

I DEPOSITI GHIAIOSI DELLA VALLE DEI TORRENTI CLANIO E ACQUALONGA (CAMPANIA CENTRO-ORIENTALE): SIGNIFICATO STRATIGRAFICO E RICOSTRUZIONE PALEOAMBIENTALE

M. Di Vito⁽¹⁾ - R. Sulpizio⁽²⁾ - G. Zanchetta⁽²⁾

⁽¹⁾Osservatorio Vesuviano, Ercolano, Napoli,

⁽²⁾CNR, CGSDA, Via S. Maria, 53, Pisa

RIASSUNTO - *I depositi ghiaiosi della valle dei torrenti Clanio e Acqualonga (Campania centro-orientale): significato stratigrafico e ricostruzione paleoambientale* - In questo lavoro vengono presentati nuovi dati riguardanti la stratigrafia dei depositi continentali della valle dei torrenti Clanio-Acqualonga (Nola, Napoli). Vengono definiti gli andamenti dei corpi ghiaiosi presenti al tetto del deposito vulcanico dell'Ignimbrite Campana (37 ka) e i loro rapporti con alcuni depositi piroclastici vesuviani e flegrei. Lo studio di una associazione oligotipica a molluschi continentali rinvenuta all'interno delle ghiaie ha permesso la ricostruzione del paleoambiente in tale periodo. Una ricostruzione paleoambientale ad ampio raggio, sulla base dei livelli di tephra vulcanici, è stata tentata tramite la correlazione dei livelli marini e continentali noti in letteratura. Emerge un quadro generale in cui la fase di sedimentazione clastica grossolana di questo settore di Piana Campana è avvenuto in una fase climatica freddo-arida correlabile con lo stage isotopico 2. Si propone infine la formalizzazione dell'unità dei corpi ghiaiosi in formazione.

ABSTRACT - *The gravel deposits of Clanio and Acqualonga creeks (southern-central Campania): stratigraphic significance and palaeoenvironmental reconstruction.* A stratigraphic study has been carried out on the continental deposits of the Clanio-Acqualonga valley, central-eastern side of Campanian Plain (Nola, Napoli). An extensive development of alluvial deposits formed mainly by carbonate gravels were recognised on the bottom of the valley. Such deposits laterally pass to alluvial fans along the right side of the valley. The age of the gravel deposits can be inferred among 37 ka and 10 ka by the occurrence of several dated volcanic layers. The recognising of oligotypical continental molluscal-bearing deposits interbedded in the gravel unit allowed some inferences about palaeoenvironment in this time span. Such a stratigraphic record has been correlated, using tephra layers as markers, with pollen data from Lago Grande di Monticchio and $\delta^{18}\text{O}$ curve from a Mediterranean sea core. Malacological, isotopic and pollen data suggest cold and arid climate during the deposition of the gravel bodies. This phase of sedimentation is correlable with the stage 2 of marine isotope stratigraphy. During the Holocene clastic sedimentation was reduced. Finally, we propose the formal use of the carbonate gravel unit as formation.

Parole chiave: Stratigrafia, tephro-stratigrafia, eruzioni vulcaniche, malacofaune continentali, paleoambiente.

Key words: Stratigraphy, tephro-stratigraphy, volcanic eruptions, continental malacological assemblage, palaeoenvironmental.

1. INTRODUZIONE

Durante il rilevamento del settore di Piana Campana compreso nel Foglio "Ercolano" della Nuova Carta Geologica d'Italia a scala 1:50.000 (progetto CARG'88) è stata evidenziata, nella porzione nord-orientale del foglio, lungo la valle occupata attualmente dai torrenti Clanio e Acqualonga, una serie di grossi apparati di conoide alluvionale lungo la fascia bordiera dei rilievi che, lungo la valle, passano a depositi fluviali ghiaiosi (Di Vito et al., 1997) attribuibili a una intensa fase di smantellamento del substrato carbonatico. Questi depositi sono ben inquadrabili dal punto di vista cronostatigrafico per la presenza di livelli piroclastici di età nota intercalati nella successione. All'interno di questi depositi è stata rinvenuta una associazione malacologica che ha permesso di definire interessanti aspetti di carattere paleoambientale in un'area in cui non si dispo-

ne di significative informazioni di questo genere. Particolare attenzione è stata posta nell'utilizzazione dei depositi vulcanici come marker al fine di ottenere un'alta risoluzione cronostatigrafica delle serie studiate. Questo tipo di approccio permette, tra l'altro, di ottenere correlazioni, su base tephrostratigrafica, tra archivi naturali diversi e situati in aree geograficamente distanti.

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

La valle del torrente Clanio-Acqualonga (fig.1) si sviluppa in una depressione di andamento circa est-ovest che si collega alla più ampia depressione tettonica del così detto "graben campano". Nella zona analizzata, i rilievi montuosi sono formati da rocce carbonatiche meso-cenozoiche appartenenti al dominio paleogeografico della piattaforma campano-lucana (Pescatore e

Ortolani, 1973; Pescatore e Sgrosso, 1973). Questo settore di catena appenninica risulta oggi smembrato dalla tettonica disgiuntiva il cui sviluppo è stato controllato dalla rotazione antioraria della penisola italiana associata all'apertura del Tirreno (Scandone, 1978). La subsidenza della piana è documentata a partire dal Pliocene superiore-Pleistocene inferiore, come testimoniato dall'età della porzione inferiore del suo riempimento clastico (Ippolito et al., 1973; Bernasconi et al., 1981). Per gran parte del Pleistocene inferiore e medio l'area campana sembra essere sostanzialmente sommersa e subsidente e questa tendenza resta costante anche nel Pleistocene superiore-Olocene. Sono infatti documentati nel sottosuolo depositi marini, attribuiti ad un mare "Tirreniano", ribassati sensibilmente rispetto alle originarie quote di deposizione (Brancaccio et al., 1991; Barra et al., 1991; Romano et al., 1994). A partire dal Pleistocene medio l'attività vulcanica comincia a interferire sensibilmente con i processi sedimentari tramite l'apporto di grandi quantità di materiale vulcanoclastico. Il maggiore di questi eventi vulcanici è senza dubbio l'eruzione dell'Ignimbrite Campana (I.C.) (Barberi et al., 1978; Fisher et al., 1993; Rosi et al., 1996), avvenuta circa 37 ka (Deino et al., 1992; 1994). Questa eruzione è quella a più grande magnitudo del Mediterraneo degli ultimi 200.000 anni e l'area sorgente è localizzata nell'area napoletano-flegrea. I prodotti di questa eruzione sono rappresentati da depositi prevalentemente cineritici, spesso litificati, con un volume stimato di magma emesso di circa 150 km³ (Fisher et al., 1993). Durante l'eruzione si è generato un esteso collasso vulcano-tettonico che ha interessato buona parte dell'area napoletano-flegrea, il più vecchio di quelli che hanno prodotto l'attuale assetto della caldera dei Campi Flegrei (Orsi et al., 1996). Nella Piana Campana gli spessori di deposito legati a questo evento oggi osservabili sono dell'ordine di alcune decine di metri. La deposizione dell'I.C. porta ad una "sovracompensazione" della subsidenza e causa

l'emersione di tutta la piana (Di Vito et al., 1997). Fanno eccezione i settori interessati dal collasso calderico (Orsi et al., 1996; Rosi et al., 1996) in cui si sviluppa una sedimentazione marina con associata attività vulcanica prevalentemente subacquea (Rosi e Sbrana, 1987). La generale emersione è anche favorita dal progressivo abbassamento del livello del mare dell'ultimo glaciale che raggiunge il suo acme (-120/-150 m s.l.m.) intorno ai 20 ka. Dopo la deposizione dell'I.C. la sedimentazione marina interessa le porzioni relativamente più vicine alla costa attuale, incuneandosi, durante la trasgressione "Versiliana", tra gli apparati vulcanici flegrei e il Monte Somma-Vesuvio (Bellucci, 1994; Orsi et al., 1996) e nelle piane del Sarno e del Volturno (Barra et al., 1989; Cinque, 1991).

3. STRATIGRAFIA DEI DEPOSITI STUDIATI

Le successioni stratigrafiche affioranti nell'area studiata risultano essere una complessa alternanza di depositi sedimentari e vulcanici, con questi ultimi che hanno fornito parte del materiale clastico a disposizione.

I depositi delle eruzioni rilevabili in questa zona sono di origine sia vesuviana che flegrea e rappresentano, almeno per gli ultimi 18 ka, ottimi livelli guida per le correlazioni tra le diverse unità sedimentarie e per il loro inquadramento cronologico.

Sono state riconosciute tre unità detritico colluviali, quattro unità fluviali di fondovalle, tre unità di conoide alluvionale ed un'unità vulcanica rappresentata dai depositi dell'I.C. I rapporti stratigrafici tra di esse sono esemplificati in figura 2.

Unità detritico-colluviali

Unità di Masseria Montemaoro

Questa unità risulta essere formata prevalentemente da alternanze di depositi colluviali costituiti da

