

VI SESSIONE  
*VI SESSION*

GEOMORFOLOGIA E PAESAGGIO  
*GEOMORPHOLOGY AND LANDSCAPE*

Chairman: L. KARIS

## **I calanchi di Atri (Abruzzo): un dissesto da combattere o un bene geologico da preservare?**

### *The badlands of Atri (Abruzzo, central Italy): an accident to fight or a geologic good to preserve?*

CROVATO C. (\*) & GRAUSO S. (\*)

**RIASSUNTO** - Al pari delle altre categorie di geotopi altrove riconosciute, i calanchi vanno interpretati e visti come una testimonianza della lenta azione dei processi morfogenetici che si è esplicata attraverso il complesso intreccio delle dinamiche geologiche e climatiche succedutesi nell'arco di centinaia di migliaia di anni. Il loro significato assume ancora più importanza se si considerano i calanchi come forme di erosione «residuali», in quanto sviluppatasi sotto condizioni climatiche più aride delle attuali. Soprattutto nel caso di Atri, dove essi costituiscono il tratto morfologico più evidente e di grande effetto scenico, i calanchi andrebbero quindi considerati come un bene geologico da preservare, per ciò che rappresentano come storia naturale e come attrattiva paesaggistica. Ciò non contrasta, del resto, con l'esigenza di mantenere sotto controllo il processo erosivo che, a lungo andare, potrebbe minacciare le opere dell'uomo, soprattutto quelle di carattere storico di cui Atri è ricca. Una scelta oculata dei metodi di intervento, soprattutto se si adottano le moderne tecniche di ingegneria naturalistica, può infatti consentire di mitigare la dinamica erosiva senza produrre impatti negativi sull'integrità del paesaggio naturale.

**PAROLE CHIAVE:** Calanchi, Atri, Italia Centrale

**ABSTRACT** - As the others categories of geotopes recognized elsewhere, badlands have to be interpreted and seen as a witness of the slow action of morphogenetic processes which have been acting through the complex combination of geological and climatic dynamics occurred within the time of hundred thousands of years. Their significance assume more importance if we consider badlands as residual forms, because they were developed under climatic conditions dryer than present. Mostly in the case of Atri, where they represent the most evident and impressive landscape, badlands should be considered as a geologic good to preserve, for that they represent as natural history and landscape attraction. This does not contrast with the need to maintain under control the ero-

sive process that, by time, could undermine the man works, mainly those of hystorical relevance which Atri is rich with. A wise choice of reclamation methods as, for instance, those provided by the modern techniques of naturalistic engineering, permits to mitigate the erosive dynamics without producing negative impacts on the integrity of natural landscape.

**KEY WORDS:** Badlands, Atri, Central Italy

#### 1. – INTRODUZIONE

Le colline argillose di Atri, comprese fra il Gran Sasso ed il litorale di Pineto sul mare Adriatico, presentano una morfologia di particolare spettacolarità e bellezza: le cosiddette «Bolge», nome dato ai calanchi dagli abitanti del luogo, per risaltarne l'aspetto tormentato ed il carattere quasi «infernale» del paesaggio. Nel settore citato, in effetti, i calanchi costituiscono il tratto morfologico più evidente e di grande effetto scenico ma, d'altra parte, essi rappresentano anche una minaccia per infrastrutture viarie ed abitazioni, dovuta all'incedere del processo erosivo legato a queste forme. Per tale motivo i calanchi, oltre che costituire una forte attrattiva turistica, rappresentano anche una fonte di rischio con la quale la popolazione locale convive quotidianamente. Il dilemma che si pone, dunque, è: bisogna arrestare, con ogni mezzo possibile, questo pericoloso fenomeno di erosione o è necessario piuttosto preservare il paesaggio così creato e valorizzarne gli aspetti turistico-naturalistici?

(\*) ENEA, Centro Ricerche Casaccia - Dipartimento Ambiente - Via Anguillarese, 301 - 00060 S.Maria di Galeria - Roma

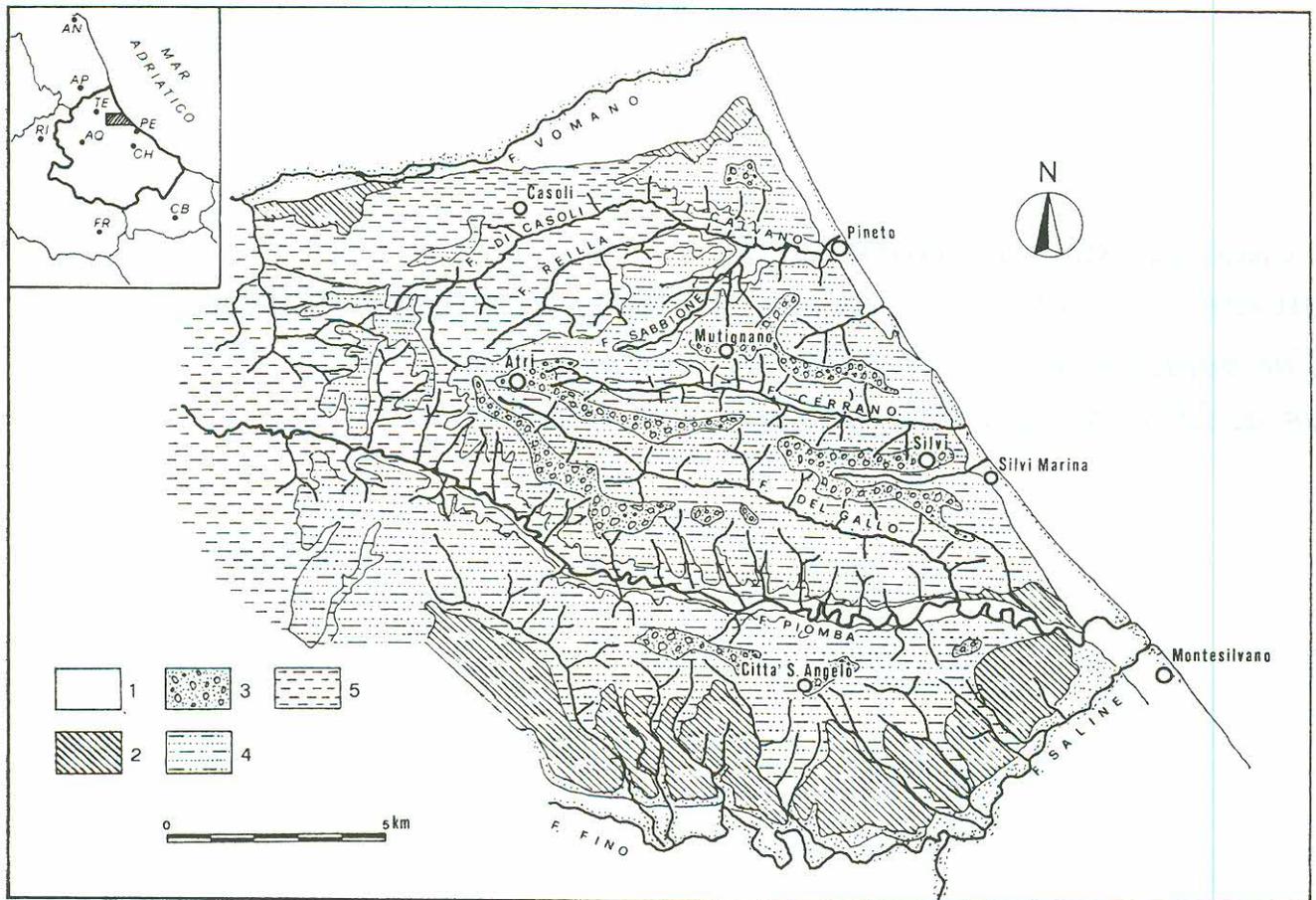


Fig. 1. – Ubicazione geografica e schema geologico: 1) alluvioni attuali e recenti, depositi di spiaggia attuali e recenti (Olocene); 2) alluvioni antiche terrazzate (Olocene); 3) conglomerati e sabbie di ambiente costiero (Pleistocene sup.); 4) alternanze di argille marnose e sabbie (Pleistocene inf.); 5) argille marnose sormontate da limi e sabbie (Pliocene medio-sup.); 6) faglie.

– Key-map and geological scheme: 1) present and recent alluvial deposits, present and recent beach deposits (Holocene); 2) old terraced alluvial deposits (Holocene); 3) coastal environment conglomerate and sand (upper Pleistocene); 4) marly clay and sand (lower Pleistocene); 5) marly clay, silt and sand (middle-upper Pliocene); 6) faults.

Nel caso specifico di Atri, ci troviamo di fronte ad un'opera della natura di notevoli dimensioni, che come tale viene qui riportato come caso emblematico della coesistenza dell'uomo con i processi evolutivi del paesaggio terrestre. Non bisogna dimenticare tuttavia i più famosi calanchi del territorio senese e quelli altrettanto interessanti della provincia di Matera. Le aree citate, insieme con la fascia argillosa periadriatica compresa grosso modo fra il fiume Foglia ed il fiume Fortore, sono le aree geografiche del territorio italiano che danno luogo a tale morfologia.

## 2. – CARATTERI GEOMORFOLOGICI E COMPOSIZIONALI

Dal punto di vista geomorfologico, l'area in oggetto (fig. 1) ricade nella fascia pedeappenninica adriatico-abruzzese costituita da una serie di rilievi collinari da

arenaceo-marnosi ad argilloso-sabbiosi, che si elevano fra la catena appenninica carbonatica e la linea di costa. Le colline di Atri, in particolare, sorgono in corrispondenza del passaggio Pliocene-Pleistocene. Esse sono costituite quindi da terreni derivanti dalla sedimentazione sottile avvenuta nella fossa subsidente descritta in CRESCENTI *et alii* (1980), CASNEDI (1986) e CASNEDI & CRESCENTI (1986), cui fanno seguito depositi via via più grossolani facenti capo alla regressione ed alla chiusura del bacino di sedimentazione, avvenuta con il sollevamento tettonico quaternario. Nell'ampio affioramento offerto dall'erosione calanchiva ad W di Atri (fig. 2), l'insieme dei terreni costituenti la successione plio-pleistocenica presenta una giacitura quasi uniforme con immersione verso NE e debole pendenza (intorno ai 10°). I terreni interessati dall'erosione calanchiva sono sia quelli appartenenti al Pliocene medio-superiore, ma soprattutto quelli relativi alle

facies pelitiche infra-pleistoceniche. In queste ultime sono attestati gli apparati calanchivi più ampi e spettacolari, come quelli di Colle della Giustizia. Il regime di precipitazioni, registrato alla stazione idrometeorologica di Atri, è caratterizzato da una piovosità non elevata (media annua: circa 800 mm.) e concentrata nel semestre invernale-primaverile cui fa seguito la stagione estiva secca, caratterizzata da una precipitazione media su scala mensile inferiore ai 33 mm. Le condizioni pluviometriche generali, con la presenza di una lunga stagione secca, sono quindi tali da favorire quei fenomeni di aridità del suolo e di fessurazione superficiale che sono particolarmente accentuati sulle superfici argillose esposte verso i quadranti meridionali e che ne condizionano in maniera determinante la stabilità. Questa è affetta sia dall'erosione superficiale da parte delle acque di ruscellamento che dalle conseguenze dell'infiltrazione idrica attraverso le fessure di essiccazione. Quest'ultima determina una circolazione ipodermica che tende a saturare gli orizzonti superficiali, fino alla profondità massima raggiunta dalle fenditure del terreno (dai 30 ai 60 cm), innescando così movimenti gravitativi che spesso assumono modalità di colate di fango. A loro volta, mettendo a nudo il substrato, i movimenti gravitativi favoriscono l'innescò ed il procedere dell'erosione lineare sulle superfici di neoformazione dando così luogo all'impostazione di proto-calanchi che possono successivamente evolvere in calanchi veri e propri (fig. 3). La morfogenesi calanchiva viene altresì sviluppata anche per effetto dell'erosione al piede dei versanti operata dai corsi d'acqua (fig. 4) e non va sottovalutata l'azione dovuta al transito degli animali da pascolo lungo i percorsi abituali dalle stalle ai prati e viceversa (fig. 5).

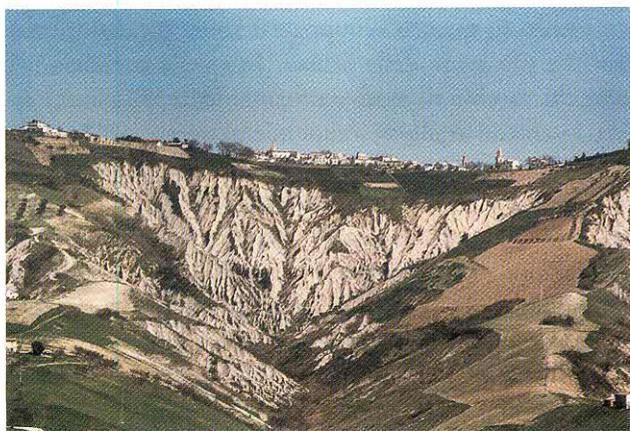


Fig. 2. – I calanchi del Fosso del Casale, a ovest dell'abitato di Atri (in alto nella foto).

– *Badlands in the Fosso del Casale stream, west of Atri town (up in the picture).*

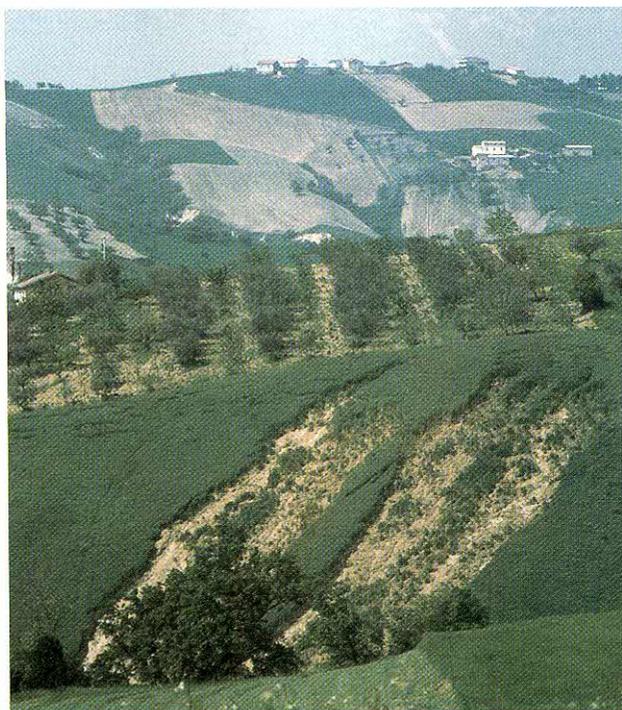


Fig. 3. – Frane tipo scivolamenti traslativi-colate che determinano la messa a nudo del substrato e l'innescò dell'erosione lineare (protocalanchi).

– *Landslides type translational slides-mudflows, which lay bare the substratum determining the start of linear erosion (proto-badlands).*

Analisi sedimentologiche e geotecniche effettuate nell'ambito di una ricerca riguardante l'erosione del suolo sui versanti argillosi circostanti la città di Atri (ANSELMINI *et alii*, 1994; GRAUSO, 1994), hanno permesso di classificare i materiali interessati dalla morfogenesi calanchiva come marne argillose, sotto l'aspetto litologico, quindi come limi argillosi, dal punto di vista granulometrico, ed infine come limi argillosi di bassa plasticità, non attivi e dotati di elevata consistenza, dal punto di vista geotecnico. Sotto l'aspetto mineralogico, gli stessi materiali sono risultati composti prevalentemente da minerali non argillosi, con prevalenza della calcite rispetto ad altri minerali come quarzo, dolomite, feldspati e minerali pesanti. Tra i minerali argillosi prevalgono le argille micacee: l'illite predomina sulla smectite, meno rilevante è la presenza di clorite e caolinite; valori più elevati di smectite si riscontrano nei campioni provenienti da calanchi classificabili di tipo «B». Questi ultimi corrispondono a morfotipi nei quali il processo erosivo dominante è rappresentato da movimenti di massa di tipo scivolamento sia traslazionale che rotazionale. Tali tipi di calanchi sono contraddistinti da vallecòle relativamente ampie e a fondo concavo, con displuvi dal profilo non eccessivamente affi-

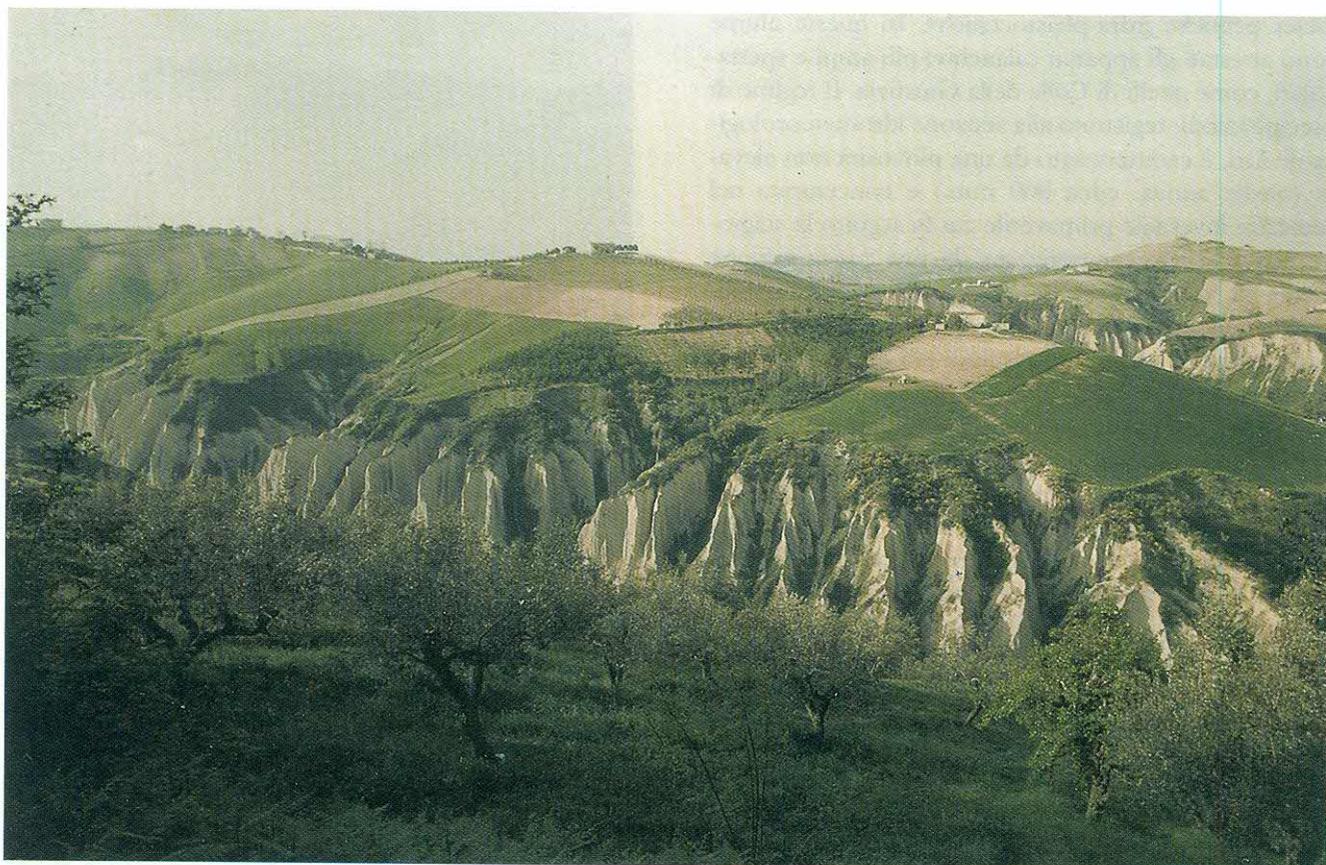


Fig. 4. – Calanchi sviluppati in conseguenza dell'erosione di sponda lungo un torrente nei dintorni di Atri.

