calabriane della Lucania*. *Ann. Fac. Ingegneria, N. S.*, **IV**, 100-116.
- GUERRICCHIO A. & MELIDORO G. (1982) - *New views on the origin of the badlands in the Plio-Pleistocene clays of Italy*. *Proc. IV Congr. IAEG*, **2**.
- GUERRICCHIO A. & VALENTINI G. (1975) - *Un modello matematico per la valutazione dell'erosione tratto dall'esame di pendii calanchivi nelle argille azzurre lucane*. *Geol. Appl. e Idrogeol.*, **X**, 241-276.
- LHENAFF R., COULMEAU P., LECOMPTE M. & MARRE A. (1993) - *Erosion and transport process on badlands slopes in baronnies montain (French southern Alps)*. *Geogr. Fis. e Dinam. Quat.*, **16**, 65-73.
- LULLI L. (1974) - *Una ipotesi sulla formazione dei calanchi nella Valle dell'Era*. *Ann. Ist. Sper. Studio e Dif. del suolo*, **5**, 349-352.
- LULLI & RONCHETTI (1973) - *Prime osservazioni sulle crepacciature dei suoli delle argille plioceniche marine nella Valle dell'Era, Volterra (Pisa)*. *Ann. Ist. Sper. Studio e Dif. del Suolo*, **4**, Firenze, 143-149.
- MAZZANTI R. & RODOLFI G. (1989) - *Evoluzione del rilievo nei sedimenti argillosi e sabbiosi dei cicli neogenici e quaternari italiani*. In : *La gestione delle aree franose*. Ed. delle Autonomie, 13-60.
- NEBOIT R. (1971) - *Morphogenese recente des formations tendres en Lucanie*. *Mediterranee*, **7**, 701-719.
- NEBOIT R. (1977) - *Un exemple de morphogènese au Quaternaire en Lucanie orientale*. *Rev. Gèol. Dyn. Gèogr. Phys.*, **23**, 12-20.
- NISIO S. (1997 a) - *Evoluzione geologica, geomorfologica ed analisi geologico tecnica dell'area compresa tra il Gran Sasso ed il Mare Adriatico*. Tesi di Dottorato, 169 pp.
- NISIO S. (1997 b) - *Evoluzione Geologica e Morfotettonica dell'area compresa tra il Gran Sasso ed il Mare Adriatico*. *Geol. Rom.*, **33**, 13-27
- PALTRINIERI W., ZANCHINI G., MARTINI N., & ROCCIA L. (1982) - *Evoluzione del bacino torbidiitico marchigiano-abruzzese a partire dal Messiniano in base a lineazioni profonde*. *Mem. Soc. Geol. It.*, **24**, 233-242.
- PANICUCCI M. (1972) - *Ricerche orientative sui fenomeni erosivi nei terreni argillosi*. *Ann. Ist. Sper. Studio Dif. del Suolo*, **3**, Firenze, 197-216.
- PASSERINI G. (1937) - *Influenza dell'immersione degli strati ed influenza dell'orientamento dei versanti sulla degradazione delle argille Plioceniche*. *Boll. Soc. Geol.*, **56**, 45-62.
- PINNA & VITTORINI (1989) - *Su alcune caratteristiche delle argille plioceniche della Valle dell'Era (Toscana) in rapporto alla genesi di calanchi e biancane*. *Geograf. Fis. e Din. Quat.*, **12**, 131-137.
- RENDELL H. (1982) - *Clay rillslope erosion rates in the Basento valley, south Italy*. *Geogr. Ann.* **64A**, 41-45.
- RODOLFI G. & FRASCATI F. (1979) - *Cartografia di base per la programmazione in aree marginali (area rappresentativa dell'alta Valdera) In: Memorie illustrative della carta geomorfologica*. *Ann. Ist. Sper. Studio e Dif. del Suolo*, **X**, 37-80.
- SCHUMM S.A. (1956 a) - *The role of creep and rainwash on the retreat of badlands slopes*. *Am. J. Sc.*, **254**, 693-706.
- SCHUMM S.A. (1956 b) - *Evolution and drainage system and slopeas in badlands at perth Amboy, New Jersey*. *Bull. Geol. Soc. Am.*, **67**.
- SDAO G., SIMONE A. & VITTORINI S. (1984) - *Osservazioni geomorfologiche su calanchi e biancane in Calabria*. *Geogr. Fis. e Dinam. Quat.*, **7**, 10-16.
- SFALANGA M., CANUTI P. & TACCONI P. (1972) - *Ricerche di geomorfologia applicata nel bacino dell'Era*. *Ann. Ist. Sper. Studio e Difesa del Suolo*. Firenze, **3**, 119.156.
- SFALANGA M., MALESANI P. & VANNUCCI S. (1974) - *Relazione fra caratteristiche mineralogiche e parametri fisici delle argille. Alcune considerazioni sulla stabilità dei versanti*. *Ann. Ist. Sper. Studio e Dif. del Suolo*, **5**, 229-254.

- SFALANGA M. & RIZZO V. (1974) - *Caratteristiche tecniche delle argille plioceniche e pleistoceniche in relazione al loro assetto morfologico*. Ann. Ist. Sper. Studio e Dif. del Suolo. Firenze, **5**, 255-306.
- SFALANGA M. & VANNUCCI S. (1975) - *Ricerche mineralogico-petrografiche sui sedimenti neoautoctoni*. Ann. Ist. Sper. Studio e Dif. del Suolo, **5**, Firenze.
- SHEPARD F. P. (1954) - *Nomenclature based on sand-silt-clay ratios*. Sedim. Petrol. **24**, 151-158.
- VALENTINI G. (1979) - *L'evoluzione dei fenomeni di erosione nelle argille azzurre lucane in un'analisi areale tra i fiumi Bradano e Sinni*. Geol. Appl. e Idrogeol., XIV(III), 474-487.
- THOMAS D.S.G. (1989) - *Arid zone Geomorphology*. Belhaven Press. London.
- TORRI D., MONACI F. (1991) - *La meccanica dell'erosione idrica superficiale nei sedimenti argillosi neogenici*. In: La Gestione delle aree collinari argillose e sabbiose. Ed. delle Autonomie, 85-92.
- VEGGETTI O. (1967) - *Osservazioni preliminari sull'erosione del suolo nei dintorni di Atri*. Atti XX Congr. Geograf. Ital. Roma, Marzo-Aprile, 219-225.
- VITTORINI S. (1964) - *La valutazione quantitativa dell'erosione nei suoli argillosi pliocenici della Valle dell'Era*. Atti del XIX Congr. Geogr. It. **III**, 83-101.
- VITTORINI S. (1977) - *Osservazioni sull'origine e sul ruolo di due forme di erosione nelle argille: calanchi e biancane*. Boll. Soc. Geogr. Ser. **10**, VI, 25,51.
- VITTORINI S. (1979) - *Ruscigliamento, deflusso ipodermico ed erosione nelle argille plastiche*. Riv. Geogr. It., **86**, 338-347