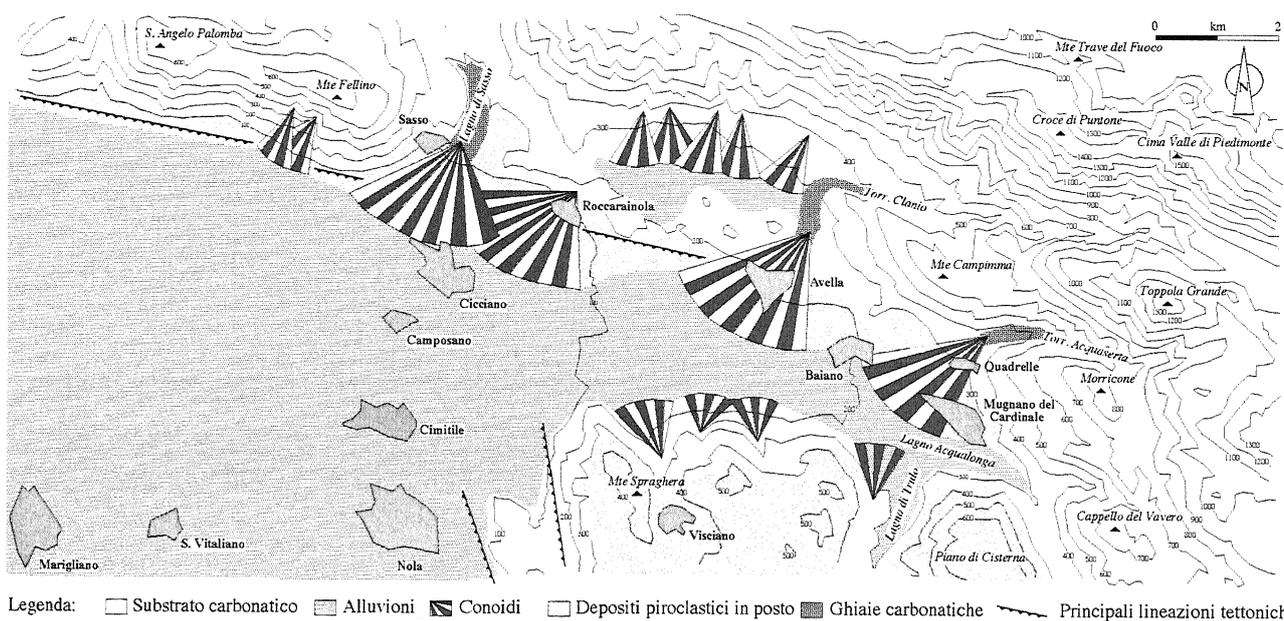
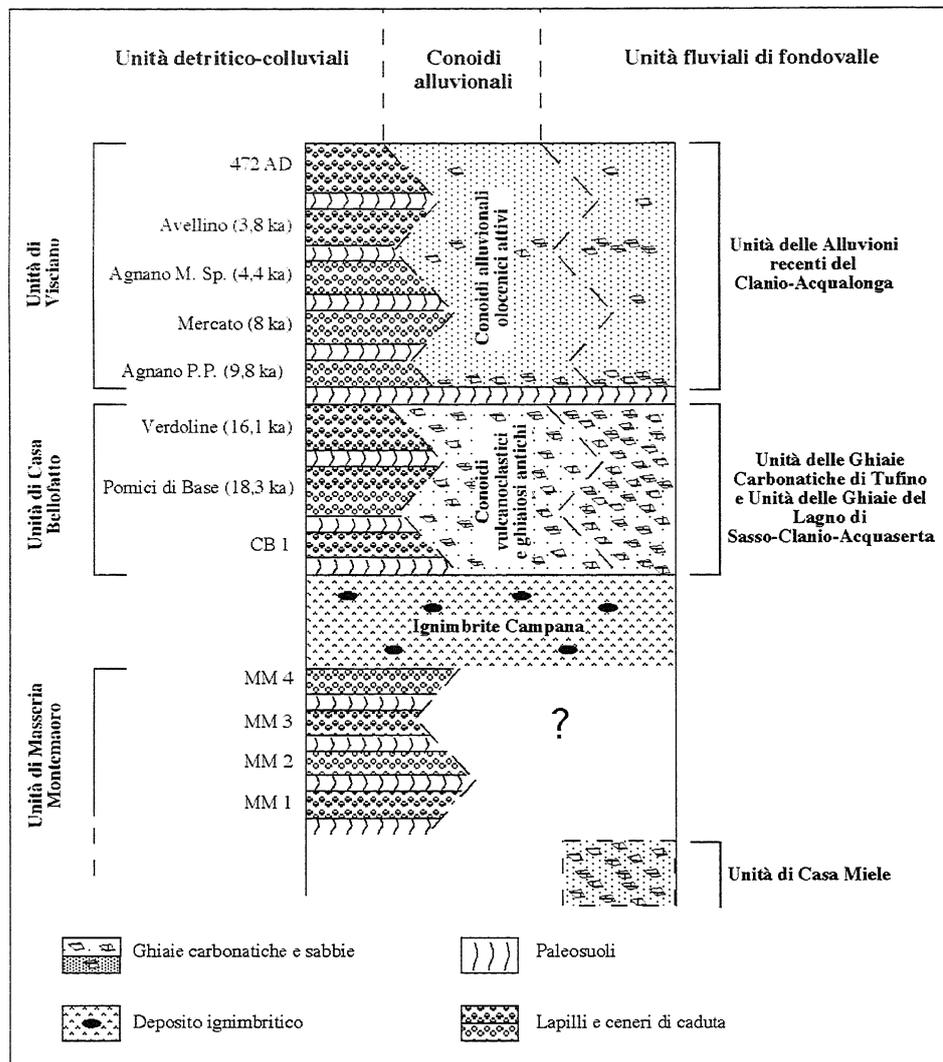


Fig. 1 - Schema geologico dell'area studiata

Geologic sketch map of the studied area

Fig. 2 - Schema riassuntivo dei rapporti tra le unità fluviali di fondovalle, i conoidi alluvionali e i depositi di versante. È messa in evidenza anche la posizione stratigrafica dei vari livelli vulcanici presenti e, quando conosciuta, la loro età.

Summarizing scheme of the relations among fluvial valley floor units, alluvial fans and slope deposits. The stratigraphic position and, when well-known, the age of the different volcanic layers is also highlighted.



sabbie limose e depositi piroclastici formati da lapilli e ceneri. Sono stati individuati 5 depositi piroclastici di caduta non noti in precedenza in letteratura (fig. 2), ma probabilmente riconducibili, sulla base delle caratteristiche litologiche dei prodotti, all'attività dei Campi Flegrei precedente l'eruzione dell'I.C. Tali depositi sono costituiti da pomici generalmente di colore dal grigio chiaro al bianco rosato, ben vescicolate e di aspetto setoso. Quando presenti i fenocristalli sono formati da biotite, sanidino e piccoli pirosseni. I frammenti litici, sempre di taglia sub centimetrica, sono quasi esclusivamente lavici. Ogni singola eruzione mostra alternanze di livelli di lapilli e ceneri da fini a grossolane, ricche in lapilli accrezionali. Questa unità affiora raramente, ed è visibile soprattutto in alcune cave ai piedi dei versanti, dove poggia direttamente sul substrato.

Unità di Casa Bellofatto

Questa unità è costituita da alternanze di depositi colluviali formati da sabbie limose e da depositi piroclastici di lapilli e ceneri (fig. 2). Lo sviluppo di questa unità è successivo alla deposizione dell'I.C. Le eruzioni presenti sono tre: CB1, Pomici di Base (18,3 ka) e Verdoline (16 ka, Andronico et al., 1995; 1996; fig. 2). L'eruzione CB1 è formata da tre livelli di ceneri fini di

colore marrone chiaro con intercalati due livelli di lapillo pomiceo di colore bianco con scarsi litici. Tale eruzione al momento non risulta correlabile con depositi prossimi vesuviani o flegrei, a causa degli scarsi dati stratigrafici disponibili per l'intervallo di tempo che va dall'I.C. alle Pomici di Base. Considerazioni sulle caratteristiche dello juvenile, dei litici e sulla sequenza stratigrafica fanno propendere però per un'origine flegrea. Le Pomici di Base (Bertagnini et al., 1998), precedentemente conosciute anche come Basali (Santacroce, 1987), sono presenti in questa zona con spessori medi di 50-60 cm, essendo la zona di indagine in posizione laterale rispetto all'asse di dispersione principale dei depositi di caduta. Sono formate da un livello basale di colore chiaro formato da pomici da mediamente a ben vescicolate, subafiriche e da un livello superiore di pomici scoriacee di colore nero, poco vescicolate e afiriche. I cristalli sono rappresentati da sanidino, plagioclasio, pirosseno e anfibolo. I frammenti litici sono principalmente lavici con minori quantità di carbonati. L'eruzione delle Verdoline (Santacroce, 1987) è rappresentata da un livello basale di lapillo pomiceo di colore grigio, seguito da una fitta alternanza di livelli di caduta a granulometria variabile da fine a grossolana. Gli spessori medi nella zona sono di 20-30 cm. I frammenti juvenili risultano formati da

pomici generalmente afiriche di colore dal grigio chiaro al marrone, da bene a scarsamente vescicolate. I cristalli sono molto scarsi e sono formati principalmente da sanidino e minore pirosseno. I frammenti litici sono abbondanti, specialmente verso l'alto della successione, e sono costituiti da lave con subordinati carbonati.

Questa unità è presente quasi esclusivamente alla base dei versanti, mentre è assente sulle superfici sommitali dei rilievi di Visciano (fig. 1). Questo dato è confermato anche dal mancato ritrovamento di tali eruzioni in alcuni sondaggi effettuati nelle zone depresse intorno al paese di Visciano.

Unità di Visciano

L'unità di Visciano è formata da alternanze di depositi piroclastici e depositi colluviali costituiti da sedimenti sabbioso limosi con abbondante materiale vulcanoclastico e clasti carbonatici sparsi.

Al suo interno sono visibili 5 depositi piroclastici di caduta. Il più antico di questi risulta essere il deposito di Agnano Pomici Principali (Agnano P.P.; 9,8 ka; Alessio et al., 1971; Lirer et al., 1987; Rosi e Sbrana, 1987), formato da una caratteristica alternanza di livelli di lapillo pomiceo grigio-rosato e livelli di ceneri da fini a grossolane di colore marrone-rosato. I frammenti juvenili sono ben vescicolati e poco porfirici per sanidino, pirosseno e biotite, mentre i litici, di taglia sub-centimetrica sono di origine lavica. I prodotti della successiva eruzione di Mercato (8 ka, Santacroce, 1987; corrispondenti alla formazione di Ottaviano di Rolandi et al., 1993), sono presenti nella zona in studio con spessori ridotti. La

dispersione di tali depositi è infatti avvenuta prevalentemente in aree più a sud di quella in esame. I frammenti juvenili sono costituiti da pomici di colore bianco, afiriche e ben vescicolate, generalmente con vescicole di piccola taglia. I litici sono principalmente lave con scarsi carbonati. I prodotti dell'eruzione flegrea di Agnano Monte Spina (4,4 ka; Rosi e Sbrana, 1987; Orsi, 1997) risultano formati da vari livelli di lapillo pomiceo marrone-giallastro alternati con ceneri di colore marrone. I frammenti juvenili sono costituiti da pomici di colore grigio, ricoperte di una patina giallastra, molto porfiriche e ben vescicolate. Le vescicole sono talvolta molto grandi. I fenocristalli sono principalmente sanidino, pirosseno e biotite. I litici sono prevalentemente lave, spesso con patina di alterazione idrotermale di colore giallastro. Gli ultimi due depositi della serie sono stati prodotti da eruzioni vesuviane, Avellino e Pollena, ampiamente presenti nell'area studiata dal momento che la direzione di dispersione dei loro prodotti da caduta è verso l'area in esame. L'eruzione di Avellino (3,8 ka, Lirer et al., 1973, Santacroce, 1987, Cioni et al., 1998), ha prodotto un deposito molto caratteristico, formato da pomici di colore bianco nella parte basale e grigio in quella superiore. I frammenti juvenili, sia bianchi che grigi, sono porfirici e ben vescicolati. I fenocristalli sono costituiti da sanidino, pirosseno, anfibolo, nefelina e scapolite. I litici sono prevalentemente lavici nel banco inferiore e carbonatici in quello superiore, con minori quantità di rocce intrusive e skarn. I depositi dell'eruzione di Pollena (472 AD; Santacroce, 1987) risultano essere formati da una fitta alternanza di livelli fini e grossolani, di colore scuro,