– *Badlands developed in consequence of bank-erosion along a stream in the surrounding of Atri.*

lato e presenza di una vegetazione meno rada rispetto ai calanchi cosiddetti di tipo «A», caratterizzati invece da solchi profondamente incisi separati da creste molto affilate ed assenza di vegetazione. In questi ultimi, che nel territorio in esame sono di gran lunga prevalenti rispetto ai primi, il processo erosivo dominante è rappresentato dall'erosione lineare. L'elemento che determina il prevalere delle une o delle altre forme, è dato fondamentalmente dal carattere compositivo. I terreni presenti nel settore a morfologia di tipo «B» sono infatti dotati di maggiore plasticità e caratterizzati da un maggiore tenore di smectite. La più accentuata plasticità e la maggiore espandibilità dei materiali concorrono, in questo caso, a caratterizzare l'evoluzione di tali morfotipi, controllata quasi esclusivamente da fenomeni gravitativi.

Riguardo alla distribuzione degli apparati calanchivi, questa risulta prevalere sui versanti orientati verso i quadranti meridionali. A fronte di questa impostazione generale, è possibile tuttavia riconoscere, sui versanti esposti a settentrione, delle forme, sia attive

che inattive, costituite da calanchi parzialmente o totalmente inerbite. La presenza di tali forme confermerebbe quanto affermato da RODOLFI & FRASCATI (1979), i quali considerano i calanchi come forme di erosione «residuali» in quanto sviluppatasi sotto condizioni climatiche più aride delle attuali. In quelle condizioni i calanchi sarebbero stati uniformemente distribuiti su tutti i versanti argillosi, indipendentemente dall'esposizione; il mutamento climatico in senso «umido» che ha portato alle attuali condizioni, caratterizzate tuttavia da un forte contrasto stagionale, avrebbe determinato l'obliterazione dei calanchi sui versanti esposti a nord ed il mantenimento dei soli apparati calanchivi esposti verso i quadranti meridionali.

### 3. – I CALANCHI COME BENE GEOLOGICO

L'ipotesi dei calanchi come forme residuali conferisce ancora maggiore significato ai calanchi che, al pari delle altre categorie di geotopi altrove riconosciute,

vanno così interpretati e visti come una testimonianza della lenta azione dei processi morfogenetici, esplicata attraverso il complesso intreccio delle dinamiche geologiche e climatiche succedutesi nell'arco di centinaia di migliaia di anni. Per ciò che rappresentano come storia naturale e come attrattiva paesaggistica (fig. 6), i calanchi andrebbero quindi considerati come un bene geologico da preservare. D'altra parte, non si può trascurare l'esigenza di mantenere sotto controllo il processo erosivo che nel caso riportato, anche se ad oggi non minaccia direttamente le opere di carattere storico di cui Atri è ricca, interessa sicuramente più da vicino le infrastrutture viarie secondarie che collegano fra loro paesi e frazioni nonché le strade interpoderali che corrono lungo le dorsali i cui fianchi vengono incisi e lentamente sgretolati dall'arretrare delle testate calanchive. In realtà, i calanchi, come del resto qualsiasi altra forma o processo geodinamico, diventano una fonte di rischio solo quando essi interagiscono con le attività e le opere dell'uomo. D'altro canto le forze della natura non sempre si possono contrastare efficacemente, ma spesso danno luogo a processi per i quali a poco o nulla valgono tecniche e soluzioni ingegneristiche che finiscono solo per gravare sui bilanci pubblici senza risultati pratici. Questo vuol dire che sarebbe buona norma, in sede di pianificazione, tenere conto della presenza di certi processi nel territorio e soprattutto della loro tendenza evolutiva evitando, se possibile, di inserire elementi di interferenza in un contesto così problematico.

Ciò che si intende sottolineare in questa nota è che quindi l'adozione di tecniche mitigatorie debba senz'altro avvenire in quelle porzioni di territorio ove, stante l'esigenza dell'uso antropico, la morfogenesi dei calanchi sia allo stadio iniziale e/o sia tale da permettere un'azione di recupero che abbia buone probabilità di successo; mentre, nel caso di apparati calanchivi di notevoli dimensioni che caratterizzano profondamente i versanti e per i quali ogni intervento sarebbe inutile o fortemente lesivo dell'integrità paesaggistica, la politica più corretta è quella di puro e semplice rispetto dei processi naturali. A tale scopo, senza dover ricorrere ad interventi di tipo invasivo, come il ripristino dei profili morfologici, indicato solo in aree specifiche che, per estensione e volumi coinvolti, si prestino a tali interventi e che riguardino, per esempio, importanti vie di comunicazione o agglomerati urbani, sarebbe sufficiente l'adozione di quelle tecniche che permettono almeno di rallentare, se non di arrestare, il processo calanchivo. Questo è possibile soprattutto agendo sulla tendenza retrograda dei cigli principali dei calanchi, provvedendo alla realizzazione di manti di



Fig. 5. – Erosione del suolo prodotta dal calpestio da parte degli animali da pascolo.

– *Soil-erosion produced by flock trampling.*

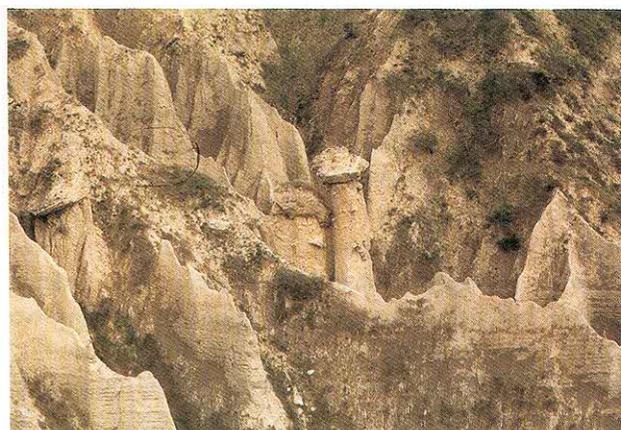


Fig. 6. – Piramide di terra, spettacolare esempio di erosione selettiva, nell'anfiteatro calanchivo ad ovest di Colle della Giustizia.

– *Earth pyramid, a spectacular example of differential erosion, in the badland valley west of Colle della Giustizia.*

protezione e di drenaggi a monte della zona di testata. Altre azioni, effettuate per esempio con l'adozione delle moderne tecniche di ingegneria naturalistica, con le quali si utilizzano materiali naturali (pietra, legname, materiale vegetale vivo), a protezione dei versanti e delle principali linee di deflusso, possono altresì consentire di mitigare la dinamica erosiva e stabilizzare i versanti, senza produrre impatti negativi sull'integrità del paesaggio naturale. Ottimi risultati sono già stati raggiunti e documentati in aree soprattutto dell'arco alpino (AA. VV., 1991), quindi in ambienti diversi da quello qui descritto, ma che lasciano comunque ben sperare sull'applicabilità di certe tecniche anche sui ripidi versanti argillosi. Soprattutto la tecnica che prevede la messa a dimora di specie erbose e/o arbustive

adatte all'ambiente semi-arido dei calanchi, integrata con opere in legname e/o con la stesura di georeti o stuoie a protezione delle prime fasi di crescita, può avere buone probabilità di successo.

Ma c'è un altro aspetto da considerare parlando di calanchi come bene geologico da preservare: la tendenza ad utilizzare queste porzioni di territorio, che l'uomo non riesce a sfruttare e che come tali sono considerate inutili (da cui il termine di «cattive terre», *badlands* degli americani), come pattumiera. Nel caso di Atri, gli scriventi hanno potuto constatare la presenza di oggetti dismessi gettati nell'impluvio del fosso del Casale, ad ovest del Colle della Giustizia. Ciò non sorprende, vista la scarsa sensibilità ambientale generalmente dimostrata un po' dappertutto nel nostro Paese. Ma se si comprende che l'ambiente naturale, ed in particolare quello peculiarmente selvaggio costituito dai calanchi, è come un libro aperto da studiare e conservare gelosamente, si possono intuire anche le grandi potenzialità che esso offre in termini economici. L'istituzione di un parco dei calanchi, sulla falsariga di quello più famoso del South Dakota negli U.S.A., attraverso la conservazione e la valorizzazione del paesaggio naturale, può infatti costituire una possibilità di lavoro per i giovani, incrementando il flusso turistico e quindi il gettito economico. Del resto, le stesse tecniche sistematorie naturalistiche, cui si è fatto cenno, implicano conseguenze positive sull'occupazione, oltre che nella fase di realizzazione, anche nelle fasi successive, almeno fino al raggiungimento di un adeguato sviluppo della vegetazione. È infatti comunque necessaria un'azione di manutenzione

e controllo, successivamente alla realizzazione dell'opera, soprattutto in occasione di eventi meteorici di particolare intensità che possono minarne l'integrità (LUCETTA & ANDRICH, 1995).

## BIBLIOGRAFIA

- AA. VV. (1991) - *Atti del Convegno «Ingegneria Naturalistica: materiali e metodi», 24 maggio 1991, Lecco*. In: ACER, **6/1991**: 25-47, Milano.
- ANSELMI B., CROVATO C., D'ANGELO L. & GRAUSO S. (1994) - *I calanchi di Atri (Abruzzo): caratteri mineralogici, geotecnici e geomorfologici*. Il Quaternario, **7**, (1): 145-158, Napoli.
- CASNEDI R. (1986) - *Effetti della subsidenza sulla geometria di corpi terrigeni nel Pliocene inferiore abruzzese*. Mem. Soc. Geol. It., **35**: 157-162, Roma.
- CASNEDI R. & CRESCENTI U. (1986) - *Generalità sul Plio-Pleistocene del bacino abruzzese*. 73° Congresso della Soc. Geol. It. - Studi geologici Camerti (**num. speciale**): 11-18, Camerino.
- CRESCENTI U., D'AMATO C., BALDUZZI A. & TONNA M. (1980) - *Il Plio-Pleistocene nel sottosuolo Abruzzese-Marchigiano tra Ascoli Piceno e Pescara*. Geol. Romana, **19**: 63-84, Roma.
- GRAUSO S. (1994) - *Confronto di metodi per la valutazione dell'erosione del suolo. Sintesi delle ricerche condotte dall'ENEA in alcune aree sperimentali dell'Abruzzo*. ENEA **RT/AMB/94/17**: pp. 42, Roma.
- LUCETTA A. & ANDRICH A. (1995) - *Sistemazione di un versante in frana*. Verde Ambiente, **2**: 47-50, Roma.
- RODOLFI G. & FRASCATI F. (1979) - *Cartografia di base per la programmazione degli interventi in aree marginali (area rappresentativa dell'Alta Valdera)*. Memorie illustrative della carta geomorfologica. Ann. Ist. Sper. Studio e Difesa del Suolo, **10**: Firenze.

# Proposta di un parco naturale geomorfologico in Basilicata

## *Proposal for the establishment of a geomorphological natural park in Basilicata*

MASIELLO D. (\*) & LASCARO G. (\*\*)

**RIASSUNTO** - I risultati preliminari ottenuti dallo studio morfologico dell'area a NE del Bacino di Sant'Arcangelo, hanno fornito lo spunto per la valorizzazione dei geotopi attraverso la proposta di istituzione di un parco naturale geomorfologico al fine di rendere fruibili beni di interesse scientifico, didattico e paesaggistico. Il Bacino di Sant'Arcangelo, strutturalmente definito come un bacino di piggyback (CALDARA *et alii* 1988a,1988b) è colmato da potenti successioni terrigene di età pliopleistocenica riferibili a quattro cicli sedimentari rappresentanti uno o più sistemi deposizionali (PIERI P., SABATO L., LOIACONO F., MARINO M. 1994). Il sincronismo tra sedimentazione e tettonica segna la storia del bacino, ed è documentato da una serie di importanti forme strutturali. Nella descrizione del paesaggio sono stati individuati diversi morfotipi distinti in forme strutturali, forme di erosione e di accumulo legate alla gravità e forme di erosione e di accumulo fluviale. In tale quadro si propone l'osservazione dell'anticlinale sinsedimentaria costituita dai conglomerati di conoide alluvionale del ciclo di San Lorenzo (Alianello) o del torrione formatosi per diaclasi nell'unità conglomeratica del ciclo dell'Agri, ma non solo dei singoli morfotipi, ma anche di tematiche geomorfologiche; un esempio è lo spettacolare paesaggio dei calanchi che con le sue forme scolpite nelle argille, è elemento di interesse scientifico e un puro godimento estetico per il visitatore occasionale.

**PAROLE CHIAVE:** Piggyback basin, Plio-Pleistocene, cicli sedimentari, anticlinale

**ABSTRACT** - The preliminary result of the morphological study of the area in the north-east of the Sant'Arcangelo Basin, have lead to the institution of a geomorphological natural park which will highlight the "geotopes" of scientific, didactic and scenic interest. The Sant'Arcangelo Basin structurally known as a piggyback basin (CALDARA *et alii* 1988a;1988b) is filled with massive, terrigenous Pliopleistocene successions made up of four sedimentary

cycles representing one or more depositional system (PIERI P., SABATO L., LOIACONO F., MARINO M. 1994).

The synchronism between tectonics and sedimentation tells the history of the Basin and is documented by a series of structural formations. In describing the landscape, several different morphotypes were noted: structural formations, erosion and accumulation formations. We propose to study either the synsedimentary anticline formed by the conglomerates of the alluvial cone of the San Lorenzo cycle (Alianello) or the tower formed by diaclyse in the sandy-conglomeratic unit of the Agri cycle. The study includes not only single morphotypes but also geomorphologic thematics, such as the spectacular "Calanchi" landscape, with its forms "carved" in clay, an element of scientific interest as well as a genuine pleasure to behold for the occasional visitor.

**KEY WORDS:** Piggyback basin, Plio-Pleistocene, sedimentary cycles, anticline

### 1. - INTRODUZIONE

L'idea di istituire un parco geomorfologico nella zona di Aliano (MT), nasce dalla convinzione e dalla necessità di tutelare il patrimonio naturale presente in Basilicata ai fini scientifici, didattici e turistici. L'istituzione del Parco rappresenta il primo passo concreto verso la salvaguardia e la valorizzazione dell'immenso patrimonio paesaggistico e naturalistico legato alle bellezze naturali, ai beni archeologici, folcloristici e culturali dell'area. Una gestione attiva ed equilibrata del territorio volta ad assicurare:

- la salvaguardia e la conservazione degli ambienti naturali, degli ecosistemi più stabili, dei biotopi di più rilevante interesse, degli aspetti geomorfologici più caratteristici;

(\*) Via Torino, 13 - 75022 Irsina (MT - Italy)

(\*\*) Viale Europa, 15 - 75100 Matera (Italy)

– il rilancio delle attività agro-silvo-pastorali di conduzione dei terreni agricoli e dei pascoli del Parco, e la riscoperta delle attività artigianali;

– la incentivazione di attività economiche innovative finalizzate ad un incremento del turismo, quello rispettoso dell'ambiente e delle tradizioni, con l'adeguamento delle strutture ricettive, dando impulsi alla utilizzazione di fabbricati esistenti o ad una attività emergente quale l'agriturismo;

– l'organizzazione di attività di ricerca scientifica e di divulgazione a carattere didattico-educativo per una valorizzazione e riscoperta degli aspetti qualitativi del territorio.

Un esempio di tutela e di conservazione della natura e nello stesso tempo una programmazione economica che offrirebbe soluzioni concrete per il rilancio dei settori tradizionali, primi tra tutti l'agricoltura e l'artigianato, o di nuove figure professionali: la guida naturalistica, l'educatore ambientale. Nella nostra cultura, la salvaguardia di determinate specie vegetali e popolazioni animali spesso riveste un ruolo importante che supera l'interesse per i beni inanimati, ad esempio rocce e suoli, che vengono presi in minore considerazione, sia per un obiettivo minore interesse da parte del pubblico, che per l'effettiva difficoltà, o non immediatezza, nella comprensione. E' importante però tenere conto che tali risorse, non rinnovabili e testimonianza di età lontane, costituiscono una delle componenti essenziali del paesaggio, per cui diventa necessario inserire, negli itinerari turistici e soprattutto in quelli agrituristici, accanto alle componenti del territorio di cui fruire, la componente geologica e geomorfologica.

## 2. – INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Aliano, situata tra il fiume Agri e l'affluente Sauro, è parte integrante di quel paesaggio calanchivo che caratterizza l'estremità orientale del bacino di S.Arcangelo. Quest'ultimo, strutturalmente definito come piggyback basin (CALDARA *et alii*. 1988) si colloca in un'area interna rispetto al fronte più avanzato dell'Appennino meridionale, per cui poggia interamente su terreni pre-pleiocenici ancora in traslazione durante le fasi di riempimento del bacino stesso. L'aspetto strutturale del bacino, permette di definire i principali caratteri paleogeografici rappresentati da un'area di sedimentazione poco profonda delimitata a ovest e a sud da alti rilievi corrispondenti agli attuali M.Raparo, M.Alpi, e M.Pollino e sul lato orientale parzialmente confinata da una dorsale sommersa, l'attuale Stigliano-Montegiordano, che solo nel Pleistocene medio, solle-

vandosi, la separò dalla Fossa Bradanica. In tal modo appare evidente che la parte settentrionale del bacino era alimentata sia dai quadranti occidentali che da quelli settentrionali con un riempimento proceduto da ovest verso est attraverso più fasi sedimentarie. Non meno importanti sono stati gli eventi tettonici che, verificatisi contemporaneamente alla sedimentazione, hanno determinato un'avanzamento verso ENE del substrato alloctono e successive deformazioni nei depositi, soprattutto lungo il bordo occidentale, producendo discordanze di tipo sintettonico.

### 2.1 – CENNI BIBLIOGRAFICI

Negli anni '60, a seguito dei lavori di aggiornamento della Carta Geologica d'Italia, studi, in prevalenza di tipo stratigrafico, permettono di distinguere due successioni di età diversa (VEZZANI, 1966; 1967a; 1967b; 1968; LENTINI 1967; 1968; 1969; OGNIBEN 1969a; 1969b; LENTINI & VEZZANI 1974). La prima, spesso fino a 1450 m, è caratterizzata da più unità: conglomerati e sabbie basali, argille marnose, sabbie e conglomerati sommitali, di età inframesopliocenica (Ciclo di Caliendo - VEZZANI 1966) i cui termini, depositatisi in un bacino molto ampio, poggiano in discordanza sui terreni prepleiocenici. La seconda successione, databile Pliocene superiore-Calabrian (VEZZANI 1967a; OGNIBEN 1969a), poggia in discordanza sulla precedente ed è caratterizzata da una potente unità di argille marnose grigio-azzurre passante eteropicamente verso W ad una unità sabbioso-siltosa (Sabbie di Aliano), che a sua volta è in eteropia con una unità sabbioso-conglomeratica (Conglomerato di Castonuovo). Nel 1988, CALDARA *et alii*, distinguono all'interno della seconda successione di VEZZANI (1967) quattro successioni sedimentarie discordanti l'una sull'altra. Gli eventi tettonici sinsedimentari, hanno condizionato la deposizione delle varie successioni; in particolare la presenza di una importante piega anticlinale con asse Guardia Perticara-Alianello, ha determinato la separazione di due zone, una orientale ed una occidentale. La prima successione, che caratterizza il settore occidentale, è costituita da due unità stratigrafiche composte rispettivamente da sabbie e conglomerati. La seconda, anch'essa nel settore occidentale, è costituita da conglomerati, spessi fino a 100 m, passanti lateralmente e superiormente ad argille ricche di livelli siltosi e fittamente stratificati. La terza successione si rinvia nel settore orientale ed è rappresentata in prevalenza da argille-siltose sabbie e conglomerati. La quarta successione è costituita da conglomerati in gia-

citura orizzontale con matrice argillosa. Un quadro stratigrafico che meglio caratterizza i sedimenti affioranti nella parte settentrionale del bacino di S. Arcangelo, è stato proposto da studi recenti (PIERI P., SABATO L., LOIACONO F., MARINO M., 1994). Sono state individuate quattro «sequenze deposizionali», definite cicli, di età compresa tra il Pliocene superiore e il Pleistocene medio. Ogni ciclo, spesso parecchie centinaia di metri, rappresenta un «sistema deposizionale» (alluvionale, marino-deltizio, lacustre) all'interno del quale si sono distinte tre unità litostratigrafiche corrispondenti a differenti elementi deposizionali. I° ciclo (ciclo di Caliandro). È la formazione più antica, in contatto discordante sulle formazioni pre-plioceniche, costituita da tre unità: Conglomerati e Sabbie,  $Pl^2_{cs}$ ; Argille marnose,  $Pl^2_a$ ; Sabbie e Conglomerati,  $Pl^2_{sc}$  per uno spessore totale di circa 1000 m. Si sviluppa da ovest verso est con una tipica geometria a cuneo. II ciclo (ciclo dell' Agri ). È costituito da tre unità: Argille siltose,  $Pl^2-Pl^1_a$ ; Sabbie,  $Pl^2-Pl^1_s$ ; Conglomerati,  $Pl^2-Pl^1_{cg}$  disposte a cuneo e in discordanza sintettonica sul sottostante ciclo. III ciclo (ciclo del Sauro). Si sviluppa nell'area più orientale del bacino. È costituito da tre unità: Argille siltose,  $Pl^{1-2}_a$ ; Sabbie,  $Pl^{1-2}_s$ ; Conglomerati  $Pl^{1-2}_{cg}$ . IV ciclo (ciclo S. Lorenzo). Tali depositi, affioranti in un'area piuttosto ristretta allungata in direzione NW-SE, sono costituiti da tre unità: Conglomerati  $Pl^1_{cgl}$ , Argille siltose  $Pl^1_a$ , Conglomerati  $Pl^1_{cg}$ .

### 3. – INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Per quanto concerne le caratteristiche geomorfologiche dell'area, si distinguono diversi morfotipi:

*forme strutturali* rappresentate da monoclini, pieghe e scarpate di faglia orientate principalmente in direzione NW-SE;

*forme di erosione*, calanchi e biancane, che caratterizzano in particolare i terreni argillosi della zona ad est di Aliano;

*forme di denudazione*, nicchie di distacco di frane, riscontrate essenzialmente nell'ambito dei terreni sabbioso-conglomeratici e *forme di accumulo*, corpi di frana, falde di detrito, presenti principalmente lungo le valli fluviali, conoidi alluvionali e terrazzi.

#### 3.1 – MORFOTIPI

L'evoluzione geologica, il clima, le caratteristiche litostratigrafiche, sono le cause principali di diversi morfotipi presenti nell'area in esame.

##### 3.1.1 – *Forme strutturali legate a processi tettonici*

Nella parte settentrionale del Bacino di Sant'Arcangelo sono ben riconoscibili alcuni elementi stratigrafici e tettonici, che permettono una ricostruzione geologica e paleogeografica della intera area. Le forme legate ad azioni tettoniche sono numerose, ma in questo lavoro saranno prese in considerazione solo quelle di maggiore rilevanza scientifica, paesaggistica ed educativa. Nella valle del Sauro sono riconoscibili tipiche forme strutturali; in località Fontana la Farna (sinistra orografica del T. Sauro), è riconoscibile una faglia inversa che mette in contatto l'unità più bassa del ciclo di Caliandro con l'unità prepliocenica. Questa faglia è legata principalmente agli avanzamenti verso ENE dei terreni prepliocenici determinando una serie di deformazioni in corrispondenza del bordo occidentale del bacino. L'anticlinale Guardia Perticara-Alianello, orientata in senso appenninico, è visibile lungo il versante sinistro del Torrente Sauro in prossimità del fosso Piscia Forno. Questa struttura, che si è formata nel bacino nel Pliocene superiore, ha costituito gradualmente un alto morfostrutturale responsabile della separazione di due nuove aree di sedimentazione: una interna e una esterna. La prima, isolata dal mare, è sede dei depositi continentali del ciclo di San Lorenzo (Pleistocene inferiore); la seconda, collegata con il bacino dalla Fossa Bradanica, è caratterizzata dalla presenza di sedimenti di *fan delta* appartenenti al ciclo del Sauro (Pleistocene inferiore - Pleistocene medio basale).

Una ulteriore conferma di tettonica sinsedimentaria (ben osservabile in sinistra del Torrente in località fosso della Gruma-fosso della Rocca) è evidenziata dal rapporto tra due sequenze deposizionali: il ciclo dell'Agri e il ciclo del Sauro. Sull'affioramento si nota la discordanza angolare sintettonica che distingue i due cicli, le inclinazioni decrescenti e il trend regressivo del ciclo inferiore. Il ciclo del Sauro inizia con l'unità conglomeratica più spessa, discordante, al contatto con l'unità sabbiosa del ciclo dell'Agri. Sempre lungo la valle del fiume Sauro, sono evidenti le due faglie distensive (faglia di Guardia Perticara-Alianello, faglia del Sauro) la cui attività ha favorito il sollevamento della dorsale Stigliano-Montegiordano. Sul versante destro del T. Sauro in località Mancosa, una serie di allineamenti in direzione NW-SE, individuati essenzialmente sulla base di indizi di carattere morfologico (tratti rettilinei di corsi d'acqua con relativi gradini morfologici) sono rappresentativi di faglie dirette con rigetto di modesta entità che hanno dislocato i terreni sabbiosi del ciclo del Sauro. Anche lungo la valle del

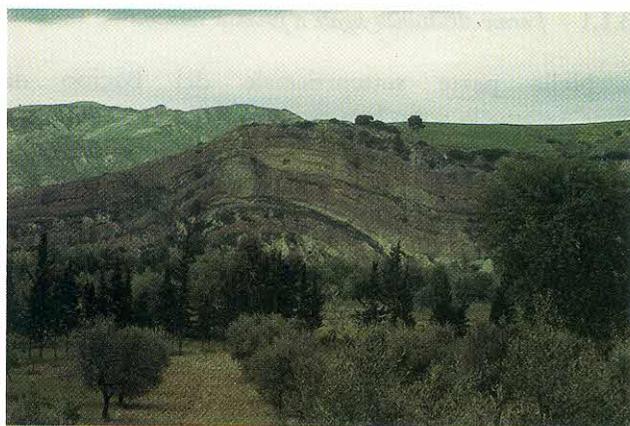


Fig. 1. – Anticlinale sinsedimentaria nei depositi conglomeratici del «Ciclo di S. Lorenzo» lungo il F. Agri (Alianello).

– *Synsedimentary anticline in the conglomeratic deposits of "S. Lorenzo cycle" along Agri river (Alianello).*

Fiume Agri sono presenti caratteristiche forme strutturali. Vale la pena ricordare, per la sua fruibilità didattica, l'anticlinale sinsedimentaria costituita dai conglomerati di conoide alluvionale del ciclo di S. Lorenzo (Alianello) (fig. 1). In località Murgia di S. Oronzo, in destra orografica del Fiume, è inoltre ben visibile una forma di erosione a torrione prodottasi nella formazione conglomeratico-sabbiosa del ciclo dell'Agri, dovuta probabilmente all'azione criotermoclastica che ha amplificato la diaclasi preesistente (fig. 2). A Nord-Est di Aliano, sono ben riconoscibili una serie di rilievi a struttura monoclinale tipo «*cuesta*», separati da solchi fluviali; modellati sui terreni argilloso-sabbiosi del ciclo del Sauro, sono allungati in direzione W-E con strati ad immersione a N e NE. I versanti più inclinati, esposti a mezzogiorno, sono stati interessati da processi di erosione che hanno dato luogo alla formazione di tipiche forme calanchive.

### 3.1.2 – *Forme di versante di denudazione e accumulo dovute alla gravità*

Le valli del F. Agri e del T. Sauro sono per la maggior parte caratterizzate da un fondovalle piatto e piuttosto largo delimitato da versanti mediamente inclinati in corrispondenza dei quali si manifestano fenomeni di denudazione di varia natura. Le forme maggiormente diffuse, che caratterizzano essenzialmente la zona occidentale dell'area, interessando le parti più elevate dei rilievi, sono quelle legate ai movimenti di massa (frane da crollo, scorrimento e colamento). La tipologia e la ubicazione dei dissesti sono strettamente connesse con la natura litologica e la giacitura dei terreni affioranti nel territorio. Le sommità piatte dei

rilievi, costituiti da conglomerato poligenico del ciclo dell'Agri, sono caratterizzate da orli che mostrano in più punti delle rientranze, grosso modo semicircolari, dovute probabilmente al distacco di frane da crollo la cui superficie di rottura di solito si presenta piatta e verticale. Anche nella zona di Aliano, le sabbie del ciclo del Sauro, per i loro caratteri di elevata permeabilità e scarso grado di cementazione, sono facilmente erodibili e predisposte a particolari tipi di dissesto. Sui versanti in cui sono evidenti testate di strato, a reggipoggio con pareti alte e ripide soggette di solito a frane per crollo, più intense nei periodi di alta piovosità, esse appaiono caratterizzate da superfici di distacco nette, subverticali piane o conformate a vanga e soggette a movimenti di scoscendimento rotazionale o traslazionale secondo il grado di coesione del materiale sciolto. Gli effetti morfologicamente più vistosi che interessano le sabbie e le argille del ciclo dell'Agri, sono connessi con le frane di scoscendimento le cui cause sono da ricercare nelle infiltrazioni delle acque piovane o

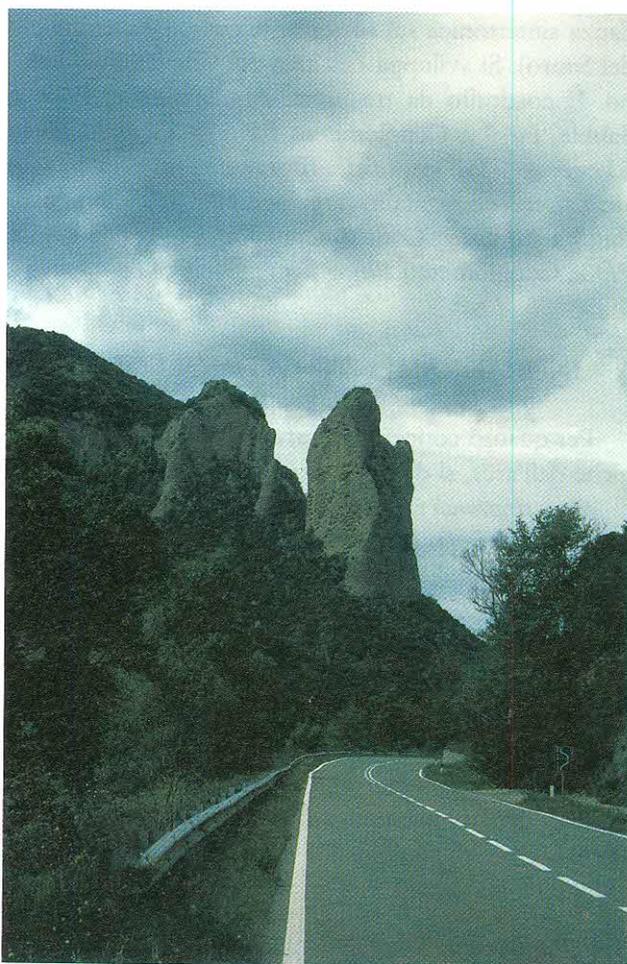


Fig. 2. – Forma di erosione a torrione lungo il F. Agri in località Murgia di S. Oronzo.

– *Tower shaped erosion along Agri river near the Murgia di S. Oronzo.*



Fig. 3. – Veduta panoramica di un paesaggio calanchivo a est di Aliano nei terreni argillosi del Ciclo del Sauro.

– View of “Calanchi” landscape east of Aliano in the clayey terrains of “S. Lorenzo cycle”.



Fig. 4. – Veduta panoramica di un paesaggio a biancane a sud - est di Aliano nei terreni argillosi del Ciclo del Sauro.

– View of “Biancane” landscape south-east of Aliano in the clayey terrains of “S. Lorenzo cycle”.

nelle azioni dirette e indirette dei sismi. Un esempio di frane di questo tipo sono quelle osservabili in località Balzo del Corvo. Le forme di accumulo legate a processi di denudazione caratterizzano le aree antistanti le nicchie di distacco di frana. Questi depositi in alcune zone sono stati per la maggior parte erosi, in altre si rinvengono poco modificati. Le superfici dei versanti a debole e media pendenza si presentano, a luoghi, variamente ondulate verso il fondovalle; a monte si possono osservare delle piccole scarpate. Tale fenomeno è legato a processi di umidificazione ed essiccazione che inducono ad una perdita di coesione e ad un aumento di peso dei terreni che tendono quindi a muoversi lentamente verso valle sotto l'azione della gravità (Mass. Colucci).

### 3.1.3 – Forme fluviali di erosione e di accumulo

L'abitato di Aliano, posto alla quota media di 535 m, presenta pianta allungata da NW a SE, la parte meridionale che è anche la più antica, sorge sull'ormai strettissimo crinale che separa le testate di due profonde incisioni vallive: il Fosso Lago a ovest e il Fosso Guardatore a est. A nord dell'abitato sui versanti dei rilievi argillosi si intercalano strati siltoso-sabbiosi. Qui i versanti si presentano con una superficie spezzata in due segmenti con differente inclinazione in funzione delle caratteristiche meccaniche e strutturali dei litotipi. Nel settore orientale le sabbie francamente argillose, disposte a reggipoggio ed aventi una esposizione grosso modo a mezzogiorno (a SW, a S e a SE), danno luogo alla formazione di tipiche forme: i calanchi.

In tale area, si possono distinguere due ambienti morfologici principali, caratterizzati da una diversa distribuzione delle forme d'erosione:

– rilievi ad alta energia, costituiti da argille cui si intercalano a luoghi livelli o strati sabbiosi con il caratteristico paesaggio a calanchi, soggetto ad erosione lineare che dà luogo ad incisioni tra loro ravvicinate e separate da sottili creste strette e profonde costituite da balze a lama di coltello (fig. 3).

– nei rilievi ad energia medio-bassa, formati da sole argille, l'evoluzione dei calanchi, dopo un generale arretramento degli interfluvii e una frammentazione trasversale delle creste ha portato, là dove l'evoluzione delle forme del terreno è più avanzata, alla formazione di rilievi residui in forma di gobbe tondeggianti: le biancane (località Frattine di Capobianco) (fig. 4).

Rappresentano piccoli rilievi tondeggianti con drenaggio a sviluppo radiale e con un diverso grado di maturità legato alla forma geometrica: quelle più simmetriche rappresentate da forme più piccole, sono le più mature; invece, quelle asimmetriche risultano meno evolute. Tali forme sono di altezze e diametri variabile, nelle zone più basse sono spesso coperte sulla sommità da vegetazione erbacea.

In definitiva, la formazione dei calanchi è favorita oltre che dalla litologia, dal clima mediterraneo a forte contrasto stagionale umido-arido, dall'esposizione dei versanti (essenzialmente a sud), e dalla mancanza di copertura vegetale, ma, anche dalle caratteristiche strutturali (i versanti a reggipoggio mostrano più frequentemente, di quelli a franapoggio, una evoluzione di tipo calanchivo). Inoltre, recenti studi sui calanchi in Basilicata, mostrano come i caratteri chimici, mineralogici e fisico meccanici propri dei terreni argillosi rivestono una particolare importanza sulla morfogenesi calanchiva. Altre forme di erosione, riconoscibili nelle sabbie gialle del ciclo del Sauro, sono rappresentate dalle cosiddette piramidi di terra, forme però destinate in breve tempo ad essere demolite dagli agenti esogeni.

Le forme di accumulo fluviale, sono particolarmente evidenti lungo il F. Agri, tra Missanello e Alianello. Infatti, in destra orografica del fiume, sono stati individuati due ordini di terrazzi, riferibili a distinti episodi di accumulo. Il terrazzo di primo ordine si rinvia a quota 270 m circa, quello di secondo ordine a quota 240 m. I depositi alluvionali presenti sono rappresentati da superfici subpianeggianti, leggermente inclinate verso l'alveo e limitate verso il fondovalle da ripide scarpate modellate nelle alluvioni. In sinistra orografica, lungo il fondovalle dell'Agri, allo sbocco di alcuni fossi che incidono il versante, si osservano delle conoidi alluvionali con pendenza lieve, a contatto tra loro.

#### 4. – CONCLUSIONI

Lo studio condotto nel Bacino di Sant'Arcangelo, ha avuto come scopo il censimento dei beni culturali a carattere geologico (forme strutturali) e geomorfologico (forme di denudazione e forme fluviali), di valenza locale.