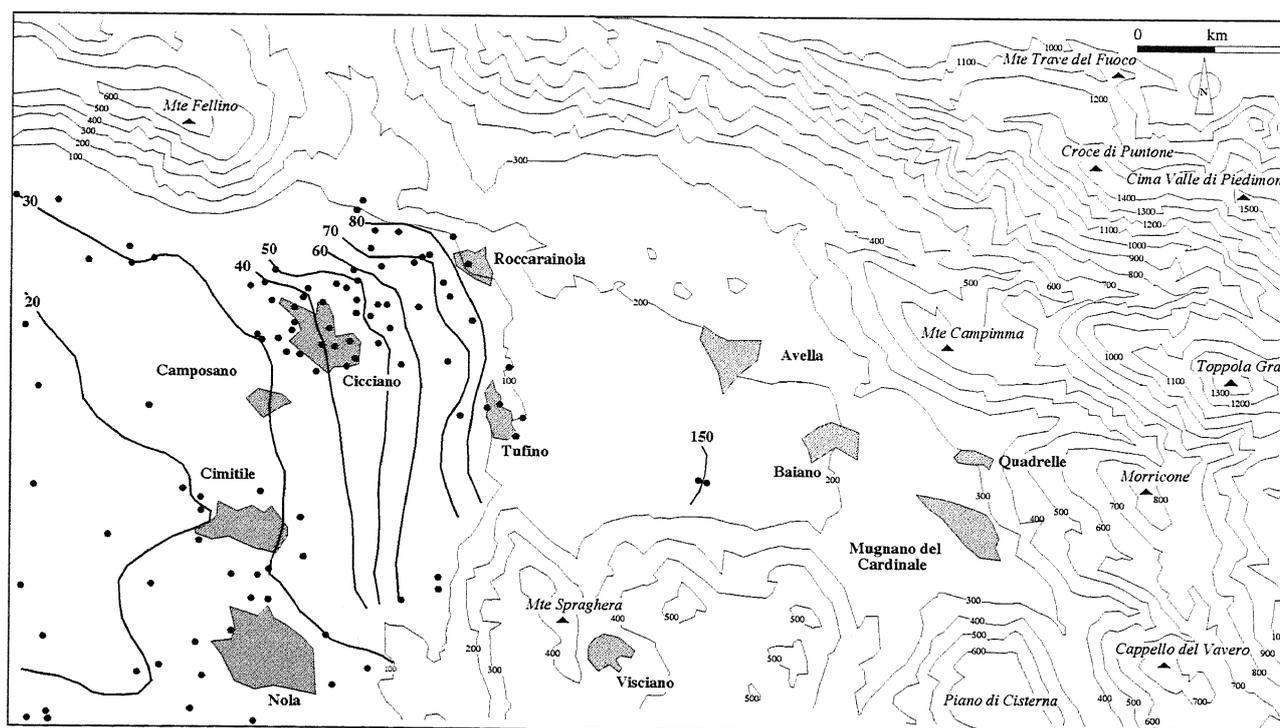


Fig. 3 - Carta delle isobate del tetto dell'Ignimbrite Campana, espresse in m s.l.m. I punti neri indicano l'ubicazione di sondaggi selezionati per il tracciamento delle isobate.

Isobath map (in m a.s.l.) of the top of the Campanian Ignimbrite. The black dots indicate location of boreholes selected to define isobaths.

costituiti da lapillo scoriaceo di colore verde scuro e nero, sono porfirici e mediamente vescicolati. I fenocristalli sono principalmente leucite, sanidino, pirosseno e biotite. I litici sono quasi esclusivamente lave, spesso con patine di alterazione di colore rossastro.

I depositi vulcanici sopra descritti mantellano la parte basale dei versanti e tutta la zona intorno al paese di Visciano. Inoltre, ricoprono direttamente le Unità dei conoidi antichi e quella dell'Unità colluviale di Casa Bellofatto.

Unità Fluviali di fondovalle

Unità di Casa Miele.

Questa unità affiora solo in piccoli lembi sulla sinistra orografica della valle del Lagno di Sasso. I depositi sono formati da ghiaie carbonatiche a basso grado di arrotondamento organizzate in strati piano paralleli o a festoni. Il fabric varia da clasto sostenuto a matrice sostenuto. La matrice è fortemente arrossata ed al tetto è riconoscibile a luoghi un paleosuolo fortemente arrossato con struttura colonnare prismatica ben espressa. Questi depositi sono sormontati, con contatto erosivo netto, dall'Unità delle ghiaie del Lagno di Sasso-Clanio-Acquaserta.

Unità delle ghiaie del Lagno di Sasso-Clanio-Acquaserta.

Con questa denominazione si indicano depositi fluviali grossolani presenti nelle valli omonime. Si tratta di depositi ghiaiosi carbonatici che raggiungono spessori dell'ordine di 10-15 m. I depositi, formati da clasti poco arrotondati, sono prevalentemente clasto-sostenuti e possono essere privi di matrice o con una matrice variabile nel contenuto piroclastico. Il top deposizionale si raccorda senza soluzioni di continuità con quello di grossi apparati di conoidi descritti successivamente. Questi depositi, nelle rispettive valli, formano un unico terrazzo la cui superficie è ricoperta dai depositi dall'Unità colluviale di Visciano.

Unità delle ghiaie carbonatiche di Tufino

Lungo il fondovalle del Clanio-Acqualonga, subito al tetto dei depositi dell'I.C. sono individuabili depositi formati da ghiaie carbonatiche con spessori superiori anche ai 10 m. Le ghiaie spesso riempiono incisioni al tetto dell'I.C. (fig. 4).

Buone esposizioni di questi depositi sono visibili in molte cave tra i paesi di Tufino e Comiziano. In questa zona le direzioni delle

incisioni e le variazioni di spessore di questa unità mostrano un andamento del drenaggio parallelo all'asse della valle attuale (fig. 5). Nei casi osservati i depositi ghiaiosi poggiano direttamente sopra l'I.C. con superficie di base nettamente erosiva e risultano formati da clasti carbonatici con vario grado di arrotondamento e tessitura clasto-sostenuta, con rari livelli sabbiosi e paleosuoli intercalati (fig. 6). La matrice risulta essere prevalentemente di origine vulcanoclastica. In uno dei paleosuoli di questa unità è stata rinvenuta un'associazione malacologica continentale descritta nel paragrafo successivo. I depositi di fondovalle sopra descritti sono collegati a grossi apparati di conoidi alluvionali presenti sul lato destro e sinistro della valle descritti successivamente (fig. 7). L'andamento del tetto delle ghiaie, sotto le coperture alluvionali recenti e i depositi piroclastici da caduta, è stato ricostruito attraverso la reinterpretazione di oltre 200 stratigrafie di sondaggi (fig. 5).

Unità delle alluvioni recenti del Clanio Aqualonga.

In tutti i casi osservati l'Unità delle ghiaie carbonatiche di Tufino presenta al tetto un paleosuolo più o meno spesso che marca un netto cambio nella sedimentazione e nell'apporto di materiale clastico carbonatico (fig. 2). I depositi successivi mostrano una netta prevalenza di materiale vulcanoclastico con frequenti depositi piroclastici conservati, tra cui il più antico rinvenuto è quello delle Pomici Principali di Agnano.

Conoidi Alluvionali

I conoidi alluvionali presenti nell'area di studio sono divisibili, sulla base delle caratteristiche litologiche e tessiture, in due gruppi principali: conoidi alluvionali "anti-

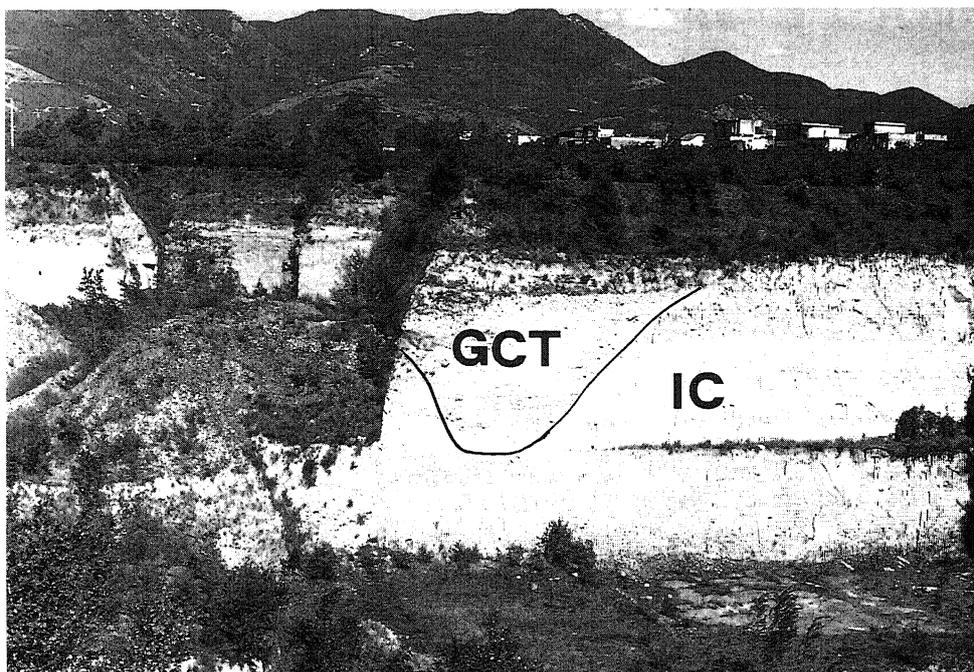


Fig. 4 - Paleocanale riempito da ghiaie e subordinatamente da materiali vulcanoclastici al tetto dell'Ignimbrite Campana nella zona di Tufino. I.C.: Ignimbrite Campana; GCT: Paleocanale riempito con i depositi delle Ghiaie Carbonatiche di Tufino.

Paleovalley at the top of the Campanian Ignimbrite, filled by gravels and subordinately by volcaniclastic deposits, photo in a quarry in the Tufino area. I.C.: Campanian Ignimbrite; GCT: paleovalley filled by the Tufino carbonatic gravel deposits.

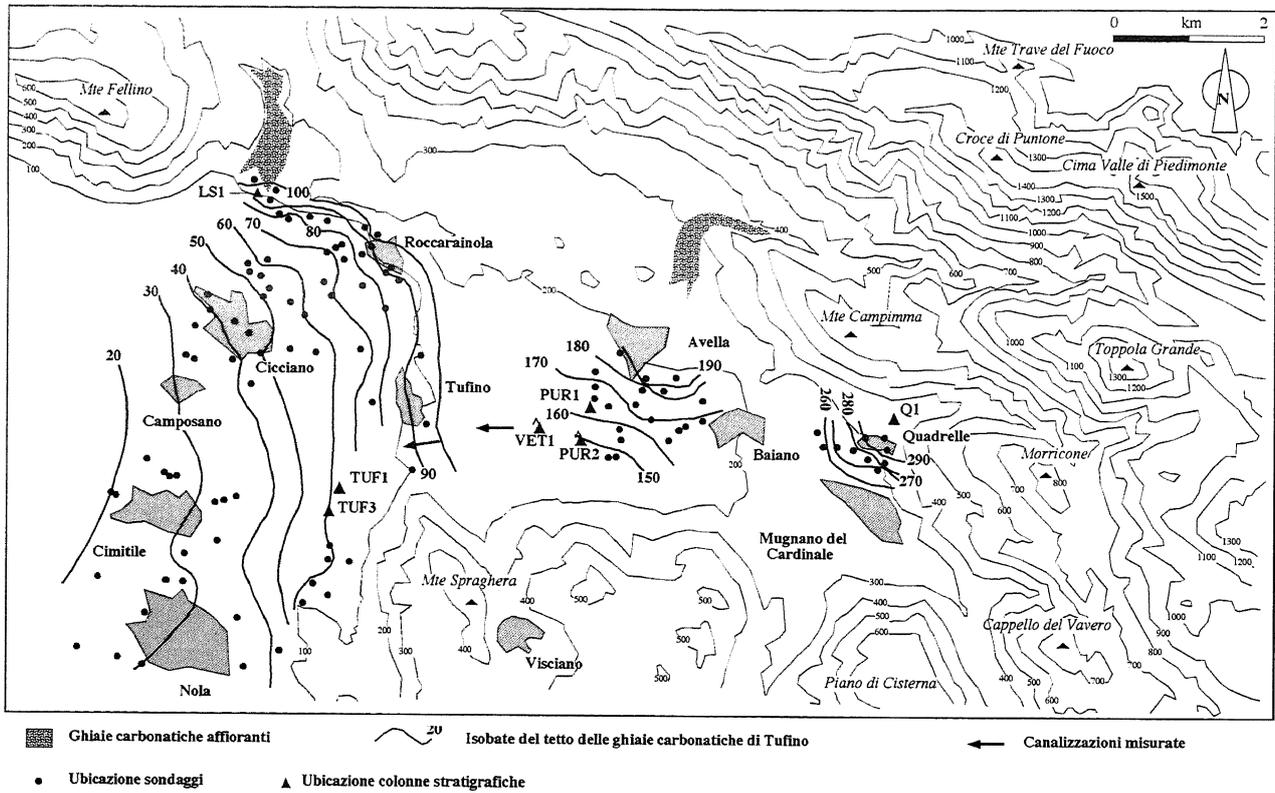


Fig. 5 - Carta delle isobate del tetto dell'Unità delle Ghiaie Carbonatiche di Tufino, espresse in m s.l.m. I punti neri indicano l'ubicazione di sondaggi selezionati per il tracciamento delle isobate.