Questo patrimonio, paesaggistico e naturalistico, va salvaguardato non soltanto perchè testimonianza di età lontane, ma anche perchè fonte di incentivazione di attività economiche finalizzate ad un incremento di un turismo rispettoso dell'ambiente.

#### BIBLIOGRAFIA

- BOENZI F., PALMENTOLA G. & VALDUGA A. (1976) - *Caratteri geomorfologici dell'area del Foglio «Matera»*. - Boll. Soc. Geol. It., **95**, Roma.
- CAGGIANELLI A., DELLINO P., SABATO L., (1992) - *Depositi lacustri infrapleistocenici con intercalazioni vulcanoclastiche (Bacino di Sant'Arcangelo, Basilicata)*. Il Quaternario, (5) 1, 123-132, Napoli.
- CALDARA M., LOIACONO F., MORLOTTI E., PIERI P. & SABATO L. (1988a) - *Caratteri geologici e paleoambientali dei depositi plioleistocenici del Bacino di Sant'Arcangelo (parte settentrionale); Italia meridionale*. Atti 74° Congr. Naz. S.G.I., Sorrento, 13-17 Settembre 1988, B, 51-58, Benevento.
- CALDARA M., LOIACONO F., MORLOTTI E., PIERI P. & SABATO L. (1988b) - *I depositi plioleistocenici della parte nord del Bacino di Sant'Arcangelo (Appennino Lucano): caratteri geologici e paleoambientali*. Mem. Soc. Geol. It., **41**: 391-410, Roma.
- CALDARA M., LOIACONO F., MORLOTTI E., PIERI P. & SABATO L. (1989) - *I depositi plioleistocenici della parte nord del Bacino di Sant'Arcangelo (Appennino Lucano): caratteri geologici e paleoambientali*. Not. Gruppo Inf. Sed. **4**: 13-15, Bologna.
- Carta geomorfologica d'Italia 1:50000. Guida al rilevamento*. (1994). Servizio geologico nazionale. Quaderni serie III, volume 4.
- CARBONE S., CATALANO S., LAZZARI S., LENTINI F. & MONACO C. (1991) - *Presentazione della Carta Geologica del Bacino del Fiume Agri (Basilicata)*. Mem. Soc. Geol. It., **47**: 129-143, Roma.
- CASTIGLIONE G. B. (1979) - *Geomorfologia*. UTET.
- Comunità Montana Terminio - Cervialto (1979) - *Parco regionale dei Monti Picentini*, Montella.
- DEL PRETE M., BENTIVENGA M., COPPOLA L., RENDELLI H., (1992) - *Aspetti evolutivi dei reticoli calanchivi a sud di Pisticci*. Convegno Nazionale Giovani Ricercatori in Geologia Applicata, Viterbo, in corso di stampa.
- DEL PRETE M., (1994) - *Aspetti evolutivi dei versanti in Argille subappennine dell'avanfossa Bradanica*. Estratto della Rivista di Agronomia anno XXVIII- n. 4.
- GISOTTI G., (1971) - *L'intervento del geologo nell'ambito dei Parchi Nazionali e delle Riserve Naturali, elementi dell'assetto territoriale*. Atti del 2° Convegno Nazionale di studi sui problemi della Geologia Applicata, Genova. Associazione Nazionale Geologi Italiani.
- GISOTTI G., (1987) - *Il paesaggio geologico come risorsa agrituristica: il caso del Pollino*. Genio Rurale, n. **2**, feb. Edagricole Bologna.
- GISOTTI G., (1988) - *Principi di geopedologia*. Calderini.
- GISOTTI G., BRUSCHI S., - *Valutare l'ambiente. Guida agli studi di impatto ambientale*. La Nuova Italia Scientifica.
- GUERRICCHIO A., MELIDORO G., (1979) - *Contributo alle conoscenze sull'origine dei calanchi nelle Argille grigio-azzurre Calabrie della Lucania*. Annali della facoltà di Ingegneria dell'Università di Bari. Nuova serie Vol. IV, 101-106, Bari.
- GUERRICCHIO A., MELIDORO G., (1981) - *Movimenti di massa pseudo-tettonici nell'Appennino dell'Italia Meridionale*. Geol. Appl. e Idrogeol. Vol. XVI, Bari.
- KAISER B. (1964) - *Studi sui terreni e sull'erosione del suolo in Lucania*. Ed. Montemurro, Matera.
- NEBOIT R. (1975) - *Plateaux et collines de Lucanie orientale et des Pouilles*. 714 pp, Libraire Honore Champion, Paris.
- OGNIBEN L., (1969a) - *Note illustrative del F° 211, «S. Arcangelo»*. Serv. Geol. D'It., 80 pp., Roma.
- PIERI P., SABATO L., LOIACONO F. (1993) - *Carta geologica del Bacino di Sant'Arcangelo (tra il Torrente Sauro e il Fiume Agri)*. Ed. Paternoster, Matera.
- PIERI P., SABATO L., LOIACONO F. & MARINO M. (1994) - *Il Bacino di Piggy Back di Sant'Arcangelo: evoluzione tettonico sedimentaria*. Boll. Soc. Geol. It., 465-481, Roma.
- Società Italiana di Geologia Ambientale - SIGEA (1994-1995): *I paesaggi geologici italiani*. Verde Ambiente, Roma.
- VITTORINI S. (1977) - *Osservazione sull'origine e sul ruolo di due forme di erosione nelle Argille: calanchi e biancane*. Boll. Soc. Geogr. It. Ser. **10**: 6.

## Un esempio di valutazione dei beni geomorfologici nelle Dolomiti di Fànes (Italia)

### *An example of geomorphological assets evaluation in the Fànes Dolomites (Italy)*

MARCHETTI M. (\*) & VEZZANI A. (\*)

**RIASSUNTO** - Viene presentato un esempio di valutazione dei beni geomorfologici nelle Dolomiti di Fànes. Nell'area affiora parte della successione mesozoica delle Dolomiti e la morfologia è principalmente connessa a sistemi climatici glaciali e periglaciali oltre che alle relazioni con la struttura geologica. Le ricerche in atto per la valutazione dei beni geomorfologici implicano l'assegnazione di un livello di interesse significativo per quelle forme classificabili come beni. Sul M. Parei ad esempio affiora un conglomerato particolarmente significativo per la ricostruzione cronologica delle ultime fasi della tettonica Alpina; esso infatti, datato da un'associazione a microfaune all'Oligocene superiore - Miocene inferiore, è interposto tra sovrascorrimenti dinarici e sudalpini. La grande estensione di rocce calcaree mostra diffusi fenomeni carsici e, in prossimità di uno spartiacque, una parete, interamente scolpita dalle acque di fusione dei ghiacciai, rappresenta un chiaro esempio di bene geomorfologico. Altri beni sono rappresentati da un deposito glaciale nel Vallone di Rudo e da forme che costituiscono indizi di attività tettonica.

**PAROLE CHIAVE:** Geomorfologia, valutazione d'impatto ambientale, beni geomorfologici, Dolomiti, Italia settentrionale

**ABSTRACT** - An example of a procedure to evaluate the geomorphological assets in the Fànes Dolomites is presented. In the studied area the Mesozoic series of the Dolomites partially outcrops. The morphology of the area is principally due to the glacial and periglacial systems and to the geological structure. The studies in progress for the assessment of the geomorphological assets imply the attribution of a specific level of interest to those forms which have a significant scientific character. In example, a particularly significant conglomerate outcrops at M. Parei which is important for the chronological reconstruction of the last Alpine tectonic phases. The conglomerate, characterised by a Upper

Oligocene - Lower Miocene microfaunas, lies between two different dinaric and sudAlpine thrusts. A large karstic modelled limestone surface, characterised also by a wall modelled by ice-melting water erosion, is considered as a geomorphological asset. Other examples of geomorphological assets are represented by a glacial deposit in the Rudo Valley and by several forms which act tectonic activity.

**KEY WORDS:** Geomorphology, environmental impact assessment, geomorphological assets, Dolomites, northern Italy

#### 1. - INTRODUZIONE

Questo lavoro rientra in una più generale ricerca a carattere europeo che ha tra i propri scopi quello di definire un percorso metodologico, sufficientemente generale, per il riconoscimento e la classificazione dei beni geomorfologici e per una valutazione degli impatti che essi possono subire dall'azione antropica. Secondo questa metodologia (PANIZZA, 1995, 1996) nella valutazione di un bene geomorfologico gli attributi che possono conferirgli un valore sono essenzialmente di tipo scientifico, culturale, socio economico e scenico. Dal punto di vista scientifico il bene geomorfologico può essere importante secondo quattro valenze: come modello di evoluzione geomorfologica, come oggetto di esemplarità didattica, come testimonianza paleogeomorfologica o per la valenza ecologica. Al bene dev'essere poi assegnato un valore qualitativo a seconda del suo grado di interesse, basato sul criterio della rarità, da mondiale a non significativo.

(\*) Dipartimento di Scienze della Terra - Università degli Studi di Modena - Largo S. Eufemia, 19 - 41100 Modena (Italy)

Questa metodologia di valutazione è esprimibile mediante tabelle che indicano numericamente il bene e le valutazioni precedenti (PANIZZA *et alii*, 1996). Nell'area indagata sono state condotte indagini di tipo geomorfologico che hanno permesso la redazione della relativa carta geomorfologica di dettaglio a scala 1:10.000 e l'individuazione di forme e depositi classificabili come beni geomorfologici, successivamente illustrati su una specifica carta dei beni.

## 2. – INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOLOGICO

L'area studiata si trova al confine tra il Veneto e il Trentino - Alto Adige, precisamente tra le province di Belluno e di Bolzano. Essa appartiene alle Dolomiti di Fanes limitata a N dall'Alpe di Sennes, ad E dal Torrente Boite, a S dalla parte settentrionale del Gruppo delle Tofane, e ad W dall'Alpe di Fanes Piccola. L'aspetto caratteristico dell'area è un paesaggio a vasti altipiani non superiori ai 2500 m di altitudine; idrograficamente è compresa in zona di spartiacque tra il bacino del Fiume Piave e quello del Fiume Adige; essendo in gran parte costituita da litologie a composizione calcarea, la rete idrografica è scarsa con evidenti indizi di circolazione sotterranea.

Geologicamente nell'area affiora parte della successione mesozoica delle Dolomiti, dai sedimenti di piana marina costiera della Formazione di Raibl e di Dolomia principale, a quelli di banco tropicale sommerso dei calcari grigi, fino a sedimenti di mare profondo come il Rosso Ammonitico e il Biancone (MUTSCHLECHNER, 1932; OGIIVIE GORDON, 1934). Un conglomerato di ambiente litorale marino datato per un'associazione a microfaune all'Oligocene superiore-Miocene inferiore (CROS, 1966) è presente su M. Parei di Fanes Grande; esso è particolarmente importante in quanto poggia sui sovrascorrimenti ovest-vergenti paleogenici della deformazione dinarica ed è a sua volta ricoperto da un sovrascorrimento sud-vergente della deformazione sudalpina di età neogenica (DOGLIONI & STORPAES, 1990). La varietà di formazioni litologicamente diverse ha creato una morfologia selettiva dai forti contrasti. Lo stile tettonico è dato da una serie di disturbi per faglia, diretti soprattutto da WNW a ESE e ad andamento sinuoso.

La morfologia è varia, in parte connessa a sistemi climatici glaciali e periglaciali, in parte, come già detto, alle relazioni con la struttura geologica. La morfogenesi glaciale ha modellato le valli, scavato circhi di dimensioni anche notevoli (ad esempio il circo di Col Bechei - Croda

del Becco nel versante esposto a NNW che ha un diametro di circa 1500 m) e lasciato ingenti depositi glaciali; secondo BEVILAQUA (1953) questi sono attribuibili agli stadi di Gschnitz (tardo Würm). Attualmente i processi più attivi sono quelli dovuti principalmente alla gravità e conseguentemente i depositi più estesi sono costituiti da coni detritici, falde detritiche e frane di crollo, non mancano tuttavia tracce di reptazione e depositi colluviali.

L'idrografia attuale è scarsa e difficilmente sembra coincidere con quella che ha originato le valli. È probabile che in epoca pre Quaternaria ci fosse una rete torrentizia molto efficiente impostata sui terreni terziari; quando l'erosione produsse il denudamento delle sottostanti successioni calcaree mesozoiche allora le acque cominciarono a divagare e a disperdersi in inghiottitoi carsici. L'aumento di deflusso sotterraneo produsse un calo di portata nel reticolo superficiale e conseguentemente anche un calo della capacità erosiva delle acque superficiali e quindi la conservazione di una morfologia ad altipiani.

Le morfologie fluviali non sono dunque particolarmente rilevanti e i depositi sono limitati a qualche cono alluvionale e ad un solo terrazzo. Sono da citare alcuni depositi palustri per lo più a monte di sbarramenti morenici e tre laghi la cui origine sembra legata sia al carsismo che al glacialismo.

## 3. – BENI GEOMORFOLOGICI

La metodologia adottata per la valutazione dei beni geomorfologici prevede la cartografia geomorfologica di dettaglio dell'area ed il riconoscimento secondo le modalità indicate da PANIZZA (1995), (1996); PANIZZA *et alii* (1996) della qualità del paesaggio, ottenuta come prodotto del valore per il grado di conservazione dello stesso.

In riferimento alla metodologia per la valutazione dei beni geomorfologici sopra menzionata, nell'area si possono distinguere alcuni esempi di beni con diverse valenze scientifiche.

### 3.1. – CONGLOMERATO

Una grande testimonianza paleogeografica è data dal conglomerato di Monte Parei (fig. 1), da tempo noto in letteratura (MOJSISOVICS, 1879; KOBER, 1908; MUTSCHLECHNER, 1932; OGIIVIE GORDON, 1934; CITA & PASQUARÉ, 1959; CROS, 1966, 1978; LEONARDI *et alii*, 1967; DOGLIONI & BOSELLINI, 1987; BOSELLINI, 1989; DOGLIONI & STORPAES, 1990; PANIZZA & DIBONA, 1990); esso è particolarmente interessante



Fig. 1. – Il maggior affioramento del Conglomerato al Monte Parei di Fànes Grande. È particolarmente evidente la stratificazione.

– *The greatest outcrop of Conglomerate at Mount Parei di Fànes Grande. On the slope is clearly in evidence the conglomerate stratification.*

per la ricostruzione cronologica delle ultime fasi della tettonica Alpina, infatti sutura sovrascorrimenti ovest-vergenti Dinarici ed è ricoperto da quelli sud-vergenti Sudalpini. Poggia sui calcari liassici piegati, ma a luoghi i calcari sovrascorrono sul conglomerato. Tale evoluzione tettonica è osservabile nella parete S di Col Bechei e Monte Parei. Questo conglomerato è costituito da un insieme cementato di ciottoli poligenici da sub-arrotondati ad arrotondati, passante ad un'arenaria grossolana; litologicamente costituito da dolomie, calcari, frammenti di rocce metamorfiche e cristalline, ben stratificato e con uno spessore intorno ai 60-70 m; la genesi è litorale marina di fan-delta (PANIZZA & DIBONA, 1990). Sopra di esso si rinvengono lembi di un suolo di problematica interpretazione e apparentemente antico; dal dilavamento di questo suolo provengono ghiaie e ciottoli di quarzo (diametro da qualche mm a dieci cm) concentratisi per colluvio in avvallamenti e zone pianeggianti. L'area di Col Bechei sembra esser stata interessata da una pedogenesi riferibile a condizioni climatiche caldo-umide (né glaciali, né interglaciali data l'alta quota) e quindi ad epoche mioplioceniche o al massimo pleistoceniche iniziali, avvenuta a quote inferiori (il tasso di sollevamento della regione è infatti di circa di un mm/anno). Risulta quindi problematico spiegare la presenza di questo suolo su superfici esposte nel tempo a condizioni sfavorevoli in ambiente sia glaciale che interglaciale; le ipotesi più accreditate sono legate ai processi gravitativi (seppellimento del suolo ad opera di detriti di falda o frana) o a movimenti tettonici (sovrascorrimento) che ne avrebbero di fatto provocato il seppellimento. Nel caso della seconda ipotesi, se dimostrata, il sovrascorrimento indicherebbe attività tettonica recente.



Fig. 2. – Parete calcarea interessata da fenomeni carsici lungo la strada tra il Rifugio Fànes e il Passo di Limo.

– *Karstic phenomena on the limestone along the road between Rifugio Fànes and Limo Pass.*

### 3.2. – FORME CARSICHE

La generale povertà del reticolo idrografico è dovuta alla grande estensione degli affioramenti di rocce calcaree che provocano diffusi fenomeni carsici. Questi costituiscono ottimi esempi didattici di macro e microforme soprattutto sul piano circostante Lago Verde. Particolarmente adatta a fini didattici è la parete calcarea a valle del Passo di Limo (fig. 2) in prossimità dello spartiacque, interamente scolpita da solchi di dissoluzione carsica poco incisi, regolari e rettilinei nel senso della pendenza, evidentemente connessi alle acque di fusione dei ghiacciai e da fessure isorientate più profonde e irregolari da imputarsi alla permanenza di cunei di ghiaccio nella preesistente fratturazione (BEVILAQUA, 1953; PANIZZA & DI BONA, 1990).

### 3.3. – FORME E DEPOSITI GLACIALI

Nel Vallone di Rudo si rinvengono un imponente deposito glaciale che va da Lago Piciodél fin quasi a Rifugio Pederu. I depositi glaciali riempiono interamente il fondo della valle e, a tratti, alcuni dossi morenici sono cartografabili in continuità con le porzioni prossimali dei con di detrito. La morfologia del deposito è piuttosto irregolare, a dossi e avvallamenti di varie e notevoli dimensioni, dell'ordine anche di una centinaia di metri. Nei depositi si possono individuare almeno due grosse doline riprodotte e, particolarmente evidenti dalle fotoaeree alcuni archi morenici. Questi ultimi costituiscono un sistema a tre sbarramenti che nell'insieme individuano l'evoluzione del fronte glaciale: nell'arco più esterno si ha un unico sistema vallivo di fusione dei due singoli fronti prove-

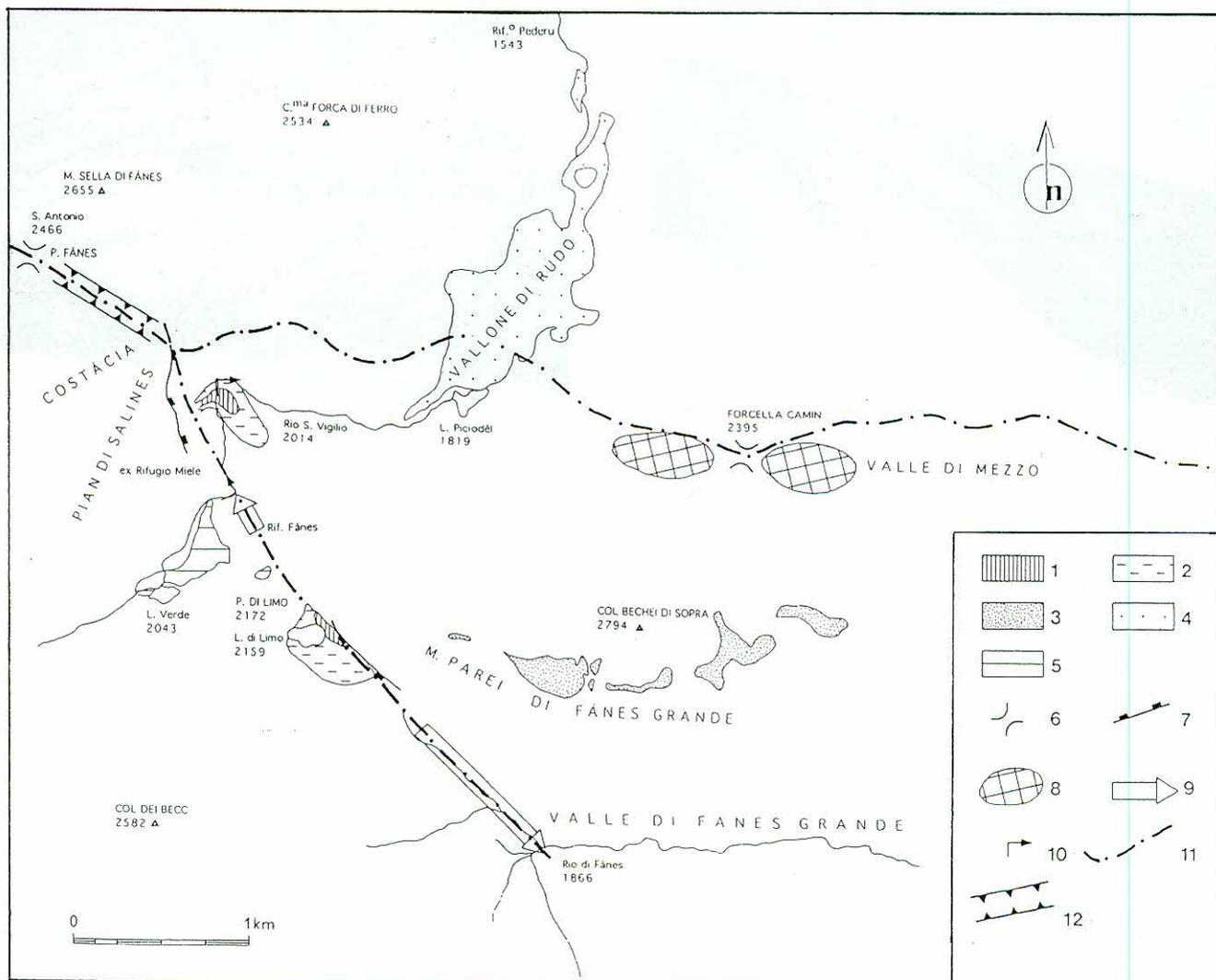


Fig. 3. – Schizzo dei beni geomorfologici nelle Dolomiti di Fanes. Legenda: 1) Biancone; 2) Rosso Ammonitico; 3) Conglomerato di M. Parei; 4) deposito morenico; 5) forma carsica; 6) sella; 7) scarpata; 8) area con forme particolari e/o allineate; 9) corso d'acqua rettilineo; 10) gomito fluviale; 11) lineamento tettonico; 12) evidente elemento tettonico.

– Schematic map of geomorphological assets in the Dolomiti di Fanes. Legend: 1) Biancone (formation); 2) Rosso Ammonitico (formation); 3) M. Parei conglomerate; 4) moraine deposit; 5) karst form; 6) saddle; 7) scarp; 8) area with particular recurrent and/or aligned forms; 9) linear river; 10) river bend; 11) tectonic lineament; 12) evident tectonic element.

nienti da Forca di Ferro e soprattutto da Fanes; nel secondo e nel terzo arco s'intravede un avvicinamento dei fronti verso i reciproci versanti di provenienza. A monte del deposito si è formato un laghetto la cui origine è chiaramente dovuta allo sbarramento più elevato e che attualmente appare in estinzione per l'apporto detritico dai versanti.

Per la quota a cui giungono i singoli archi rispetto alle linee di cresta dei bacini alimentatori, il sistema s'inserisce secondo BEVILAQUA (1953) nello schema degli stadi di Gschnitz (tardo Würm). Questo deposito morenico può essere considerato un bene geomorfologico perché testimonianza paleogeomorfologica di un sistema morfoclimatico di tipo glaciale (dif-

ferente quindi dall'attuale), perché esempio dell'evoluzione geomorfologica della lingua glaciale da un unico sistema vallivo di fusione a due a causa del progressivo ritiro dei fronti sui versanti.

### 3.4. – INDIZI DI ATTIVITÀ TETTONICA

Nell'area sono rappresentati numerosi esempi di indizi di attività neotettonica. Tra questi ve ne sono diversi che presentano un alto grado di esemplarità didattica; in particolare si devono citare gli indizi collegati alla faglia di Passo S. Antonio e a quella di Lago Limo (fig. 3).

### 3.4.1 – *Faglia di Passo S. Antonio*

Diversi indizi suggeriscono la presenza di un sovrascorrimento di gran sviluppo a direzione WNW-ESE:

- una sella molto marcata su Passo S. Antonio (Passo Fànes) a direzione NW-SE;
- un'evidente linea tettonica, perfettamente allineata alla sella suddetta verso SE, data dal troncamento della base della falda detritica proveniente dal M. Sella di Fànes contro il pianoro di Pian de Salines (Costacià);
- il gomito ad angolo retto del Rio S. Vigilio che da una direzione meridiana passa ad una verso ESE;
- la sella di Forcella Camin che separa il Vallone di Rudo dalla Valle di Mezzo;
- le due falde detritiche con evidenze di ruscellamento concentrato, allineate e presenti ai lati della sella di Forcella Camin.

Il contatto di tale sovrascorrimento a grande rigetto, è particolarmente evidente a Passo S. Antonio dove il paesaggio carsico di Costacià su Pian de Salines (calcari grigi) è posto a contatto con le creste scabre e fortemente degradate della dolomia del M. Sella di Fànes (fig. 4). È visibile lo stesso contrasto a Forcella Camin. L'abbondanza della copertura detritica nella Valle del Piciodél e nella Valle di Mezzo è una conferma del carattere non attivo del movimento. Gli indizi sopra esposti sono da considerarsi situazioni utili a fini didattici per la esemplificazione di casi di morfoselezione dovuta alla tettonica con ruolo passivo.

### 3.4.2 – *Faglia di Lago Di Limo*

Numerosi indizi suggeriscono la presenza di un sovrascorrimento ad andamento NNW-SSE che da oriente di Pian di Salines si estende fino in Val di Fànes:

- una scarpata che costituisce il lato orientale di Pian di Salines, di circa duecento metri di altezza a direzione N-S, estesa pressappoco per mezzo chilometro;
- più a SE un gomito nell'idrografia del Rio di S. Vigilio che ne devia il corso da SW-NE a N-S;
- una scarpata, con orientamento NW-SE, sulle pendici occidentali di Col Bechei di Sopra (ad oriente di Lago di Limo);
- la presenza del Lago di Limo (fig. 5);
- un alveo rettilineo, orientato parallelamente alla scarpata che scende dal Lago di Limo verso la Val di Fànes Grande.

Tali indizi segnalano la presenza di una linea tettonica alquanto complessa; questa dalla Val di Fànes si dirige a NW verso il Lago di Limo e l'omonimo passo e prosegue nella stessa direzione fino alla scarpata di Pian di Salines a N dell'ex Rifugio Miele. All'altezza del Lago di Limo a seguito della presenza di questa faglia



Fig. 4. – In primo piano la superficie sommitale costituita dai Calcari liassici sotto Pian di Salines colonizzata dai pini cembri caratterizzata da conche di dissoluzione carsica. In secondo piano il M. Sella di Fànes costituito da Dolomia Principale caratterizzata da scabre e degradate creste. Tra i due rilievi è presente il contatto tettonico del Passo S. Antonio.

*– In the foreground the liassic limestone of the top surface below Pian di Salines partially colonised by cembro pine and characterised by karstic depressions. In the background the "Dolomia Principale" formation at the M. Sella di Fànes which causes the rough peaks. The tectonic line of the Passo di S. Antonio lies between the two mounts.*

inversa, si trovano a contatto i calcari grigi delle pendici di Col Bechei con il Rosso Ammonitico e il Biancone della conca del lago. A N dell'ex Rifugio Miele invece la linea di faglia ha un tracciato più rettilineo e la disposizione delle formazioni geologiche evidenzia la trascorrenza sinistra di quest'ultima. Considerato l'apparente rigetto del sovrascorrimento di Col Bechei - Col dei Becc si ipotizza per questa faglia una trascorrenza sinistra con un rigetto di circa un chilometro. Oppure un movimento con una componente a forbice con perno circa a metà della linea, che trasforma il meccanismo di faglia inversa presso il Lago di Limo in una faglia diretta a N dell'ex Rifugio Miele. La scarpata di Pian di Salines presenta nella parte superiore una doppia e blanda sinclinale e verso il basso pieghette a chevron a ulteriore testimonianza dell'attività dell'area.

Gli indizi che caratterizzano la linea tettonica rappresentano buoni esempi di evoluzione geomorfologica di forme in presenza di attività tettonica.

## 4. – IMPATTO SU UNA EX MULATTIERA DI GUERRA

L'area rientra nel Parco Naturale di Fànes-Sennes-Braies istituito dalla provincia autonoma di Bolzano e gode quindi dei privilegi riservati alle aree protette, fatta eccezione per un insolito servizio taxi che da



Fig. 5. – La conca del Lago di Limo vista dalle pendici occidentali di Col Bechei di Sopra. Nella parte alta della foto la gradinata calcarea intorno al Parlamento delle Marmotte.

– *The depression of the Lake Limo from the western slope of Col Bechei di Sopra. In the upper side of the picture the flight of steps of the limestone near the "Parlamento delle Marmotte".*

Rifugio Pederu arriva in Val di Fànes Grande passando per il Parlamento delle Marmotte (fig. 5) e il Passo di Limo. Tale servizio opera su di una strada bianca già mulattiera di guerra a sezione piuttosto ampia e a luoghi risistemata con varie opere di stabilizzazione: muretti di contenimento al piede dei versanti, gabionate che bloccano i detriti e cementazioni del piano stradale lungo le curve più acclivi. Il traffico è sostenuto da un servizio a pagamento di sette/otto piccoli bus fuoristrada privati che, in un periodo che va da giugno a settembre fanno la spola dal Rifugio Pederu a Rifugio Fànes per il trasporto dei turisti. Nelle giornate serene di luglio e agosto, si può notare il passaggio di un bus ogni due - tre minuti; è quindi possibile valutare l'interesse economico al mantenimento di tale servizio. Un altro servizio trasporti molto meno intenso è fornito dal rifugio Fànes a Cortina d'Ampezzo attraverso il Passo di Limo e la Val di Fànes Grande.

Il mantenimento di questi servizi di trasporto induce problemi che devono essere attentamente valutati in aree protette come quella del parco in oggetto. Oltre ai disagi concreti imposti dal traffico, come quelli legati al danno biologico per l'inquinamento acustico e atmosferico, si avverte infatti forte l'offesa alla memoria storica di un percorso di guerra (Prima Guerra Mondiale) che, anziché essere considerato e tutelato come una sorta di museo all'aperto (potrebbe essere attrezzata qualche trincea della grande guerra localizzata nelle immediate vicinanze della strada), non possiede neppure una targa che spieghi al turista che sta percorrendo una vecchia strada militare.

*Questa pubblicazione è parte del progetto europeo «Human Capital and Mobility» (ERBCHRXCT930311): «Geomorphology and Environmental Impact Assessment: a network of researchers in the European Community», coordinatore Prof. M. PANIZZA, pubblicazione n. 50.*

## BIBLIOGRAFIA

- BEVILAQUA E. (1953) - *Aspetti morfologici della regione di Fànes*. Ist. Geogr. Univ. Padova, 3.
- BOSELLINI A. (1989) - *La storia geologica delle Dolomiti*. pp. 149, Dolomiti, S. Vito C.
- CITA M. B. & PASQUARÉ G. (1959) - *Studi stratigrafici sul sistema Cretaceo in Italia. Nota VI. Osservazioni micropaleontologiche sul Cretaceo delle Dolomiti*. Riv. Ital. Paleont. Stratigr., **65** (4): 385-444, 1 fig., 1 tab., Milano.
- CROS P. (1966) - *Age oligocène supérieur d'un poudingue du Monte Parei dans les Dolomites centrales italiennes*. C.R. somm. Soc. Géol. France, **7**: 250-252.
- CROS P. (1978) - *Interprétation des relations entre sédiments continentaux intrakarstiques et molasses littorales, oligo-miocène des Dolomites centrales italiennes*. Atti Cong. «Processi paleocarsici e neocarsici», 2-10, 3 figg., Napoli.
- DOGLIONI C. & BOSELLINI A. (1987) - *Eoalpine and mesoalpine tectonics in the Southern Alps*. Geol. Rund., **76** (3): 735-754, 18 figg., Stuttgart.
- DOGLIONI C. & SORPAES C. (1990) - *Polyphase deformation in the Col Bechei area (Dolomites - Northern Italy)*. Eclogae geol. Helv., **83** (3): 701-710, 6 figg., Basel.
- KÖBER L. (1908) - *Das Dachsteinkalkegebirge zwischen Gader, Rienz und Boita*. Mitt. Geol. Ges., **1**: 203-244, Wien.
- LEONARDI P. *et alii* (1967) - *Le Dolomiti. Geologia dei monti tra Isarco e Piave*. pp. 1025, Manfrini, Rovereto.
- MOJSISOVICS E. v. (1879) - *Die Dolomit - Riffe von Südtirol und Venetien. Beiträge zur Bildungsgeschichte der Alpen*. Wien.
- MUTSCHLECHNER G. (1932) - *Geologie der St. Vigilier Dolomiten*. Jahrb. Geol. Bundesanst., **82** (1 - 2): pp. 75, Wien.
- OGILVIE GORDON M.M. (1934) - *Geologie von Cortina d'Ampezzo und Cadore*. Jahrb. Geol. Bundesanst., **84** (1-4), pp. 59, Wien.
- PANIZZA M. (1995) - Introduction to a research methodology for environmental impact assessment. In: MARCHETTI M., PANIZZA M., SOLDATI M. & BARANI D. (Eds.): "*Geomorphology and ELA*". Quaderni di Geodinamica Alpina e Quaternaria, **3**: 13-26, Milano.
- PANIZZA M. (1996) - *Environmental Geology*. Elsevier, (in stampa).
- PANIZZA M. & DIBONA D. (1990) - *Segnalazione di un suolo al Col Bechei (Dolomiti di Fànes) e suo possibile significato neotettonico*. Il Quaternario, **3** (1): 31-38, 10 figg.
- PANIZZA M., MARCHETTI M. & PATRONO A. (1996) - *A proposal for a simplified method for assessing impacts on landforms*. Geomorphologic analysis and evaluation in environmental impact assessment. ITC **32**: 324, Enschede.

## La spiaggia e la falesia di Chiaia di Luna (isola di Ponza): un geotopo con problemi di pericolosità geologica e di fruizione turistica

### *The beach and the cliff of Chiaia di Luna (Island of Ponza): a site of geological interest with problems of geological hazard and tourist use*

D'ANGELO S. (\*), GISOTTI G. (\*) & LEMBO P. (\*)

**RIASSUNTO** – L'isola di Ponza è costituita da rocce di origine vulcanica legate a due principali fasi eruttive, sottomarina la prima e subaerea la seconda, che si sono sviluppate dal Pliocene superiore fino al Pleistocene, cui corrispondono rispettivamente: formazioni ialoclastiche brecciate e microbrecciate, depostesi a diretto contatto con l'acqua del mare, e piroclastiti e lave trachitiche.

La spiaggia di Chiaia di Luna, oggetto della ricerca, è sovrastata da un'alta falesia di oltre 100 m, lunga circa 1 km, costituita dai prodotti vulcanici sopra descritti e soggetta a un forte dissesto idrogeologico che minaccia i fruitori della spiaggia sottostante.

Il richiamo che esercita Chiaia di Luna è dovuto non solo alla spiaggia, ma anche alla spettacolare falesia, il geotopo per l'appunto, al cui interesse scientifico si collega l'aspetto turistico: le due funzioni sono strettamente intrecciate. Poiché l'economia dell'isola è basata principalmente sul flusso turistico-balneare e l'obiettivo principale è quello di preservare la fruibilità del sito, ogni intervento di tutela naturalistica deve considerare, oltre che il mantenimento del naturale processo evolutivo, anche i problemi di incolumità degli utenti.

Attualmente sono state adottate alcune misure di mitigazione del rischio geologico che, a giudizio degli Autori, costituiscono solo una soluzione temporanea.

Nel contesto delineato, la segnalazione del sito di Chiaia di Luna come geotopo vuole essere un contributo alla valorizzazione e alla salvaguardia di un importante patrimonio geo-ambientale.

**PAROLE CHIAVE:** Geomorfologia, geotopi, turismo.

**ABSTRACT** – The island of Ponza is composed of volcanic rocks deriving from two main eruptive phases, submarine and subaerial respectively, which occurred in the late Pliocene to Pleistocene period. The breccia and microbreccia hyaloclastic formations belong to the first phase, and outcrop widely in the central and northern areas of the island; they are the result of the emplacement of eruptive materials laid down directly in the sea water. After this first phase which led to the emersion of the island, a second occurred connected with subaerial emplacement of pyroclastic rocks and trachytic lavas which outcrop in the southern area of the island.

A steep cliff, more than 100 m high and about 1 km long overlooks the Chiaia di Luna beach i.e. the subject of this note. This cliff is composed of submarine volcanic products of acid type, with microbreccia facies. Small lava fragments floating in a vitreous matrix prevail in the northern sector of the cliff, and a more compact massive layer with big scoria is present in the southern sector. A crateric structure (tuff-cone) filled with finely bedded white-greyish ash tuffs, which testify a subaerial eruptive phase of explosive type can be noticed in the middle of the cliff. The colour contrast of the volcanic products, the colour band architecture and the setting, as spectacular as a theatrical backdrop facing a wide bay, make this site a unique natural monument. The tall subvertical wall is, however, subject to strong geological instability that threatens the users of the underlying beach. The tuff-cone, composed of pyroclasts more or less weakly cemented, is subjected to periodical rock-falls or toppling slips, whilst at

(\*) Servizio Geologico d'Italia - Via Curtatone, 3 - Roma.

the southern end of the cliff, near the entrance of a Roman gallery, wide-spread erosion prevails, so that the slope is furrowed by a small drainage channels along which loose scree moves and accumulates at the base of the cliff.