Isobath map (in m a.s.l.) of the top of the Carbonate Gravels of Tufino Unit. The black dots indicate location of boreholes selected to define isobaths.

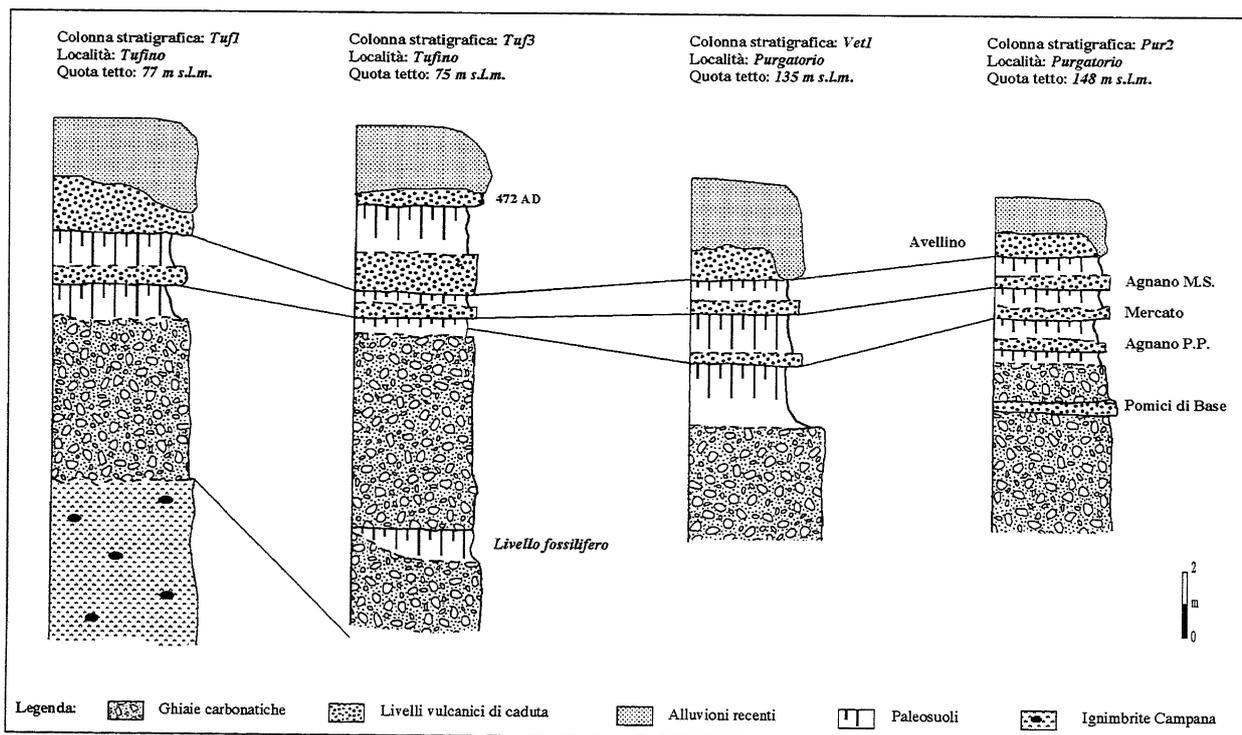


Fig. 6 - Colonne stratigrafiche delle successioni deposizionali osservabili nelle cave di fondovalle. Per l'ubicazione degli affioramenti si veda Fig. 5

Stratigraphic sections of sequences exposed in valley floor quarries. Location of the outcrops is shown in Fig. 5.

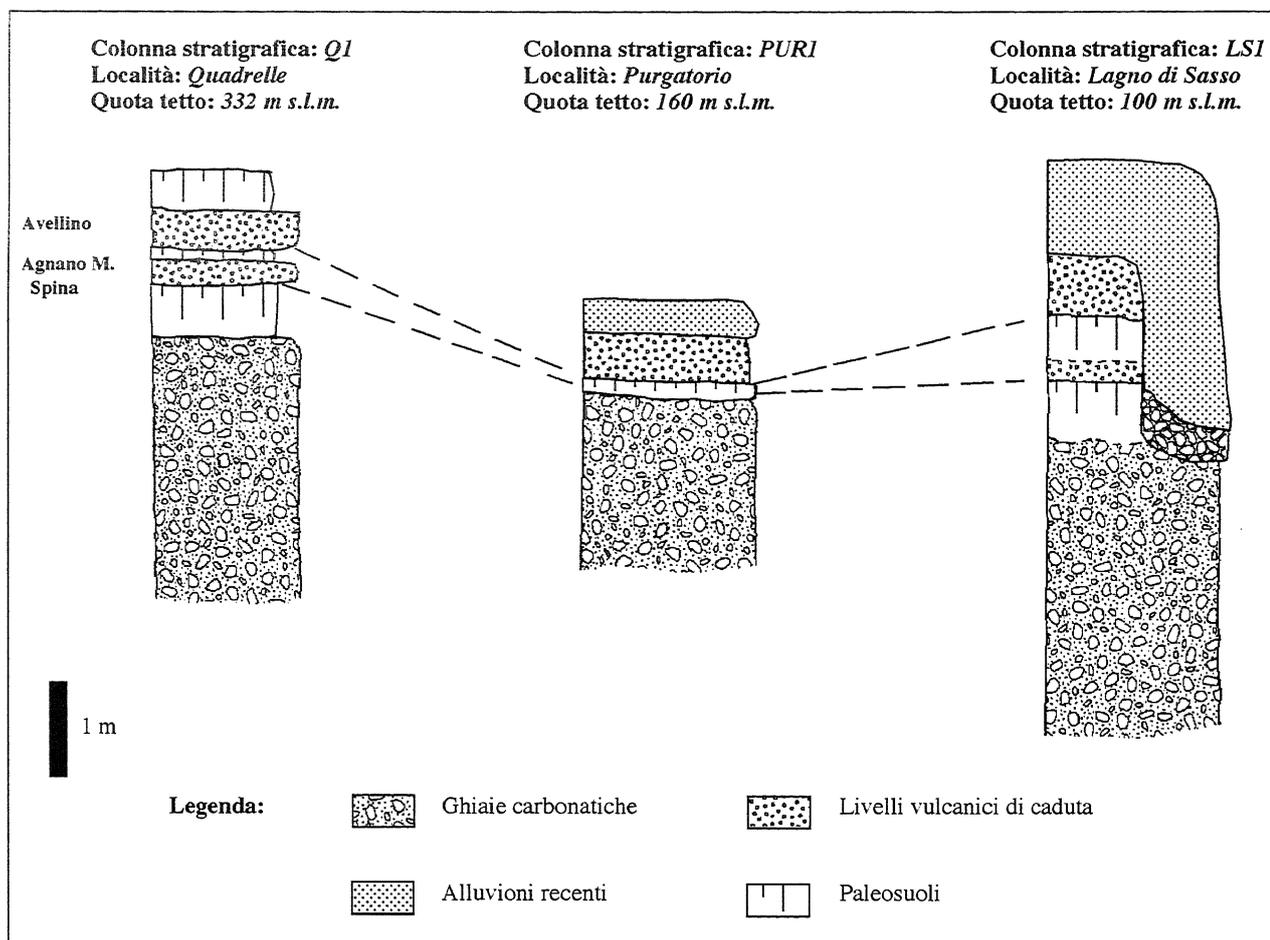


Fig. 7 - Colonne stratigrafiche rappresentative della successione deposizionale presente nella porzione sommitale dei conoidi alluvionali. Per l'ubicazione vedere Fig. 3.

Stratigraphic sections representative of the depositional sequence exposed in the highest portion of the alluvial fans.

chi", oggi parzialmente incisi nella zona medio-apicale e conoidi considerati ancora attivi che si incastrano, in parte sormontandoli, su quelli precedenti. Il passaggio tra questi due gruppi di conoidi coincide con la deposizione dei prodotti dell'eruzione di Agnano P.P.

Conoidi alluvionali ghiaiosi antichi

Tali apparati risultano ben definibili da un punto di vista geomorfologico ed in particolare sono individuabili i corpi su cui si sviluppano i paesi di Sasso, Cicciano, Roccarainola, Avella e Quadrelle (fig. 1). Si tratta di ampie conoidi con pendenza media misurabile compresa tra 1,7 e 3,2 che si raccordano ai depositi alluvionali terrazzati all'interno delle rispettive valli, come descritto precedentemente. Dal punto di vista litologico tali conoidi sono formati da ghiaie e blocchi carbonatici con basso grado di arrotondamento, con una matrice ricca di materiali piroclastici rimaneggiati. Non sono stati rinvenuti al loro interno depositi piroclastici di caduta in posto. I depositi di tipo trattivo risultano prevalenti. L'andamento dei corpi conoidi è stato indagato anche attraverso l'interpretazione di dati di pozzo da cui si evince che questi depositi sono posteriori all'eruzione dell'I.C. Anche in questo caso il tetto è marcato da un paleosuolo più o meno spesso che soggiace talvolta ai depositi dell'eru-

zione di Agnano P.P. In base ai rapporti stratigrafici ed alle eruzioni che li ricoprono (fig. 2) questi conoidi sono da considerarsi coevi all'Unità delle ghiaie carbonatiche di Tufino.

Conoidi vulcanoclastici di Masseria Gragnano

Con questo termine si indica un particolare gruppo di conoidi alluvionali originati dalla mobilizzazione e accumulo di grosse quantità di materiale vulcanoclastico (Sulpizio et al., 1999). Questi depositi si rinvengono in sinistra orografica della valle del Clanio-Acqualonga e sono ben esposti in alcune cave attive. Alla base è presente una superficie di erosione che insiste direttamente sul substrato carbonatico o sull'Unità colluviale di Masseria Montemaoro. Le facies sedimentarie identificate sono principalmente rappresentate da hyperconcentrated-flood flows e da debris flow. Gli ultimi depositi vulcanici coinvolti sono quelli dell'eruzione delle Verdoline e al tetto sono ricoperti dall'Unità colluviale di Visciano che ne marca la fine dell'attività.

Conoidi olocenici attivi

La caratteristica litologica principale di questi corpi sedimentari è la ricchezza di materiale vulcanoclastico associato a minori quantità di materiale clastico carbo-

natico. Gli affioramenti naturali sono piuttosto rari trattandosi di corpi potenzialmente attivi e una descrizione dettagliata dell'architettura interna è, ad oggi, mancante.