The appeal of Chiaia di Luna is not only due to the beach, but also to the spectacular cliff, that is the site of geological interest; it is clear that the two aspects, the scientific and the touristic one, are closely related, so that any preservation act for the cliff has to be balanced with planned preventative action against the landslides that put at risk the beach users' safety.

At present, some measures have been taken, in order to lower the geological hazard and to keep at least a portion of the Chiaia di Luna beach enjoyable. The measures consist in felling some already disjointed parts of the cliff, installing a wire-net near the Roman gallery to prevent rocks from falling and precluding access to zones of most risk. In the authors' opinion, these measures are only a palliative to the geomechanical stability and may represent an unreal security. Moreover, the Chiaia di Luna beach is almost exclusively fed by the materials that come from the dismantlement of the cliff, which are redistributed by the wave motion along the whole arc of the cove. The artificial blockage of the cliff would deprive the beach of its main feeding source, condemning it to a quick erosion and then to its gradual disappearance.

Nonetheless, because the island economy is mainly based on the sea-side tourism, the only option is to create an artificial beach by extending the existing one, in order to protect the current use of the site. Artificial beach accretion should come together with a submerged break-water that could help the accumulation and the preservation of the sand.

In such a framework, the designation of the Chiaia di Luna site as a site of geological interest and proposing its conservation through a process of natural evolution is seen as a contribution to both planning and management of a geo-environmental asset.

KEY WORDS: Geomorphology, geosites, tourism.

## 1. – INTRODUZIONE

Nell'isola di Ponza (Lazio) la spiaggia di Chiaia di Luna e la soprastante falesia rappresentano uno dei tratti di costa più rilevanti, dal punto di vista paesaggistico, del Tirreno centrale.

L'aspetto geologico e geomorfologico del sito fa sì che esso possa rientrare a pieno titolo fra i geotopi che meritano di essere salvaguardati (ARNOLDUS HUYZENDVELD *et alii*, 1995), rivestendo anche un rilevante interesse turistico (fig. 1).

## 2. – ASPETTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI DELL'ISOLA DI PONZA

L'isola di Ponza è costituita da rocce di origine vulcanica legate alle fasi tettoniche che dalla fine del Mio-

cene hanno interessato l'area; esse poggiano su di un substrato sedimentario, non affiorante nell'isola, che rappresenta il lembo emerso di un alto strutturale della piattaforma continentale medio-tirrenica (DE RITA *et alii*, 1988).

Tali prodotti vulcanici sono legati a due principali fasi eruttive, sottomarina la prima e subaerea la seconda, che si sono sviluppate dal Pliocene superiore fino al Pleistocene (CONTE *et alii*, 1994).

Alla prima fase corrispondono le formazioni ialoclastiche brecciate e microbrecciate, che affiorano estesamente nelle aree centro-settentrionali dell'isola; esse rappresentano il prodotto della messa in posto di materiali magmatici depositi a diretto contatto con l'acqua del mare che, per essere stati sottoposti ad un rapido raffreddamento, risultano minutamente frantumati. Queste formazioni rappresentano la facies più diffusa; litologicamente sono costituite da una microbreccia di colore grigiastro, immersa in una matrice vetrosa, talora solcata da venature ocracee dovute alla venuta di fluidi idromagmatici.

Dopo questa prima fase, che ha portato all'emersione dell'isola, ne succede una seconda legata ad un'attività vulcanica subaerea, con la messa in posto di piroclastiti e lave trachitiche, affioranti nell'area meridionale (VEZZOLI, 1988).

Le sue coste hanno uno sviluppo di oltre 41 km; si presentano estremamente frastagliate e circondate da alte falesie a picco sul mare, la maggior parte delle quali raggiunge e supera altezze di un centinaio di metri.

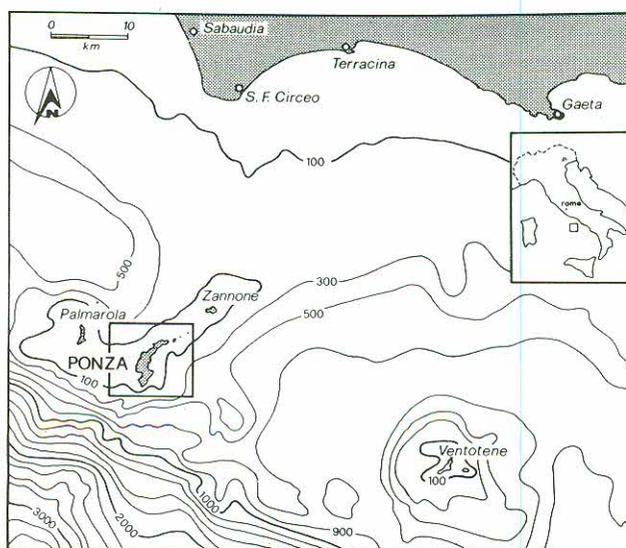


Fig. 1. – Ubicazione dell'area in esame.

– Location of the island of Ponza.

### 3. – LA SPIAGGIA E LA FALESIA DI CHIAIA DI LUNA: UN GEOTOPO EMBLEMATICO DELL' ARCIPELAGO PONTINO

La spiaggia di Chiaia di Luna è sovrastata da un'alta falesia di oltre 100 m, lunga circa 1 km (fig. 2).

Essa è costituita, nel settore Nord, dai prodotti vulcanici di ambiente sottomarino a carattere acido, riolitico-riodacitico, in facies microbrecciata, costituiti da frammenti lavici minuti immersi in una matrice vetrosa, determinati dal rapido raffreddamento del magma a diretto contatto con l'acqua del mare. Questa facies,

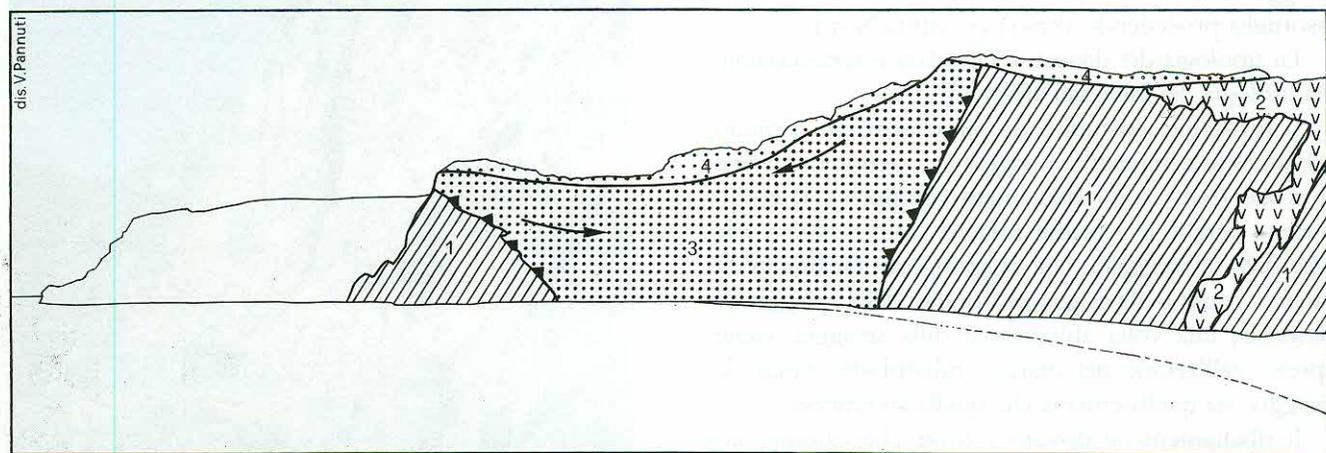
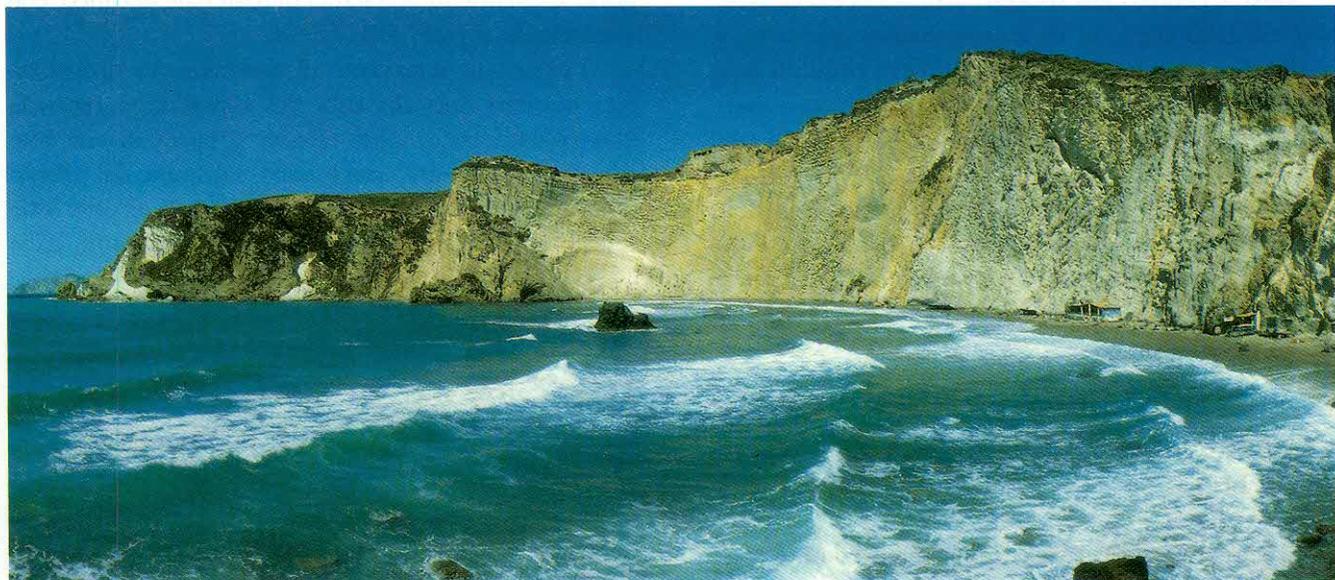


Fig. 2. – Schizzo geologico della falesia di Chiaia di Luna. 1) Facies brecciata e microbrecciata a cemento vetroso = ialoclastiti (unità sottomarina). 2) Ialoclastiti in facies lavica ossidianacea (unità sottomarina). 3) Prodotti idromagmatici del tuff-cone. Struttura craterica riempita da cineriti a stratificazione sottile in diretto contatto con le unità sottomarine in facies brecciata (unità subaerea). 4) Depositi continentali. 5) Faglie di collasso nel tuff-cone. 6) Inclinazione degli strati nelle cineriti. (da CARMASSI *et alii*, 1983).

– *Geological sketch of Chiaia di Luna cliff. Submarine volcanic units. 1) Rhyolitic hyaloclastites with brecciated and microbrecciated facies. 2) Hyaloclastites with obsidianaceous facies. Subaerial volcanic unit. 3) Hydromagmatic tuff-cone. 4) Continental deposits. 5) Collapse faults within tuff-cone. 6) Dip gradient of the tuff-cone beds.*

consolidandosi, ha isolato le successive venute di magma, che ha potuto raffreddarsi più lentamente, in facies sempre meno brecciate e più laviche; il settore Sud della spiaggia è infatti costituito da un bancone più compatto, con grosse scorie (BARBERI *et alii*, 1967). Fra le due facies descritte sono presenti delle fasce di alterazione idrotermale, di colore giallo-arancio, visibili nel settore meridionale del sito.

Verso il centro della spiaggia si riconosce una struttura craterica riempita da cineriti bianco-grigiastre, a stratificazione sottile (tuff-cone). Questi prodotti rappresentano una fase eruttiva di tipo esplosivo, subaereo, che ha determinato l'apertura e il collasso del cratere stesso.

Il contrasto di colorazione dei prodotti vulcanici, le strutture articolate che li mettono in contatto e l'imponente esposizione a mo' di scenografia teatrale a fronte di un'ampia baia, fanno di questo sito un monumento naturale unico.

#### 4. – PERICOLOSITÀ GEOLOGICA DI CHIAIA DI LUNA

L'alta parete subverticale, lunga circa 1 km, è soggetta a continui dissesti che minacciano i fruitori della spiaggia sottostante; questa è larga in media 5 m e si assottiglia procedendo verso l'estremità Nord.

La tipologia dei dissesti è correlata essenzialmente alla litologia dei materiali affioranti.

Il tuff-cone, costituito da piroclastiti più o meno debolmente cementate, è soggetto a periodiche frane di crollo (falls) o di ribaltamento (topples). Il crollo avviene perché il versante tufaceo viene scalzato alla base dalle mareggiate, che raggiungono facilmente la parete a causa della esigua profondità della spiaggia. Il materiale, una volta abbattutosi sulla spiaggia, viene ripreso dall'azione del mare e ridistribuito lungo la spiaggia, sia quella emersa che quella sommersa.

Il ribaltamento è dovuto a forze che causano un momento ribaltante attorno a un punto di rotazione situato al di sotto del baricentro della massa interessata: il fenomeno evolve in un crollo. Sono state individuate nel tufo varie fenditure parallele alla parete, formatesi per erosione e per decompressione, che tendono a isolare prismi e poliedri anche di notevole dimensioni, alti fino a 4-5 m e dello spessore da qualche decimetro fino a oltre 1 m; vengono così a formarsi blocchi, «lame», che col procedere dei processi di degradazione risultano sempre più isolati dalla falesia finché non avviene il distacco (fig. 3). Questi stessi fenomeni avvengono nella contigua parete a Sud, costituita dalla

facies brecciata e microbrecciata (D'ANGELO *et alii*, 1995).

Nell'estremità meridionale, tra la fessura d'alimentazione colmata dalla facies lavica ossidianacea e l'imbocco della galleria romana, il materiale è più frammentato; pertanto vi prevale un fenomeno diffuso di erosione, per cui il versante, ripido ma non verticale, è solcato da piccoli canali di drenaggio lungo cui avvengono spostamenti gravitativi di materiale detritico, che si accumula ai piedi della falesia.

Il principale intervento di sistemazione idrogeologica operato fino alla data del sopralluogo riguarda quest'ultimo tratto della falesia: si tratta di una rete metallica paramassi, stesa dalla sommità del rilievo (che qui è più basso) fino alla base della falesia. Tale rete è peraltro soggetta a frequenti lacerazioni, dalle

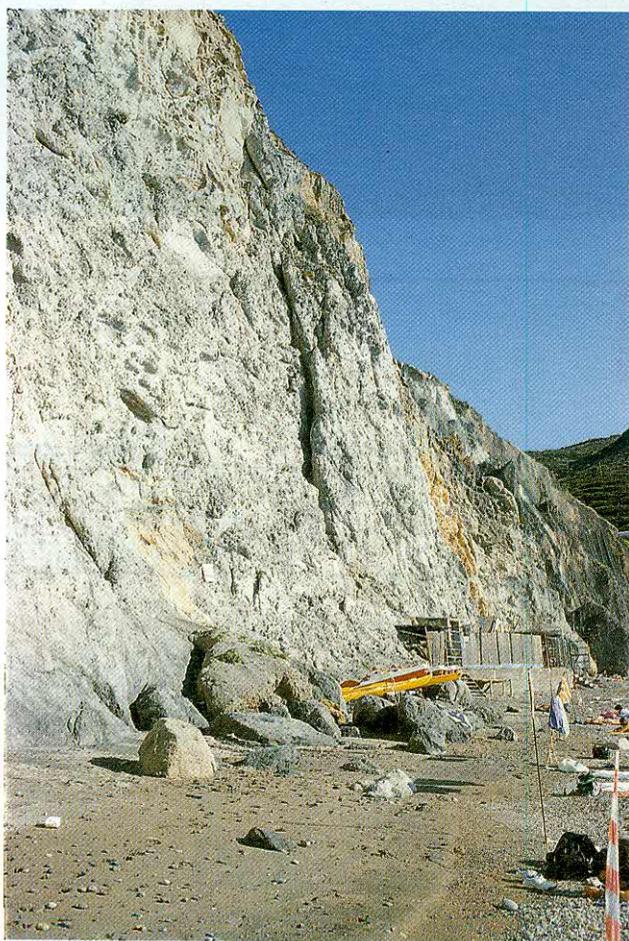


Fig. 3. – Chiaia di Luna. Nell'immagine si nota un'ampia fessura con piano subparallelo alla parete, che nella sua evoluzione, sta isolando una lama di materiale destinata a staccarsi ed a precipitare sulla spiaggia sottostante.

– Large crack subparallel to the cliff: it isolate a block wich will detach itself and crash down on the beach below.

quali fuoriesce il materiale accumulatosi in tasche della rete stessa (fig. 4).

#### 5. – VALORE SCIENTIFICO, PAESAGGISTICO, STORICO-CULTURALE DEL SITO

Le isole dell'arcipelago pontino furono frequentate dall'uomo fin dall'età preistorica, e cioè dal neolitico, per l'estrazione, la lavorazione e lo smercio dell'ossidiana, materiale indispensabile per la produzione di lame e di utensili in generale.

Inoltre queste isole erano un punto d'approdo per gli antichi navigatori del Mediterraneo, a cominciare dai Fenici fino ai Romani.

Al tempo dei Romani, l'isola di Ponza venne trasformata in luogo d'esilio «dorato» per personaggi ritenuti pericolosi per gli equilibri politici dell'epoca imperiale.

Per rendere gradevole il soggiorno sull'isola, i Romani eseguirono notevoli lavori pubblici, tra cui acquedotti, impianti di acquacoltura («piscine»), gallerie per rendere accessibili via terra bracci di mare e spiagge. Notevole è il tunnel che collega l'insediamento principale, l'abitato di Ponza, con la più ampia spiaggia dell'intero arcipelago, Chiaia di Luna (DE ROSSI, 1993). È probabile che il tunnel citato avesse lo scopo di collegare il versante occidentale con quello orientale dell'isola per rendere agevole lo scalo dei natanti qualunque fosse il vento che spirava.

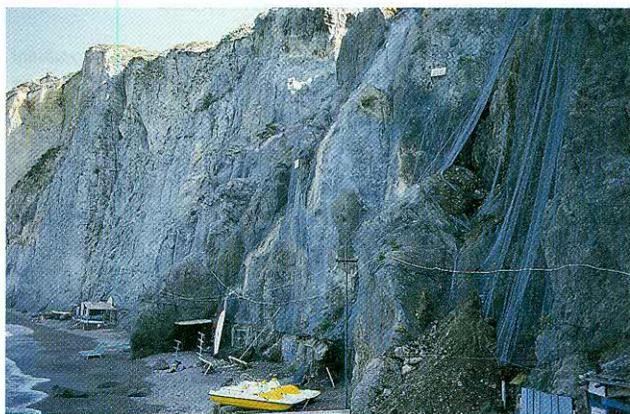


Fig. 4. – Chiaia di Luna. L'estremità meridionale della falesia, nei pressi dello sbocco della galleria di epoca romana, è frequentemente soggetta a distacchi di materiale lapideo; l'ingresso della galleria stata protetta da una rete metallica paramassi, che risulta lacerata in più punti in seguito all'accumulo di materiale crollato.

– Southern end of cliff, near the Roman tunnel, is often subject to rock falls; the entrance area was protected by a wire net which is torn up because of the collapsed material.

#### 6. – ASPETTI LEGATI ALLA FRUIZIONE TURISTICA

L'importanza della spiaggia di Chiaia di Luna sotto l'aspetto turistico è dimostrata dal notevole e crescente afflusso di villeggianti estivi all'isola di Ponza e alla citata spiaggia; in particolare lo sfruttamento turistico della località rappresenta una fonte di reddito per alcuni operatori che svolgono la loro attività direttamente sul sito.

La spiaggia di Chiaia di Luna rappresenta una delle poche accessibili via terra e sicuramente la più nota, più estesa e maggiormente frequentata dai villeggianti. I fenomeni di dissesto che fin dall'antichità hanno colpito la falesia si sono manifestati anche in tempi recenti, mettendo a repentaglio l'incolumità dei bagnanti. Da quanto esposto nel capitolo 4, è evidente che sussiste, per i frequentatori di questa spiaggia, il pericolo di essere colpiti da materiali di svariate dimensioni che precipitano dall'alto della parete retrostante. In effetti questi distacchi avvengono e qualche volta delle persone sono state colpite, pur in modo non grave.

In questa situazione la Capitaneria di Porto di Ponza, responsabile dell'incolumità delle persone nell'ambito del demanio marittimo, all'indomani di un incidente che ha interessato un bagnante, ha preso un'iniziativa per limitare l'accesso alla spiaggia; viceversa il Comune di Ponza, in considerazione del fatto che la spiaggia di Chiaia di Luna è quella più frequentata dell'isola e che quindi riveste un'importante funzione turistica, ha contestato l'iniziativa suddetta cercando soluzioni alternative. Attualmente la spiaggia è parzialmente agibile e sono stati stanziati dei fondi per finanziare un progetto di bonifica di un tratto di parete dissestata.

In questo contesto il Servizio Geologico Nazionale, nell'ambito di una più ampia indagine sulla pericolosità delle coste alte sovrastanti le spiagge del Lazio, commissionata dal Ministero dei Trasporti e della Navigazione e dal Ministero dei Lavori Pubblici - Ufficio del Genio Civile per le Opere Marittime, ha eseguito uno studio preliminare sulla pericolosità delle coste alte dell'Arcipelago pontino e quindi anche di Chiaia di Luna.

#### 7. – PROPOSTE DI GESTIONE

Il richiamo che esercita Chiaia di Luna è funzione non solo della spiaggia, ma anche della spettacolare falesia, il geotopo per l'appunto, al cui interesse scientifico si collega l'aspetto turistico; è evidente che le due funzioni sono strettamente intrecciate, per cui ogni

intervento di tutela naturalistica deve fare i conti con le progettate opere di bonifica e viceversa.

Attualmente, alla data del sopralluogo, sono state adottate dalle Autorità competenti alcune misure di mitigazione del rischio geologico per mantenere fruibile almeno una parte della spiaggia di Chiaia di Luna. Queste consistono nel distacco artificiale di alcune porzioni già disarticolate di falesia, nell'applicazione di reti paramassi nei pressi dell'imbocco della galleria di epoca romana e nel divieto di accesso nelle aree a maggior rischio.

A giudizio degli Autori, le misure prese rappresentano solo una temporanea soluzione dei problemi di stabilità geomeccanica e possono costituire una falsa sicurezza. Inoltre, la spiaggia di Chiaia di Luna è alimentata esclusivamente dal materiale proveniente dallo smantellamento della falesia, che viene ridistribuito dal moto ondoso lungo tutto l'arco dell'insenatura. Il blocco artificiale della falesia priverebbe la spiaggia della sua principale fonte di alimentazione, condannandola all'erosione accelerata e quindi alla graduale sparizione: infatti, una volta innescato tale processo, sarebbe molto difficile recuperare una situazione preesistente.

Prendendo in considerazione, dunque, il problema della pericolosità per i frequentatori della spiaggia, e quindi la possibilità di attenuare tale pericolo, gli Autori ritengono che il criterio di bonificare la falesia con metodi che impediscono il distacco di materiale dalla stessa, privi la spiaggia della sua principale fonte di alimentazione; in tal modo il rapido arretramento operato dall'azione delle onde, senza la possibilità di ripascimento da terra, rende sfavorevole il naturale bilancio sedimentario.

Tuttavia, essendo l'economia dell'isola basata principalmente sul flusso turistico-balneare, non sembra eccessivo prendere in considerazione progetti a più ampio respiro, come la possibilità di realizzare una spiaggia artificiale sul prolungamento di quella esistente. Il problema in questo caso risiede nella locale scarsità di materia prima, la sabbia, mentre la situazione morfologica si presenta favorevole, considerate le caratteristiche dell'insenatura e di alcune emergenze morfologiche dei fondali. Ad una prima analisi appare

quindi possibile la realizzazione di un ripascimento artificiale, accompagnato da una barriera soffolta, che agevoli l'accumulo e il mantenimento della sabbia. In questo caso si otterrebbe alla base della falesia una zona cuscinetto, da interdire al passaggio e alla fruizione, sulla quale i materiali staccati o crollati dall'alto potrebbero liberamente accumularsi, e contemporaneamente si realizzerebbe una spiaggia artificiale, un protrimento di quella naturale, che avrebbe come caposaldo, sul lato mare, l'ampio scoglio prospiciente, e che renderebbe meno aggredibile la falesia dall'azione delle forti mareggiate.

Nel contesto così delineato, la segnalazione del sito di Chiaia di Luna come geotopo e il mantenimento di quest'ultimo al suo naturale processo evolutivo vuole essere un contributo alla valorizzazione e alla salvaguardia di un importante patrimonio geo-ambientale.

## BIBLIOGRAFIA

- ARNOLDUS HUYZENDVELD A., GISOTTI G., MASSOLI-NOVELLI R., ZARLENGA F. (1995) - *I beni culturali a carattere geologico: i geotopi. Un approccio culturale al problema*. Geologia tecnica & ambientale 5: 35-47.
- BARBERI F., BORSI S., FERRARA G., INNOCENTI F. (1967) - *Contributo alla conoscenza vulcanologica e magmatologica delle Isole dell'Arcipelago Pontino*. Mem. Soc. Geol. It., 6: 581-606.
- CARMASSI M., DE RITA D., DI FILIPPO M., FUNICELLO R., SHERRIDAN M.F. (1985) - *Geology and volcanic evolution of the Island of Ponza, Italy*. Geol. Rom., 22: 211-232.
- CONTE A.M. & SAVELLI C. (1994) - *Vulcanismo orogenico dell'isola di Ponza: rioliti calcocalcine ed evoluzione trachiti-comenditi di serie shoshonitica*. Mem. descr. carta geol. d'It. 49: 333-346.
- D'ANGELO S., GISOTTI G., LEMBO P. (1995) - *Indagine sulla stabilità delle coste alte delle isole di Ponza e Ventotene*. Relazione interna Serv. Geol. Naz.
- DE RITA D., FUNICELLO R., PANTOSTI D., SALVINI F., SPOSATO A., VELONÀ M. (1988) - *Geological and structural characteristics of the Pontine Islands (Italy) and implications with the evolution of the Tyrrhenian margin*. Mem. Soc. Geol. It. 107: 561-578.
- DE ROSSI G.M. (1993) - *Ponza, Palmarola, Zannone*. Guidotto Editore, Roma.
- VEZZOLI L. (1988) - *Attività esplosiva alcalino potassica pleistocenica dell'Isola di Ponza*. Bollettino GNV, 4: 584-599.

## The Moraca Canyon in Montenegro *Il Canyon di Moraca in Montenegro*

ZIC J. (\*), DIMITRIJEVIC V. (\*\*), KNÈEVIC S. (\*\*), & MILOVANOVIC D. (\*\*)

**ABSTRACT** – The Moraca river cuts its canyon in the central part of Montenegro, beginning from the Sinjajevina mountain foothill, and extending to the south between Maganik, Prekornica, Komovi and Zijevo mountains. In the lower part of its course the river flows through the broad Zeta plain and empties into Skadar Lake. The area is composed mainly of massive and layered Mesozoic limestones, its thickness more than 1000 m. Intensive and complex tectonic movements displaced and lifted these rocks, which were exposed to the erosion since Neogene, when the Moraca precursor began to cut its canyon. Climatic changes during Pleistocene enabled intensive production of the till, as well as its downstream transportation by glaciers and meltwaters. The enormous amount of clastic material filled its broad valley. In this specific material, fluvio-glacial by its origin, the river cuts in, making several levels of terraces, creating canyon in canyon.

**KEY WORDS:** Canyon, fluvio-glacial terraces, conglomerates.

**RIASSUNTO** – Il fiume Moraca ha scavato il suo canyon nella parte centrale del Montenegro, esso nasce dalle falde del monte Sinjajevina e si estende verso sud tra i monti Maganik, Prekornica, Komovi e Zijevo. Nella parte più bassa del suo corso il fiume scorre attraverso l'ampia pianura Zeta ed affluisce nel lago Skadar. L'area è composta prevalentemente da calcari massicci e stratificati del Mesozoico, con spessori di più di 1000 m. Movimenti tettonici intensi e complessi hanno spostato e sollevato queste rocce, che sono esposte all'erosione fin dal Neogene, quando il precursore del Moraca cominciò a scavare il suo canyon. Cambiamenti climatici nel Pleistocene influenzarono la massiccia produzione di materiale morenico, così come il suo trasporto a valle da parte dei ghiacciai e delle acque di fusione. L'enorme apporto di materiale clastico riempì la valle ampliata. In questo particolare materiale, di origine fluvio-glaciale, il fiume ha scavato, creando diversi livelli di terrazzamenti, formando un canyon nel canyon.

**PAROLE CHIAVE:** Canyon, terrazzi fluvio-glaciali, conglomerati.

(\*) Institute of Technological Research - 81000 Podgorica - Cetinjski put bb (YU).

(\*\*) Faculty of Mining and Geology - 11000 Belgrade - Djusina 7 (YU).

The complex valley of the Moraca river is situated in the central part of Montenegro, beginning from the Sinjajevina mountain foothill, extending to the south between Maganik and Prekornica mountains to the west, and Komovi and Zijevo to the east. In the lower part of its course river flows through broad Zeta plain and empties into Skadar Lake.

The most impressive and characteristic part of the course is the Platije canyon in the middle part of the river course.

The main river flow was predisposed already in Tertiary, and the most important geomorphological forms underwent only slight changes until today. The complexity of the canyon itself is the consequence of the geological composition of the area (BESIC, 1980).

The area is composed mainly of massive and layered Mesozoic limestones, with thickness of more than 1000 m. Flysch deposits Cretaceous in age are found too. Below these rocks are Paleozoic schists. Intensive and complex tectonic movements displaced and highly uplifted these rocks (BESIC, 1983). Since Neogene they were exposed to erosion, when the Moraca precursor began cutting its canyon.

The source area of the Moraca river, situated in high altitudes, is characterized by glacial relic forms. On the left side of the valley there is a single cirque, oriented toward the west, while on the right side cirques are numerous and variously oriented (CVIJIC, 1921; MILOJEVIC, 1955). The till deposited on the slopes is now covered with vegetation, and revealed only in ravines.

Climatic changes in the course of the Pleistocene epoch influenced intensive erosion and production of the till, as well as its downstream transportation by glaciers and meltwaters. The enormous amount of clastic material filled in broadened valley. In this specific material, fluvio-glacial by its origin, the river cuts in, making several levels of terraces, and creating canyon in canyon.

The Moraca river drainage area covers large surface. Deep and narrow valley is surrounded by high mountain ranges. Many tributaries are mainly short and characterized by steep gradient. They contributed greatly in the accumulation of the clastic material.

The remains of fluvio-glacial terraces are found even in the upper course of the river.

There are two well developed fluvio-glacial terraces in the Platije canyon, 40 and 20 meters high. They are sporadically preserved, sometimes on the left, sometimes on the right side of the canyon (fig. 1).

Fluvio-glacial deposits contain various rock debris: limestone and dolomites, gray and yellowish sandstones, breccias, schists and volcanic rocks.

The material varies considerably by its components size - from the fine-grained to the well rounded stones up to half meter in diameter. Sedimentological sequences of different grain size alternate and laterally diminish, mostly the cementation of pebbles formed compact conglomerates. Between the layers of conglomerates fine-grained sequences were often eroded and small caves were hollowed out on the canyon sides, which gave them unusual appearance.

This region attracted people since long time ago. Hidden by canyon sides, there is one of the most beautiful monuments of Medioeval architecture in Montenegro, the Mother of God Monastery, built in the XIIIth century. There are data on much earlier occupation. In the village of Bioce near the end of the Platije canyon there is a rock-shelter where archeological excavations were performed. Thousands of flint artifacts characteristic for the Middle Palaeolithic as well as the numerous remains of hunted animals were found (ZIZIC & SREJOVIC, 1987).

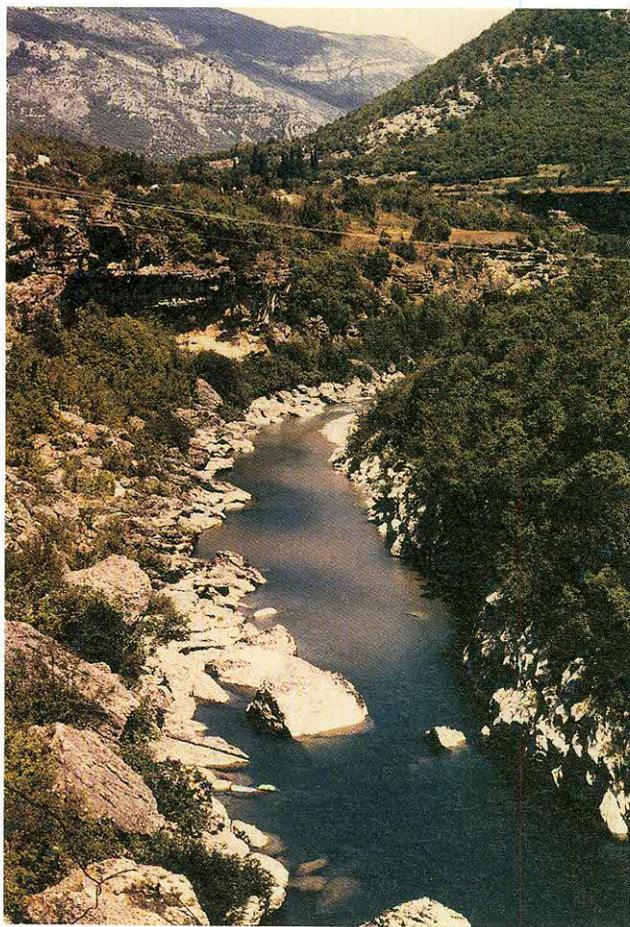


Fig. 1. – Fluvio-glacial terraces in the Moraca Canyon.

– *Terrazzi fluvio-glaciali in Canyon di Moraca.*

Leaving the canyon, the river enters in the Zeta plain that, famous for its grapes plantation and vines, occupies the surface of few tens of square kilometers. It is composed of clastic sediments, mainly conglomerates, 20 m thick, which are of the same origin and composition as the fluvio-glacial deposits of the terraces.

The variety of the erosive forms produced by the water and stone play, specific colouring of the light canyon sides emphasized by crystalline, pure, green and blue Moraca water, are beauties difficult to describe, but should be experienced and hence, protected.

Lately, the serious need for energy sources in Montenegro urged plans for building a dam in the Moraca river upper course. If this happen to become a reality, the Moraca canyon with of all its terraces, caves in the Mesozoic background, and the old monastery hidden by its sides, are going to vanish beneath the waters of the dam's lake. For society development the water and energy are necessary. Many experts are working on solving this serious problem, including geologists, althou-

gh the final decisions are in the hands of the Government. But the Nature has its lows, which geologists know and feel, and after their opinion it is for the benefit of the society not to destroy Moraca valley.

## REFERENCES

- BESIC Z. (1980) - *Geologija Crne Gore, Stratigrafija i facijalni sastav Crne Gore, knj. I, sv. 2*. Posebna izdanja CANU, **9**, Odjeljenje prirodnih nauka, **8**: pp. 380, Titograd.
- BESIC Z. (1983) - *Geologija Crne Gore, Geotektonika i paleogeografija Crne Gore, knj. III*. Posebna izdanja CANU, **16**, Odjeljenje prirodnih nauka, **10**: pp. 212, Titograd.
- CVIJIC J. (1921) - *Ledeno doba u Prokletijama i okolnim planinama*. Glas SKA, **93**, 1, razred, **39**: 1-50, Beograd.
- MILOJEVIC B. (1955) - *Doline Tare, Pive i Morace, Geografska promatranja*, pp. 84, Naucno drustvo NR Crne Gore, Cetinje.
- ZIZIC O. & SREJOVIC, D. (1987) - *Bioce - Paleolitsko nalaziste*. Arheoloski pregled, **36**, Ljubljana.

## Karstic nature protection in north Lithuania

### *Protezione della natura carsica nella Lituania settentrionale*

LINCIUS A. (\*)

**ABSTRACT** – The peculiarity of nature in North Lithuania is due to its sulphatic karst phenomena which include the Tatula Suite of Upper Devonian (about 70% of the vertical section in this suite consists of gypsum and gypseous dolomite). The aggressive surface water (sewage) infiltrates easily the thin cover of Quaternary and underlying bedrock because of the abundance of fracture, opened and widening sinkholes and deteriorate the quality of fresh underground water. The positive changes of the ecological situation in North Lithuania (Birpai and Pasvalys districts) have occurred due to decisions by the State agencies (1977, 1982, 1991, 1993) to promote the underground water protection from pollution, reduce the intensity of karst processes, bring the use of fertilizers and pesticides under strict control and improve farming by means of introducing clean ecologic (bioorganic) agriculture. So the activity of environmental protection is useful for the solution such regional problems as geological heritage conservation, pollution control, improvement of public health state and management in general.

**KEY WORDS:** Gypsum, karst, sinkhole, groundwater protection.

**RIASSUNTO** – La peculiarità della natura nella Lituania settentrionale è dovuta ai suoi fenomeni carsici in depositi solfatici, che includono la serie di Tatula del Devoniano Superiore (circa il 70% della sezione verticale della serie consiste di gesso e dolomia gessosa). Le acque di superficie, particolarmente aggressive, si infiltrano facilmente nella sottile copertura del Quaternario e negli altri strati sottostanti a causa dell'abbondanza di fratture e inghiottitoi, peggiorando la qualità delle acque dolci sotterranee. I positivi cambiamenti della situazione ecologica nella Lituania del Nord (distretti di Birpai e Pasvalys) sono avvenuti a causa delle decisioni delle agenzie statali (nel 1977, 1982, 1991, 1993) di promuovere la protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento, ridurre l'intensità dei fenomeni carsici, tenere sotto stretto controllo l'utilizzo di fertilizzanti e pesticidi e migliorare le tecniche di coltivazione con l'introduzione di una agricoltura pulita ed ecologica (bioorganica). Così l'attività di protezione ambientale è utile sia per la soluzione di tali problemi regionali, come per la conservazione del patrimonio geologico, per il controllo dell'inquinamento, per il miglioramento dello stato della salute pubblica e per la pianificazione in genere.