I depositi dell'I.C.

Questa importante unità vulcanica è formata da spessori di decine di metri di ceneri spesso litificate, con contenuto variabile di pomici, scorie e frammenti litici. Tale deposito, messo in posto da flussi piroclastici, forma un corpo continuo nella zona in esame e in tutta la Piana Campana (Barberi et al., 1978; Ortolani e Aprile, 1985; Rosi e Sbrana, 1987; Fisher et al., 1993; Bellucci, 1994; Romano et al., 1994; Orsi et al., 1996). L'andamento del tetto di questa unità cronostratigrafica è stato definito, nell'area in esame, correlando i dati di circa 200 sondaggi geognostici con quelli degli affioramenti presenti nelle numerose cave della zona (fig. 3). Un elemento interessante da rimarcare è la quasi completa assenza dell'I.C. sui contrafforti montuosi, essendo presente solo sul fondo di alcune zone particolarmente depresse come la conca di Visciano.

4. ANALISI MALACOLOGICA

La malacofauna esaminata in questo studio è stata rinvenuta nella cava in corso di ripristino ubicata vicino la statale n. 7 bis, non lontano dal paese di Tufino (Tuf 3 in fig. 5), all'interno di un deposito sabbioso debolmente limoso friabile di colore 2,5Y 6/3 (*light yellowish brown*, Munsell, soil color charts, 1992), spesso circa 80 cm e intercalato ai depositi di ghiaie (fig. 6). Il deposito appare privo di strutture sedimentarie, è lateralmente continuo per alcuni metri e il tetto risulta eroso dai corpi ghiaiosi sovrastanti (fig. 8). Al suo interno si rinvenivano tracce di apparati radicali, per tipologia riconducibili a piante di tipo arbustivo, abbondanti malacofaune terrestri, rari resti di microvertebrati e bioturbazioni interpretate come dovute all'attività di vermi limivori. Il deposito, in base a queste caratteristiche, è interpretabile come un paleosuolo poco evoluto sviluppatosi probabilmente su di una barra sabbiosa (Retallack, 1990).

Sono stati lavati circa 20 kg di sedimento, secondo le tecniche normalmente utilizzate per questo tipo di analisi così come per il conteggio degli individui (Lozek, 1964; 1986; Puisségur, 1976). La fauna rinvenuta è particolarmente ricca di esemplari in discreto stato di conservazione e, pur presentando un certo grado di decalcificazione,

non mostra segni di usura. Ciò fa escludere un trasporto *post-mortem* della stessa. La fauna si può quindi considerare l'espressione della biocenosi originaria.

Per lo studio della malacofauna è stato utilizzato il metodo messo a punto da Lozek (1964) per le malacofaune cecoslovacche e da Puisségur (1976) per le associazioni della Francia centro-meridionale, utilizzato anche in Italia centrale a partire dalla fine degli anni '70 (Esu, 1978; 1980; 1981).

In questo approccio le singole specie vengono suddivise in base alle loro caratteristiche ecologiche e successivamente riunite in gruppi ecologici di rango superiore, da cui è possibile ottenere un quadro delle condizioni ambientali in cui una determinata associazione si è sviluppata. L'alternarsi delle associazioni nel tempo permette quindi di definire i cambiamenti ambientali intercorsi tra fasi glaciali ed interglaciali. In questo lavoro vengono riportati esclusivamente i gruppi ecologici di nostro interesse; per i restanti gruppi si rimanda alla bibliografia essenziale qui riportata (Lozek, 1964; Puisségur, 1976; Esu, 1978).

L'associazione studiata risulta fortemente oligotipica, essendo caratterizzata solo da 5 specie di gasteropodi pulmonati qui di seguito elencati:

Jaminia malatestae, *Jaminia quadridens*, *Pupilla muscorum*, *Vallonia pulchella* e *Cernuella neglecta*. Tra queste solo *J. malatestae* è estinta ed è considerata caratteristica del Pleistocene medio e superiore peninsulare italiano (Esu, 1988; Esu e Girotti, 1991).

Diamo qui di seguito un'inquadrimento delle singole specie all'interno dei gruppi ecologici.

GRUPPO ECOLOGICO 4: questo gruppo comprende le specie di steppa; rientrano in questo gruppo le specie che vivono in luoghi assolati ed asciutti con vegetazione povera di alberi.

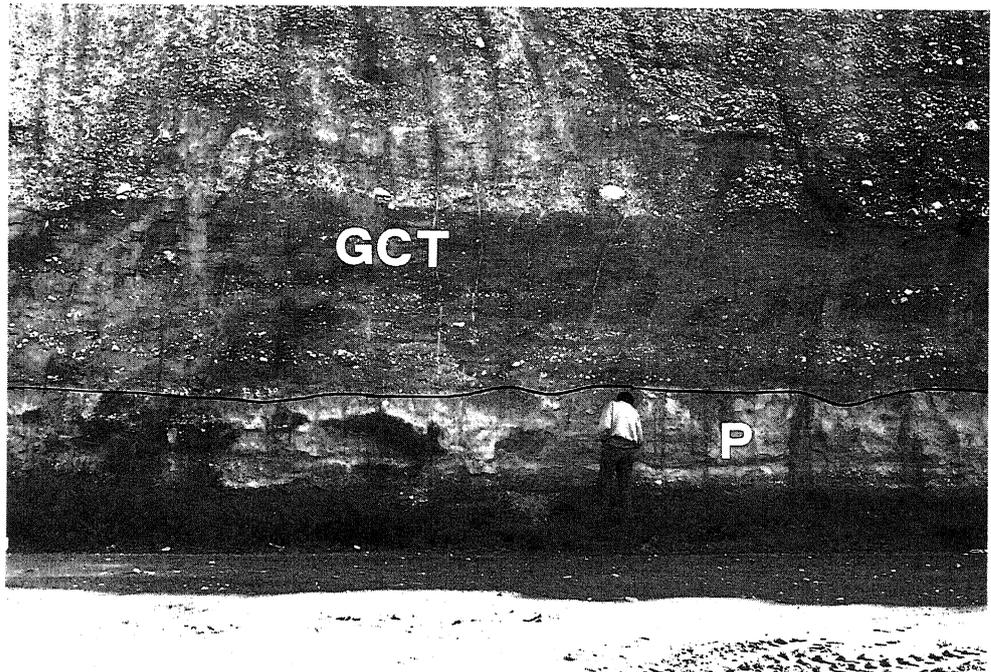


Fig. 8 - Affioramento della cava TUF3. Nella foto è visibile il livello, interpretato come paleosuolo (P), intercalato alle ghiaie (GCT) da cui proviene l'associazione malacologica oligotipica presentata.

Outcrop in the TUF3 quarry. The deposit interpreted as a paleosol (P) and containing the presented oligotypic, malacological association, is shown in the photo. It is interbedded in the gravel unit (GCT).

Jaminia quadridens (MÜLLER) (fig. 9; a). E' una specie xerofila che vive in zone assolate ed esposte su piante erbacee ed arbustive, specialmente sopra rocce calcaree, meno comune nelle praterie. E' presente a partire dal piano collinare pedemontano (Giusti e Mantovani, 1979) e sulle Alpi arriva a superare i 2000 m

di quota (Kerney and Cameron, 1979). In Italia peninsulare è segnalata fino al Massiccio del Pollino. Ha una distribuzione prevalentemente mediterranea.

Ceruella neglecta (DRAPARNAUD) (fig. 9; b). Vive in siti aperti e asciutti, dune costiere, praterie aride e in zone rocciose. In Italia non è segnalata attualmente

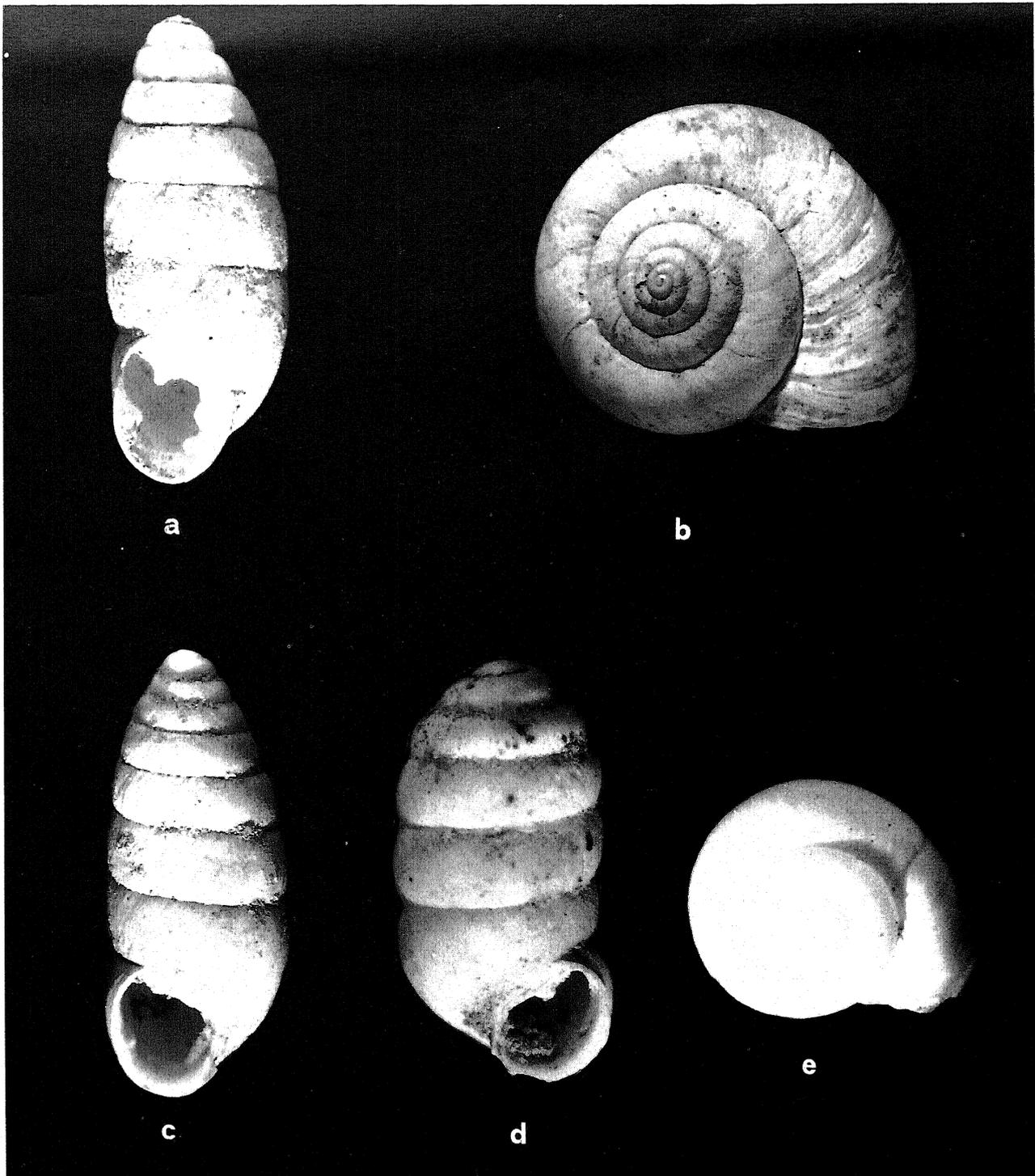


Fig. 9 - Molluschi terrestri rinvenuti nella cava TUF3: a) *Jaminia quadridens* (x 10); b) *Ceruella neglecta* (x 4); c) *Jaminia malatestae* (x 9); d) *Pupilla muscorum* (x 28); e) *Vallonia pulchella* (x 28).