**PAROLE CHIAVE:** Gesso, carsismo, inghiottitoio, protezione delle acque sotterranee.

(\*) Institute of Geology - T. Deivėnkos str. 13 - 2600 Vilnius (Lithuania).

## 1. – INTRODUCTION

In Northern Lithuania (in the area of the Mûða-Nemunėlis and Þemgala undulating plains and Linkuva morainic ridge) the originality of nature is determined by its geological structure and the phenomena of sulphatic karst that, most likely, have their origins at the end of the Devonian period and prevail, with intervals, up to now (NARBUTAS, 1957; 1959; NARBUTAS & PRANAÏTIS, 1960; JUODKAZIS *et alii*, 1992; TAMINSKAS, 1992). The processes are most active in the area of Birþai and Pasvalys administrative districts containing the valleys and watersheds of the Apaðėia, Tatula, Juodupė, Mûða, Lėvuo and Svalia rivers. It is here, below the Quaternary cover, that the heterogeneous gypsiferous Tatula Suite, a formation of the Upper Devonian lagoonal rocks ( $D_3^{tt}$ ), occurs. Its base is formed by carbonaceous rocks – dolomite and marl – of the Kupiðkis Suite ( $D_3^{kp}$ ). The Tatula Suite, dipping gently monoclinally at the angle of 10-15° towards west and north-west (only in places of tectonic ridges and depressions increasing up to 1-2°), splits upwards in the opposite direction and has a borderline with the lower part of Quaternary sediments or, in some places, with the still fragmentarily preserved remnants of the Ástras ( $D_3^{ys}$ ) and Pamûðis ( $D_3^{pm}$ ) Suites. Such a monoclinic occurrence was determined by tectonic forces, which manifested many times since the end of the Devonian period, and the main reason of its wedge-shaped ripping is the thrusts of continental glaciers in Pleistocene, during which a great part of the Devonian rocks – the Ástras and Pamûðis Suites overlaying rocks of the Tatula Suite and the upper part of the Nemunėlis Beds ( $D_3^{tt^{mm}}$ ) of the Tatula Suite were exarated. It appears that the gypsiferous rocks (the major part of them is the above mentioned Nemunėlis Beds), occurring in the uneven and slightly undulating and ridged pre-Quaternary substratum under the karsted landscape, stretch in an almost meridional direction – from NNE to SSW (fig. 1).

The thickness of the Quaternary (Pleistocene and Holocene) sedimentary cover, superimposing on Devonian rocks in the Birþai and Pasvalys administrative districts, varies from 0 to 25 m or, in most places, up to 10 m. The gypsiferous rocks, occurring in situ, are sometimes observed on the earth's surface too, e.g. in the outcrops of rivers valleys, the walls of karst sinkholes, where one can see a lot of hollows (swallow holes), formed in the upper part of gypsiferous rock mass because of dissolution, which are filled by relic karst sediments (debris, dolomitic meal) or blocked by morainic deposits.

In the karst region, the thickness of the Tatula Suite rocks, determined by boreholes, is from 0 to 47.6 m (in Deglėnai), where gypsum and gypsiferous dolomite make up about 70% of the section. They are distributed not only by thin (0.01-0.1 m) interbeds, lenses in dolomite and marl, but also by more compact layers up to 1-5 m thick. However, the rocks of the Tatula Suite are heavily broken up by lithogenic and tectonic fissures of different size. Such damaged places are subject to dissolution and suffosion processes, they join recurrent caverns and large broadened underground cavities forming winding caves in karsted beds, large enough to carry the streams of groundwater.

In cases when above laying rocks, after their cracked roof exceeds the critical limit of gravitational stress, begin to fall down into underground cavities (inherited or present), formed because of long-time solution of gypsum, on the earth's surface not only gradual ground depressions are often exposed but also rather suddenly appearing karst sinkholes – open sources for the absorption of surface water – which reach up to 15 m or more of depth in the first days of their appearance (VODZINSKAS, 1982; MARCINKEVIIÛS & BUCEVIÛTÛ, 1991). The further evolution of sinkholes is different: even if they become shallow, some of them remain with steep slopes, like wells, others become flat and funnel-shaped afterwards (up to 50 m or more in diameter, mostly 10-25 m); they occur solitary or in groups and, eventually, join into chains or gully depressions and poljes. Depending on their depth and on the permeability of the ground deposited on the bottom, the underground water level sinkholes are dry (precipice) or filled with water – small lakes and swamps. These phenomena of active karst are abundant in the Northern Lithuanian landscape: more than 8,500 of karst sinkholes have been found in all, and e.g. in Karajimiðkis and Kirkilai Reserves their density is more than 200 per km<sup>2</sup>.

The karsted earth's surface and its changes caused by new openings hamper the economic activity in Northern Lithuania and cause damage to buildings, land-reclamation and hydrotechnical installations, and communications. On the other hand, life experience and scientific observations have already shown many times that in the territory of Lithuania, where karst phenomena occur, we are witnessing, more often and more clearly than anywhere else, the deterioration of ecological and hygienic conditions. Porosity and crackiness, which is particularly high in the rocks occurring near the earth's surface, karst phenomena and suffosion processes (washing-out of dolomitic meal under changing hydrodynamical conditions), abundance of

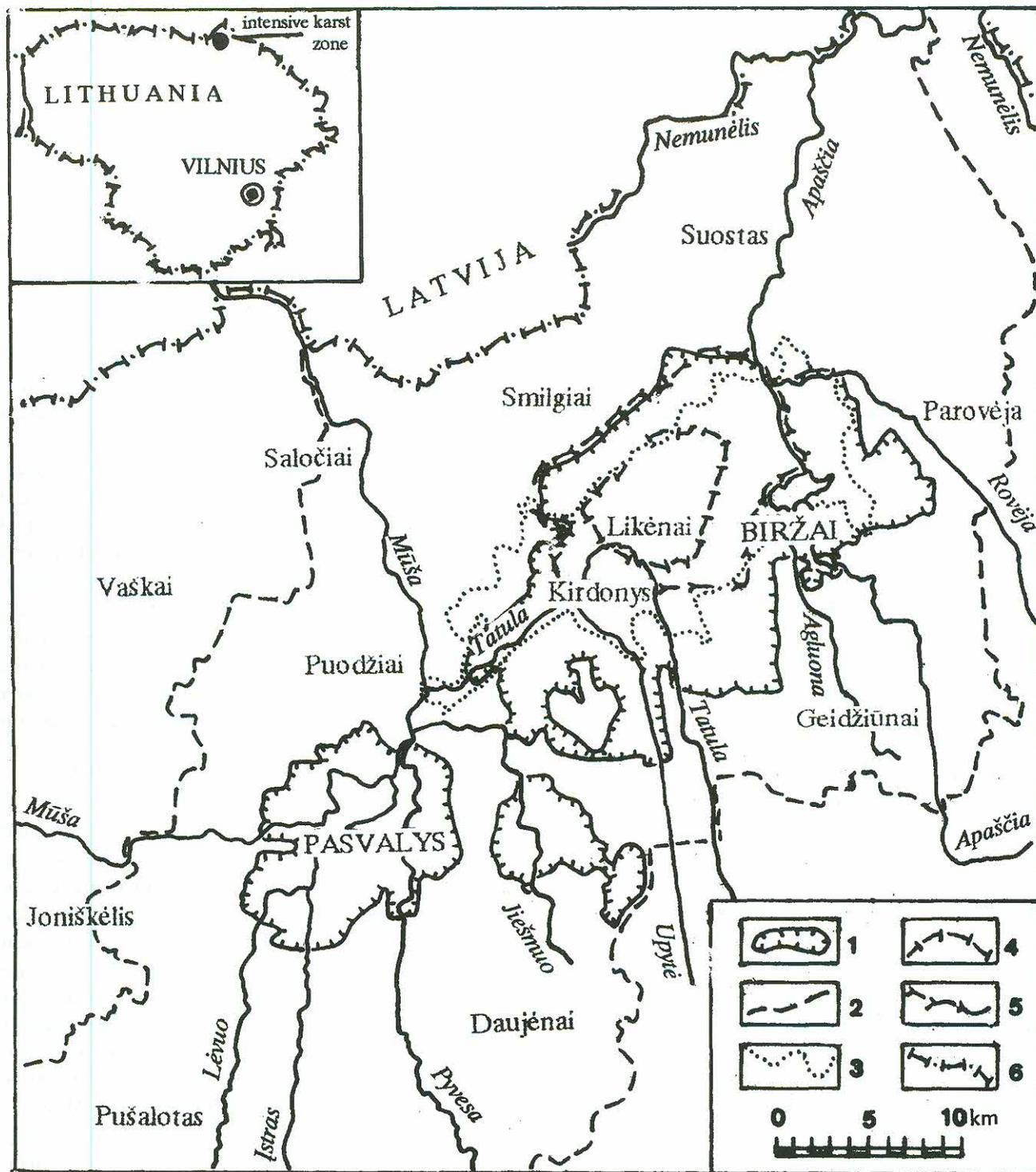


Figure 1. — The intensive sulphatic karst zone and the Biržai Regional Park in the karstic region of North Lithuania: 1 - borders of the intensive karst zone; 2 - borders of the protective territory surrounding the intensive karst zone; 3 - borders of the Biržai Regional Park; 4 - borders of the 2nd protective territory around the health-resort of Likėnai; 5 - borders of the 3rd protective territory around the health-resort of Likėnai; 6 - frontiers of the Republic of Lithuania.

— La zona di intenso carsismo solfatico e il Parco Regionale di Biržai nella regione carsica del nord della Lituania:

1 - limiti della zona di intenso carsismo; 2 - limiti del territorio protetto a cavallo della zona di intenso carsismo; 3 - limiti del Parco Regionale di Biržai; 4 - limiti della seconda parte di territorio protetto intorno alla stazione climatica di Likėnai; 5 - limiti della terza parte di territorio protetto intorno alla stazione climatica di Likėnai; 6 - confini della Repubblica di Lituania.

precipice sinkholes, technogenic loads (including unsatisfactory land-reclamation designs and intensive extraction of underground water) have disturbed considerably the natural impermeability of the Quaternary and Devonian rock mass to fluids. It means that atmospheric precipitation and chemically and bacteriologically polluted surface water are able to infiltrate faster to deeper zones (within the limits of active circulation) where they spread through the underground hydrosphere and intensify the solution of gypsum due to their aggressiveness and circulation and depreciate the quality and sanitary conditions of fresh water extracted by tubular wells and boreholes for domestic purposes.

The development and improvement of environmental protection activities in North Lithuania for several decades have been based on the following general principles: 1) acknowledgement that the karsted nature is unique here; 2) realization of the necessity of keeping this area, especially vulnerable to technogenic disturbances, ecologically safe for people to live and work. The environmental activities are conducted in two general directions supported by the State: 1) intensifying the protection of naturally karsted landscapes and their valuable places from impoverishment and damage and 2) regulating the economic activity of people with a view to preventing pollutants from getting into the surface and underground hydrosphere of the karst region and reducing the speed of karst processes and the threat of further openings.

Since 1960 in the karst region of North Lithuania many monuments of nature (e.g. the Cow cave, Smardonė spring, Greenish spring), reserves (geological, hydrographical, landscape, botanical, zoological, etc.) have been established; their network is still being expanded and modified taking into account the suggestions of specialists and the present-day problems. The greatest impulse to the regulation of economic activity in the karsted territory has been given by the following State documents: decisions of the Council of Ministers of the LSSR "Concerning the measures of investigating karst phenomena and protecting underground water from pollution in the northern part of the Republic" (30.06.1977) and "Concerning the measures of protecting underground water from pollution and decreasing the intensity of karst processes in the northern part of the Republic" (18.01.1982); order of the Ministry of Agriculture "Guidelines of the expansion of agriculture, transportation, storage and use of mineral and organic fertilizers and pesticides in the zone of karst phenomena" (27.12.1982); decisions of the Government enacted after the restoration of independence of the Lithuanian Republic:

"Concerning the measures of improving the ecological situation of the karst region in North Lithuania" (24.12.1991) and "Concerning the program of protecting underground water from pollution and expanding ecologically clean agriculture in the zone of intensive karst" (17.09.1993). Indeed, these decisions are very important for they stimulate permanent and purposeful activities and attract more attention to the ecological situation of the karst region in North Lithuania and, particularly, to the improvement of the sanitary conditions of underground water.

The groundwater monitoring that has been functioning since 1965 (it was started in Likėnai) in the zone of the active circulation of underground water, has already become a reliable source of information helping to investigate, evaluate, control and forecast the fluctuations of the level and quality of underground water and, partly, the development of karst phenomena. It is expected that the new diversified monitoring of karst environment in North Lithuania that has been introduced since 1994, embracing atmosphere, vegetation, fauna, soil, surface and underground water and other spheres, would help accumulate still more exhaustive and objective data on the changes of the ecological situation in the whole karst region and choose the optimal means of protection with a view to avoiding the deterioration of the natural environment (LINĖIUS & NARBUTAS, 1994).

In spite of the age-long indifference of society to the problems of nature protection and its persistent disregard of even elementary measures to be taken (in Soviet times many measures were suppressed, except production), we have already succeeded in overcoming the inertia of a considerable part of the officials and making them observe the regulations that take into account the specific features of the Lithuanian karst region. Efforts have been made to select and support the kinds of economic activity that improve the sensitive ecological state of such an environment (PAUKĖTYS, 1991; LIETUVOS RESPUBLIKOS ĖEMĖS ŪKIO MINISTERIJA & KARSTINIO REGIONO FONDAS 'TATULA', 1993). In this sense, the standardization of agricultural expansion and specialization and the classification of land into four groups (the 4th group is of the strictest regime) taking into account the risk of ecological vulnerability of intensive karst territory, approved by the Government of the Lithuanian Republic in the end of 1991, is very important. The areas and boundaries of the whole zone of intensive karst in North Lithuania have been revised and established once again.

The Tatula Foundation, set up in 1993, and the decision of the Supreme Council of the Lithuanian

Republic concerning the establishment of the Biršiai Regional Park (fig. 1), passed in September 24, 1992, have greatly promoted the ideas of nature protection in North Lithuania. In this park, including a major part of intensive karst areas, it is envisaged to create the legal conditions for the preservation and appropriate regulation of important objects of landscape in the karst region, both natural and recreational, as well as for the preservation of the biological diversity, the values of historical and ethnocultural heritage, the regulation of economic and recreational activities, while reducing the negative influence of karstic-suffosion phenomena and improving the life of the population. Until now some aspects of the activity of the Biršiai Regional Park, its statute, administration, the functional structure of the territory (regulation of agriculture, industry, forests, supervision of reserves and other objects under protection, urbanization, recreation, agrotourism) and other problems, are in the planning stage. It is expected that after some years the Biršiai Regional Park will start functioning smoothly and its administration will become a legal and exacting manager of many matters of nature protection in the karst region. However, the attractive projects of the State agencies, the institutions of local administration, public organizations and private persons, concerning the improvement of the ecological situation in the karst region would be implemented sooner, if enough funds were accumulated and assigned for this purpose and if environmental education were fostered. By the way, both the native residents and the visitors to these areas lack ecological education as well as information on the specific character of the karsted areas in Lithuania and their sensitivity to the disturbances of natural equilibrium.

However hard the implementation of ideas and projects of environmental protection may be, it is a rewarding undertaking. It shows that the persistent efforts of honest, civic-minded and intelligent specialists to find the best ways of preserving nature, controlling and stabilizing contemporary karst and suffosion phenomena, and improving the ecological aspects

of the environment may be partly crowned with success even under very unfavourable economic and political conditions of the transitional period Lithuania has not traversed yet after the restoration of its independence in 1990.

## BIBLIOGRAPHY

- JUODKAZIS V. *et alii* (1992) - *Lietuvos karstas: hidrogeologija ir popeminių vandens apsauga*. Lietuvos aukštojo mokyklų mokslo darbai, **13**, Geologija. p.p. 190, 51 figg., 14 tabb., Vilnius.
- LIETUVOS RESPUBLICOS ĖMĖS ŪKIO MINISTERIJA & KARSTINIO REGIONO FONDAS "TATULA" (1993) - *Popeminių vandens apsaugos nuo užterdimo ir ekologiškai ūvarios pėmdirbystės vystymo intensyvaus karsto zonoje tikslinė programa*. p.p. 45, 15 tabb., Biršiai.
- LINĖIUS A. & NARBUTAS V. (1994) - *Diaurės Lietuvos karstinio regiono ekologinis papeidpamumas ir monitoringo problemos*. Gelmių geologinio tyrimo, naudojimo ir apsaugos problemos Lietuvoje. Straipsnių rinkinys: 94-96, 1 fig., Vilnius.
- MARCINKEVIČIUS V. & BUCEVIČIŪTĖ S. (1991) *Diaurės Lietuvos sulfatinio karsto raida*. Geografijos metraštis, **27**, Gamtiniai procesai: 198-203, 5 figg., 1 tab., Vilnius.
- NARBUTAS V. (1957) - *Karstiniai reidėkiniai ir gipso papeidko perspektyvos Biršo-Pasvalio rajone*. Lietuvos TSR MA darbai, ser. B, **2**: 77-93, 3 figg., 1 tab., Vilnius.
- NARBUTAS V. (1979) - *Lietuvos karstinio regiono geologiniai savitumai ir apsaugos problemos*. Geografinis metraštis, **17**: 155-166, 3 figg., Vilnius.
- NARBUTAS V. & PRANAIS V. (1960) - *The present-day karst phenomena in the Dovonian gypsum of Northern Lithuania*. Collectanea acta geographica Lituania: 131-142, 1 fig., Vilnius.
- PAUKDYS B. (1991) - *Ūkinės veiklos reglamentavimas karstiniame rajone*. Lietuvos popeminių hidrosferos idėtkliai, rešimas ir apsauga. Informacinis biuletenis, 1990: 39-42, 1 fig., Vilnius.
- TAMINSKAS J. (1992) - *Investigations of karst hydrology in Lithuania*. Geography in Lithuania. A Collection of Papers offered to the 27th International Geographical Congress, Washington, USA, August, 1992: 93-98, 1 fig., Vilnius.
- VODZINSKAS E. (1982) - *Diaurės Lietuvos karsto reikėmė dabartiniam reljefui*. Geografinis metraštis, **20**, Dabartiniai geomorfologiniai procesai: 168-177, 8 figg., Vilnius.