Continental molluscs collected in the TUF3 quarry: a) *Jaminia quadridens* (x10); b) *Ceruella neglecta* (x4); c) *Jaminia malatestae* (x9); *Pupilla muscorum* (x28); e) *Vallonia pulchella* (x28).

vivente in Campania (Cossignani e Cossignani, 1995). Anche secondo Alzona (1971) la sua distribuzione sarebbe limitata alla Liguria, Toscana, Corsica e Sardegna. Lo stesso Alzona riporta comunque la possibilità di equivoci con la specie *umbilicaris*, questa segnalata anche in Campania. La specie ha distribuzione prevalentemente mediterranea (Kerney and Cameron, 1979).

Jaminia malatestae ESU (fig. 9; c). Questa specie, come abbiamo detto, è considerata estinta e ristretta al Pleistocene medio ed a quello superiore (Esu, 1988; Esu e Girotti, 1991). Secondo Esu (1988) si tratta di una specie ben adattata alle condizioni fredde ed aride, visto i contesti malacologici in cui è stata prevalentemente rinvenuta che indicherebbero per lo più un clima deteriorato in senso freddo. In maniera dubitativa, dato che si tratta di una specie fossile, potrebbe rientrare all'interno del gruppo ecologico 4.

GRUPPO ECOLOGICO 5: in questo gruppo rientrano le specie in cui la caratteristica essenziale è di vivere in località aperte pur avendo esigenze di umidità variabili.

Pupilla muscorum (LINNAEUS) (fig. 9; d). Questa specie vive in località aperte e prive di alberi, è caratteristica anche di dune costiere, nelle Alpi può spingersi fino a 2000 m di altitudine. Arriva a toccare il 68°N. E' presente in tutta l'Italia peninsulare. E' molto frequente nei depositi loessici dell'Europa formando spesso associazioni caratteristiche (Lozek, 1964; Lozek, 1990; Rousseau et al., 1990; Puisségur, 1976). E' considerata specie in grado di resistere bene al freddo.

Vallonia pulchella (MÜLLER) (fig. 9; e) E' una specie ad ampia valenza ecologica che predilige le zone aperte prive di vegetazione arborea quali ad esempio prati umidi o dune sabbiose. Occasionalmente vive anche in praterie secche. Arriva fino ai 71°N in Norvegia.

Lo studio quantitativo dell'associazione (tab.1) mostra una prevalenza del gruppo 4 rispetto al gruppo 5 nel numero di individui, in cui gli esemplari di *Ceruella neglecta* da soli rappresentano il 73 % degli individui ed in totale le specie di questo gruppo ecologico arrivano all'83 %, considerando anche la *J. malatestae*. Tutte le specie hanno in comune la predilezione per i siti aperti privi o con scarsissima vegetazione arborea. La xericità dell'ambiente è marcata dalla prevalenza degli individui delle specie del gruppo 4 (*C. neglecta* e *J. quadridens*). La presenza esclusiva dei gruppi ecologici 4 e 5, la povertà di specie, l'abbondanza del taxon *C. neglecta*, sono indice di una associazione oligotipica di clima arido o semi arido. La presenza inoltre di specie in grado di resistere a condizioni fredde e che si spingono sia ad alte quote che a latitudini settentrionali ci dà un'informazione di un clima deteriorato in senso freddo. Anche in altri siti italiani la presenza di associazioni oligotipiche di questo tipo, sia pure con leggere differenze nella composizione, è stata considerata indicativa di condizioni aride o semi-aride fredde (Esu et al., 1989). Tra queste citiamo ad esempio le "argille ad *Helicella*" della formazione di Ponte Galeria (Conato et al., 1980; Esu e Girotti, 1991), la serie continentale di Isernia "La Pineta" (Esu, 1981), il membro inferiore dell'Unità di S. Romano nel Valdarno inferiore (Zanchetta et al., 1998) per le associazioni del Pleistocene medio. L'associazione rinvenuta nel terrazzo basso della Valle

del Calore (Benevento), deposito attribuito al "Wurm" da Malatesta (1959) mostra una forte somiglianza con la nostra associazione. Infatti è composta da *J. malatestae*, *Pupilla muscorum*, *Vallonia pulchella* ed *Helicella* sp., ed è stata attribuita ad una fase fredda ed arida (Esu, 1988; Esu e Girotti, 1991). La nostra associazione, come in generale le altre italiane, differiscono dalle associazioni fredde ed aride dell'Europa centrale e centro-meridionale (Lozek, 1964; Lozek, 1990; Rousseau et al., 1990; Puisségur, 1976), per la presenza di elementi più termofili che ne mitigano il significato climatico, come *J. quadridens* e *C. neglecta* che hanno una distribuzione sostanzialmente mediterranea. *C. neglecta* è considerata da Lozek (1964) come specie indicativa degli intervalli caldo umidi. Mentre *J. quadridens* compare nell'ex Cecoslovacchia solo nella prima parte dell'Olocene (Lozek, 1964).

5. TENTATIVO DI INQUADRAMENTO CLIMATICO A VASTA SCALA

Nell'area campana non sono oggi disponibili studi paleoclimatologici su cui poter confrontare ed eventualmente confermare le deduzioni paleoambientali ricavate dall'associazione a molluschi o avere un quadro di riferimento in cui inserire gli eventi sedimentari studiati in questo lavoro. Per far ciò tenteremo di correlare le nostre serie con serie studiate in aree limitrofe. Lo strumento più potente di correlazione a nostra disposizione è rappresentato dai livelli vulcanici. A questo riguardo particolarmente interessante risulta lo studio integrato di una carota nel Lago Grande di Monticchio che è stato indagato sia dal punto di vista palinologico (Watts et al., 1996), che dal punto di vista tefrocronologico (Narcisi, 1996). Le correlazioni tefrostratigrafiche proposte da Narcisi richiedono comunque alcune precisazioni legate alle conoscenze più recenti acquisite riguardo ai depositi vulcanici di origine campana e sulla loro dispersione. In particolare, l'attribuzione del livello L10 alla formazione di Sarno, è da rigettare in quanto tale formazione si è rivelata essere l'equivalente delle Pomici di Base (Andronico et al., 1995; 1996; Bertagnini et al., 1997). E'

Tab. 1 - Tabella quantitativa riassuntiva delle abbondanze delle singole specie suddivise per gruppi ecologici (per la spiegazione di questi si veda il testo). Si può osservare l'abbondanza degli esemplari di *C. neglecta*. La presenza in associazioni oligotipiche di un taxon dominante è nei molluschi continentali ricorrente (Esu et alii, 1988).

Quantitative table of the abundance of the individual species subdivided according to the ecological group (for explanations about them see text). Note the abundance of the *C. neglecta*. Presence of a dominant taxon is recurrent in oligotypic associations of continental molluscs (Esu et alii, 1988).

Gruppo ecologico	Specie	N. degli esemplari	%
4	<i>Jaminia quadridens</i>	41	5.9
	<i>Jaminia malatestae</i>	35	5.0
	<i>Ceruella neglecta</i>	505	73.0
5	<i>Pupilla muscorum</i>	63	9.1
	<i>Vallonia pulchella</i>	48	7.0
Totale		692	100

quindi possibile ipotizzare che il livello L10 debba essere ancora correttamente attribuito. Buon accordo c'è nell'attribuzione dei livelli L4, L5, L6, L11 ed L12 alle eruzioni di Mercato, di Agnano P.P., del Tufo Giallo Napoletano, di Codola (circa 25 ka; Santacroce, 1987) e dell'I.C., rispettivamente.

Record pollinici che ricoprono un intervallo temporale utile al nostro scopo sono rappresentati anche dalle carote provenienti dai laghi vulcanici di Valle di Castiglione (Alessio et al., 1986; Follieri et al., 1988; 1989) e del Lago di Vico (Leroy et al., 1996). Queste ultime due sequenze, pur trovandosi più a nord dell'area studiata si trovano però a quote altimetriche inferiori rispetto ai Laghi di Monticchio, in posizione più prossima al mare e forniscono quindi indicazioni probabilmente più consone rispetto alle quote dei nostri depositi.

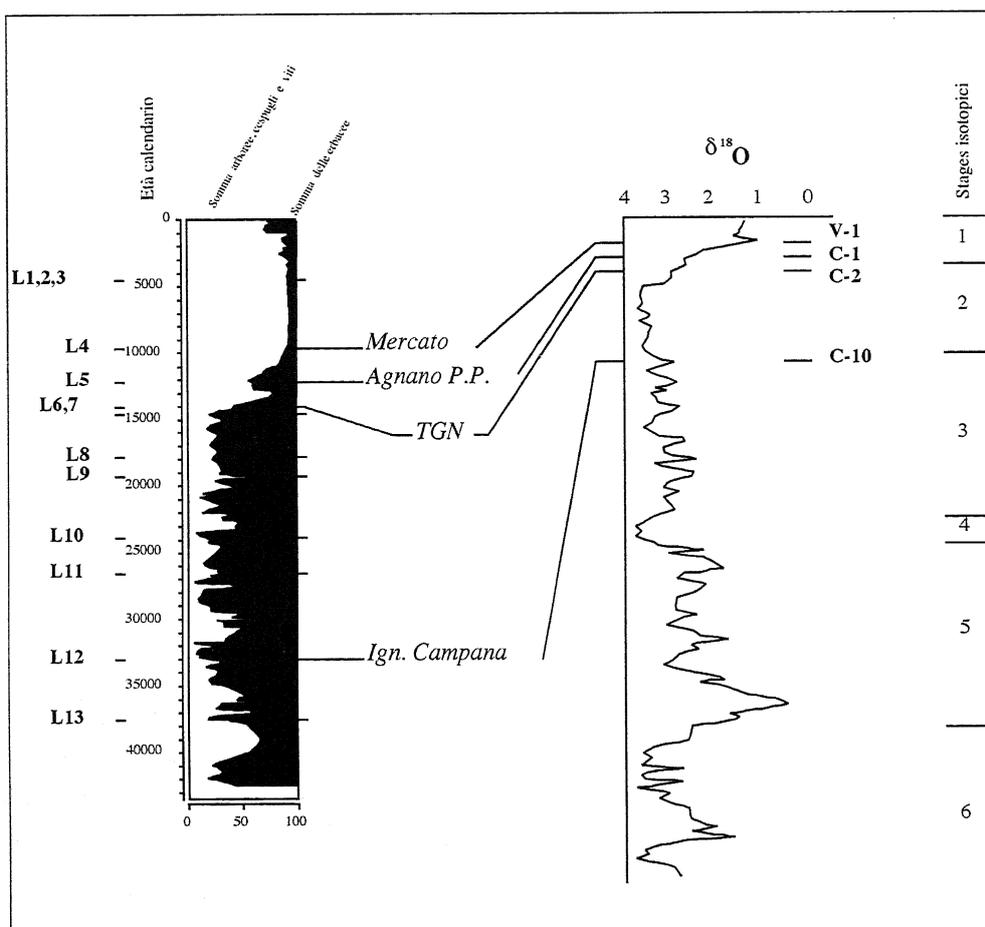
Tuttavia, in tutti i diagrammi pollinici viene riconosciuta dai vari autori, tra 40.000 e 30.000 anni circa, una fase legata all'alternanza di fasi steppiche, di corta durata, con fasi "interstadiali" con espansione delle essenze forestali (zona 8, 7, 6 e 5 di Watts et al., 1996; zona 7 di Leroy et al., 1996; Vdc 16 in Follieri et al., 1989). Questo momento è seguito da una fase "steppica" dominata da Gramineae, *Artemisia* e Chenopodiaceae che

rappresenta la punta di massimo freddo dell'ultima glaciazione. Questa fase termina intorno a 13 ka a cui segue la rapida e progressiva espansione delle essenze arboree che caratterizzano l'inizio dell'Olocene.

Alcuni degli eventi eruttivi descritti nella zona studiata sono stati riconosciuti anche in carote marine (Paterne et al., 1986; 1988; Keller et al., 1978; Sparks e Huang, 1980; Vezzoli, 1991). In particolare i lavori di Paterne et al., (1986; 1988) sono corredati dalle analisi isotopiche sui foraminiferi mediante i quali è possibile fare una stretta correlazione con gli stage isotopici marini. L'evento meglio correlabile, in tutti i lavori citati, risulta essere quello dell'I.C (livello C-10 di Paterne et al., 1986; 1988; Y5 in Sparks e Huang, 1980 e Vezzoli, 1991) che si situa nella parte finale dello stage isotopico 3. Da un punto di vista cronologico il deposito delle Pomici di Base cade all'interno dello stage isotopico 2, mentre le eruzioni delle Pomici Principali di Agnano e di Mercato, riconosciute anche nei sondaggi a mare (livelli C-1 e V-1 di Paterne et al., 1988), cadono nella parte iniziale dello Stage isotopico 1 (fig. 10). Nei *proxy records* citati, pollinici ed isotopici, ben correlabile appare anche il livello del Tufo Giallo Napoletano (TGN), fino ad oggi non sicuramente identificato nella nostra area.

Fig. 10 - Tentativo di correlazione tra serie polliniche a terra (Lago Grande di Monticchio) e curva degli isotopi dell'ossigeno (Tirreno), utilizzando alcuni livelli vulcanici di caduta tra quelli presenti nell'area di studio. Le sigle L1-13 sono i livelli di tephra studiati da Narcisi (1996). Dati pollinici da Watts et alii., 1996. Curva di variazione degli isotopi dell'ossigeno da Paterne et alii., 1988. Con le sigle V1, C1-10, (Paterne et alii., 1988) sono indicati i livelli di tephra correlati. TGN: Tufo Giallo Napoletano.

Attempt of correlation between pollen series on land (Lago Grande di Monticchio) and oxygen isotopes curve (Tirrenian sea), using some tephra layers distributed in the studied area as markers. L1-L13 are the tephra layers studied by Narcisi (1996). Pollen data from Watts et al. (1996). Oxygen isotopes variation curve from Paternè et al. (1988). V1, C1-10 (Paternè et al., 1988) indicate the correlated tephra layers. TGN: Neapolitan Yellow Tuff.



6. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

I dati a nostra disposizione sono ben costretti dal punto di vista stratigrafico e cronologico per i depositi sviluppati dopo l'eruzione dell'I.C. Gli affioramenti dei depositi più antichi (Unità di Casa Miele e Unità colluviale di Masseria Montemaoro) risultano troppo scarsi per tentare una ricostruzione credibile. Per quanto concerne l'Unità di Casa Miele ci limitiamo a segnalare la presenza del paleosuolo al suo tetto che per tipo di alterazione differisce sensibilmente rispetto ai suoli più recenti. Il tipo di alterazione potrebbe essere imputato a una lunga fase di esposizione in condizioni climatiche calde o essere il risultato di ripetute fasi di pedogenesi. Questo, in assenza di ulteriori dati, ne sposta il collocamento temporale a prima della deposizione dell'I.C. e dei depositi dell'Unità colluviale di Masseria Montemaoro in cui il materiale piroclastico diventa un elemento importante nell'alimentazione dei corpi sedimentari.

Successivamente alla messa in posto dei depositi dell'I.C. si sviluppa una intensa fase di erosione, confermata anche dal mancato rinvenimento di depositi dell'Unità di Casa Bellofatto e dell'I.C. sui rilievi, dove attualmente l'Unità colluviale di Visciano poggia direttamente sul substrato carbonatico. I depositi vulcanici costituenti l'Unità di Casa Bellofatto si trovano abbondantemente come materiale rimaneggiato all'interno dei conoidi vulcanoclastici (Sulpizio et al., 1999). Questa grossa fase di smantellamento è quindi da imputare ad almeno 3 fattori che hanno agito contemporaneamente: un abbassamento del livello di base generale rappresentato dal livello marino (Bard et al., 1990; Shackleton, 1987); una cospicua quantità di materiale detritico fornito dai contrafforti con scarsa copertura arborea e soggetti probabilmente a fenomeni di crioclastismo accentuato in ambiente con clima di tipo arido o semi arido freddo; l'impatto generato dalla deposizione dell'I.C. che ha portato ad un riassetto dei profili di equilibrio delle aste fluviali.

Dai dati descritti e dalle correlazioni proposte su vasta scala si può inoltre affermare che la fase di intenso smantellamento dei contrafforti carbonatici che ha dato origine agli apparati di conoidi (conoidi alluvionali ghiaiosi antichi e conoidi vulcanoclastici di Masseria Gragnano) e ai depositi fluviali descritti (Unità delle ghiaie del Lago di Sasso-Clanio-Acquaserta, Unità delle ghiaie carbonatiche di Tufino) è avvenuta in un contesto climatico arido o semi-arido freddo con maggior sviluppo di fasi a vegetazione erbacea nella prima parte dell'intervallo che va da 37.000 a circa 10.000 anni. Questa ultima data è un termine massimo poiché la deposizione delle ghiaie in questo momento è già terminata, come testimoniato dalla presenza del paleosuolo al tetto coperto dai prodotti piroclastici di Agnano P.P. Le indicazioni di ambiente arido o semi-arido freddo dedotte dalla malacofauna rinvenuta sono quindi in perfetto accordo con i dati ricavati dal confronto con le serie polliniche esistenti in letteratura. Le correlazioni con i dati isotopici delle carote marine permettono di inquadrare lo sviluppo di questa fase sedimentaria con la parte superiore dello stage isotopico 3 e con lo stage isotopico 2.

La drastica riduzione di apporto di materiale carbonatico corrisponde alla transizione tra Pleistocene superiore-Olocene e si può collegare alla rapida espansione

delle aree forestali associata all'aumento di umidità e di temperatura, che ha fatto sì che la produzione detritica e l'erosione fossero inibite. Il tipo di attività sedimentaria infatti cambia radicalmente durante l'Olocene: la presenza di depositi fluviali sembra essere meno diffusa e sono frequenti paleosuoli coperti da depositi piroclastici di caduta nelle aree pianeggianti.

Infine, da un punto di vista formale i dati a nostra disposizione sono sufficienti per una definizione dell'Unità delle Ghiaie Carbonatiche di Tufino in termini di formazione. Questo dal momento che si conosce con precisione l'età dei corpi studiati, la loro geometria, la variabilità laterale, la loro estensione nel sottosuolo, il contenuto paleontologico (NASC, 1983). Proponiamo quindi di elevare al rango di formazione tale unità con il nome di Formazione delle Ghiaie Carbonatiche di Tufino.

RINGRAZIAMENTI

Desideriamo ringraziare sentitamente la Prof. D. Esu dell'università la Sapienza di Roma per i consigli nello studio della malacofauna. Ringraziamo inoltre il prof. F.P. Bonadonna per i consigli durante la stesura del lavoro e il prof. R. Cioni per la revisione critica della prima stesura del lavoro. Ringraziamo altresì i due revisori anonimi che hanno contribuito al miglioramento del lavoro finale. Lavoro effettuato con i fondi di ricerca CARG'88 e con il contributo del Gruppo Nazionale per la Vulcanologia (GNV).

BIBLIOGRAFIA

- AA. VV. (1983) - *North American Stratigraphic Code*. AAPG Bull., **67**, 841-875. (Nel testo citato con la sigla NASC).
- Alessio M., Bella F., Improta S., Belluomini G., Cortesi C. and Turi B. (1971) - *University of Rome Carbon-14 dates X*. Radiocarbon, **13**(2), 395-411.
- Alessio M., Allegri L., Bella F., Calderoni G., Cortesi C., Dai Pra G., De Rita D., Esu D., Follieri M., Improta S., Magri D., Narcisi B., Petrone V. & Sadori L. (1986) - *¹⁴C dating, geochemical features, faunistic and pollen analyses of the uppermost 10 m core from Valle di Castiglione (Rome, Italy)*. Geologica Romana, **25**, 287-308.
- Alzona C. (1971) - *Malacofauna Italica. Catalogo e bibliografia dei molluschi viventi, terrestri e d'acqua dolce*. At. Soc. It. Sc. Nat., Mus. Civ. St. Nat. di Milano, **61**, 444 pp.
- Andronico D., Calderoni G., Cioni R., Sbrana A., Sulpizio R. and Santacroce R. (1995a) - *Geological map of Somma-Vesuvius volcano*. Per. Min. "Special Issue for Volcanoes in town, a IAVCEI Conference on Volcanic Hazard in Densely Populated Regions", **64**, 77-78
- Andronico D., Cioni R., Marinelli P., Santacroce R., Sbrana A., Sulpizio R. (1996) - *Introduction to Somma -Vesuvius*. In "Vesuvius Decade Volcano" Workshop Handbook, Napoli, Settembre 17-22, 1-13.
- Andronico D., Cioni R. and Sbrana A. (1995b) - *Interplinian activity of Somma-Vesuvius*. Per. Min.

- "Special Issue for Volcanoes in town, a IAVCEI Conference on Volcanic Hazard in Densely Populated Regions", **64**, 79-80.
- Barberi F., Innocenti F., Lirer L., Munno R., Pescatore T. and Santacroce R. (1978) - *The Campanian Ignimbrite: a major prehistoric eruption in the Neapolitan area (Italy)*. Bull. Volcanol., **41**(1), 1-22.
- Bard E., Hamelin B., and Fairbanks R.G. (1990) - *U-Th ages obtained by mass spectrometry in corals from Barbados: sea level during the past 130,000 years*. Nature, **346**, 456-458.
- Barra D., Bonaduce G., Brancaccio L., Cinque A., Ortolani F., Pagliuca S. & Russo F. (1989) - *Evoluzione geologica olocenica della piana costiera del fiume Sarno (Campania)*. Mem. Soc. Geol. It., (1992), **42**, 255-267.
- Barra D., Cinque A., Gewelt M. & Hurtgen C. (1991) - *L'ospite caldo Sylvestra seminis (BONADUCE, MASOLI, & PUGLIESE, 1976) (Crustacea, Ostracoda): un possibile marker dell'ultimo interglaciale dell'area mediterranea*. Il Quaternario **4**(2), 327-332.
- Bellucci F. (1994) - *Nuove conoscenze stratigrafiche sui depositi vulcanici del sottosuolo del settore meridionale della Piana Campana*. Boll. Soc. Geol. It., **113**, 395-420.
- Bernasconi A., Bruni P., Gorla L., Principe C. & Sbrana A. (1981) - *Risultati preliminari dell'esplorazione profonda nell'area vulcanica del Somma-Vesuvio*. Rend. Soc. Geol. It., **4**, 237-240.
- Bertagnini A., Landi P., Rosi M., Vigliarigo A. (1998) - *The Pomice di Base plinian eruption of Somma-Vesuvius*. J. Volcanol. Geotherm. Res., **83**, 219-239.
- Brancaccio L., Cinque A., Romano P., Roskopf C., Russo F., Santangelo N. and Santo A. (1991) - *Geomorphology and neotectonic evolution of a sector of the Tyrrhenian flank of the southern Apennines (Region of Naples, Italy)*. Z. Geomorph., **82**, 47-58.
- Cinque A. (1991) - *La trasgressione versiliana nella piana del Sarno (Campania)*. Geogr. Fis. Dinam., Quat., **14**, 63-71.
- Cioni R., Morandi D., Sbrana A. e Sulpizio R. (1998). *L'eruzione delle pomice di Avellino: aspetti stratigrafici e vulcanologici*. P.A.C.T., Atti del Convegno Internazionale: "L'eruzione vesuviana delle Pomice di Avellino e la facies di Palma Campana (Bronzo Antico)". Ravello 15-17 Luglio 1994. In stampa.
- Conato V., Esu D., Malatesta A. and Zarlenga F. (1980) - *New data on the Pleistocene of Rome*. Quaternaria, **22**, 131-176.
- Cossignani T e Cossignani V. (1995) - *Atlante delle conchiglie terrestri e dulciacquicole italiane*. Ed. L'Informatore Piceno, Ancona, 208 pp.
- Deino A.L., Courtis G. H. and Rosi M. (1992) - *⁴⁰Ar/³⁹Ar dating of Campanian Ignimbrite, Campanian Region, Italy*. Int. Geol. Congr. Kyoto, Japan, 24 Aug. - 3 Sept., **3**, 633 (abstract).
- Deino A.L., Courtis G.H., Southon J., Terrasi F., Campajola L. and Orsi G. (1994) - *¹⁴C and ⁴⁰Ar/³⁹Ar dating of Campanian Ignimbrite, Phlegraean Fields, Italy*. Icoq., Berkeley, CA, P. 77 (abstract).
- Di Vito M., Sulpizio R. e Zanchetta G. (1997) - *Relazioni tra depositi vulcanici e sedimentari nella Piana Campana negli ultimi 37 ka*. GNV, 1996 Annual Meeting Abstract Volume, 31-32.
- Esu D. (1978) - *La malacofauna continentale plio-pleistocenica della Formazione fluvio-lacustre di Nuraghe Su Casteddu (Sardegna orientale) e sue implicazioni paleogeografiche*. Geol. Romana, **17**, 1-33.
- Esu D. (1980) - *Malacofauna continentale del giacimento pleistocenico superiore a vertebrati della Via Falminia (Roma)*. Rend. Accad. Naz. Lincei, s.8, **69**, 425-430.
- Esu D. (1981) - *Significato paleontologico e paleoclimatico di una malacofauna continentale pleistocenica dell'Italia centro-meridionale (Isernia, Molise)*. Boll. Soc. Geol. It., **100**, 93-98.
- Esu D. (1988) - *Jaminia (Jaminia) malatestae n. sp. from the Italian Pleistocene (Pulmonata: Enidae)*. Arch. Moll., **119**, 227-233.
- Esu D. e Girotti O. (1991) - *Late Pliocene and Pleistocene assemblages of continental molluscs in Italy. A survey*. Il Quaternario, **4**(1a), 137-150.
- Fisher R.V., Orsi G., Ort M. and Heiken G. (1993) - *Mobility of a large-volume pyroclastic flow emplacement of the Campanian Ignimbrite, Italy*. J. Volcanol. Geotherm. Res., **56**, 205-220.
- Follieri M., Magri D. and Sadori L. (1988) - *250,000-years pollen record from Valle di Castiglione (Roma)*. Pollen et Spores, **30**(3-4), 329-356.
- Follieri M., Magri D. and Sadori L. (1989) - *Pollen stratigraphical synthesis from Valle di Castiglione (Roma)*. Quaternary International, **3/4**, 81-84.
- Giusti F. e Mantovani E. (1979) - *Le malacofaune continentali quaternarie del Riparo Tagliente in Valpantena (VR)*. Boll. Mus. Civ. St. Nat. Verona, **6**, 19-72.
- Ippolito F., Ortolani F. e Maria R. (1973) - *Struttura marginale tirrenica dell'Appennino Campano: reinterpretazione di dati di antiche ricerche di idrocarburi*. Mem. Soc. Geol. It., **12**, 227-250.
- Kerney M.P. and Cameron R.A.D. (1979) - *A Field Guide to the Land Snails of Britain and North-west Europe*. Collins, London, 288 pp.
- Keller J., Ryan W.B.F., Ninkovich D. and Altherr R. (1978) - *Explosive volcanic activity in the Mediterranean over the past 200,000 yr as recorded in deep-sea sediments*. Geol. Soc. Am. Bull., **89**, 591-604.
- Leroy S.A.G., Giralt S., Francus P. and Seret G. (1996) - *The high sensitivity of the palynological record in the Vico Maar Lacustrine sequence (Latium, Italy) highlights the climatic gradient through Europe for the last 90 ka*. Quaternary Science Reviews, **15**, 189-201.
- Lirer L., Mastrolorenzo G. and Rolandi G. (1987) - *Un'eruzione pliniana nell'attività recente dei Campi Flegrei*. Boll. Soc. Geol. It., **106**, 461-473.
- Lirer L., Pescatore T., Booth B. and Walker G.P.L. (1973) - *Two plinian pumice-fall deposits from Somma-Vesuvius, Italy*. Geol. Soc. Am. Bull., **84**, 759-772.
- Lozek V. (1964) - *Quartärmollusken der Tschechoslowakei*. Rozprawy Ústředního Ústavu Geologického, **31**, pp. 374.
- Lozek V. (1990) - *Molluscs in loess, their paleoecological significance and role in geochronology* -

- Principles and methods.* Quaternary International **7/8**, 71-79.
- Malatesta A. (1959) - *Note di geologia e morfologia sulla valle Caudina e sulla Valle del F. Calore.* Boll. Serv. Geol. It., **80** (1958), 255-260.
- Morandi D. (1994-95) - *L'eruzione pliniana di Avellino (Vesuvio, 3400 yr BP): studio vulcanologico e tefrostratigrafico - approfondimenti chimico-petrografici.* Facolta di Scienze Mat. Fis. Nat. Univ. Pisa. 163 pp.
- Munsell Soil Color Charts revised edition. (1992) Macbeth, Munsell Color, New York.
- Narcisi B. (1996) - *Tephrochronology of late quaternary lacustrine record from the Monticchio Maar (Vulture Volcano, Southern Italy).* Quaternary Science Reviews, **15**, 155-165.
- Orsi, G. (1997) - *L'eruzione di Agnano-Monte Spina nell'evoluzione vulcanologica e strutturale della caldera flegrea negli ultimi 12 ka.* GNV, 1996 Annual Meeting Abstract Volume, 44-45.
- Orsi G., de Vita S., Di Vito M. (1996) - *The restless, resurgent Campi Flegrei nested caldera (Italy): constrains on its evolution and configuration.* J. Volcanol. Geotherm. Res., **74**, 179-214.
- Ortolani F. e Aprile F. (1985) - *Principali caratteristiche stratigrafiche e strutturali dei depositi superficiali della Piana Campana.* Boll. Soc. Geol. It., **104**, 195-206.
- Paterne M., Guichard F. and Labeyrie J., (1988) - *Explosive activity of the south Italian volcanoes during the past 80,000 years as determined by marine tephrochronology.* J. Volcanol. Geotherm., Res., **34**, 153-172.
- Paterne M., Guichard F., Labeyrie J., Gillot P.Y. and Duplessy J.C. (1986) *Tyrrhenian sea tephrochronology of the oxygen isotope record for the past 60,000 years.* Marine Geology, **72**, 259-285.
- Pescatore T. e Ortolani F. (1973) - *Schema tettonico dell'Appennino campano-lucano.* Boll. Soc. Geol. It., **92**, 453-473.
- Puisségur J.J. (1976) - *Mollusques continentaux quaternaires de Bourgogne.* Thèse Mém. Géol. Univ. Dijon, **3**, 241 pp.
- Retallack G.J. (1990) - *Soils of the past. An introduction to paleopedology.* UNWIN HYMAN, Boston, 520 pp.
- Rolandi G., Mastrolorenzo G., Barrella A.M. and Borrelli A. (1993) - *The Avellino plinian eruption of Somma-Vesuvius (3760 yr): the progressive evolution from magmatic to hydromagmatic style.* J. Volcanol. Geotherm. Res., **58**, 67-88.
- Romano P., Santo A. e Voltaggio M. (1994) - *L'evoluzione geomorfologica della pianura del fiume Volturno (Campania) durante il tardo Quaternario (Pleistocene Medio-Superiore-Olocene).* Il Quaternario, **7**(1), 41-56.
- Rosi M. and Sbrana A., (editori) (1987) - *Phlegraean Fields.* CNR, Quad Ric. Sci., **114**, 175 pp.
- Rosi M., Vezzoli L., Aleotti P., and Censi M. (1996) - *Interaction between caldera collapse and eruptive dynamics during the Campanian Ignimbrite eruption, Phlegraean Fields, Italy.* Bull. Volcanol., **57**, 541-554.
- Rousseau D.D., Puisségur J.J. and Lautridou J.P. (1990) - *Biogeography of the Pleistocene pleniglacial malacofaunas in Europe. Stratigraphic and climatic implication.* Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, **80**, 7-23.
- Santacroce R., (editore) (1987) - *Somma Vesuvius.* CNR, Quaderni della Ricerca Scientifica, **114**, Progetto Finalizzato Geodinamica, Monografie Finali, **8**, 220 pp.
- Scandone, P. (1978) - *Origin of the Thyrrhenian Sea and Calabrian Arc.* Boll. Soc. Geol., It., **98**, 27-34.
- Shackleton, N.J. (1987) - *Oxygen isotopes, ice volume and sea level.* Quaternary Science Reviews, **6**, 183-190.
- Sparks, R.S.J. and Huang, T.C. (1980) - *The volcanological significance of deep-sea ash layers associated with ignimbrites.* Geol. Mag. **117**(5), 425-436.
- Sulpizio R., Di Vito M.A., Zanchetta G. (1999). *Landscape response to the deposition of airfall pyroclastics from large explosive eruptions: an example from the Campanian area (southern Italy).* Physics and Chemistry of the Earth, in stampa.
- Vezzoli, L. (1991) - *Tephra layers in Bannock Basin (Eaestern Mediterranean).* Marine Geology, **100**, 21-24.
- Watts W.A., Allen J.R.M. and Huntley B. (196) - *Vegetation history and climate of the Lastglacial period at Laghi di Monticchio, southern Italy.* Quaternary Science Reviews, **15**, 133-153.
- Zanchetta G., Bonadonna F.P., Esu D., Grassi R., Leone G., Mazza P. (1998) - *Stratigraphic and palaeontologic aspects of middle Pleistocene continental deposits from Lower Valdarno.* Boll. Soc. Geol., **117**, 113-132.

Ms: ricevuto il: 3 ottobre 1997
 Testo definitivo ricevuto il: 1 marzo 1999

Ms received: October 3, 1997
 Final text received: March 1, 1999