ResearchGate

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: https://www.researchgate.net/publication/269802735

ASPETTI GEOLOGICI, GEOMORFOLOGICI E ANTROPOLOGICI DE LA MONTAGNOLA (SAN GIOVANNI GEMINI, AGRIGENTO): PROPOSTA DI UN GEOSITO

Article · December 2014

CITATION
1

READS
1,336

6 authors, including:

Luca Basilone
University of São Paulo
84 PUBLICATIONS **663** CITATIONS
SEE PROFILE

Giuseppe Avellone
Università degli Studi di Palermo
39 PUBLICATIONS **432** CITATIONS
SEE PROFILE

Giuliana Madonia
Università degli Studi di Palermo
45 PUBLICATIONS **433** CITATIONS
SEE PROFILE

Marco Vattano
Università degli Studi di Palermo
64 PUBLICATIONS **439** CITATIONS
SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:

Project HypoSicily View project

Project Karstology View project

All content following this page was uploaded by Luca Basilone on 21 December 2014.

The user has requested enhancement of the downloaded file.

Naturalista sicil., S. IV, XXXVIII (2), 2014, pp. 147-177

Luca Basilone, Giovanni Arnone, Giuseppe Avellone,
Cipriano Di Maggio, Giuliana Madonia, Luca Sineo & Marco Vattano

ASPETTI GEOLOGICI, GEOMORFOLOGICI E ANTROPOLOGICI DE LA MONTAGNOLA (SAN GIOVANNI GEMINI, AGRIGENTO): PROPOSTA DI UN GEOSITO

RIASSUNTO

Vengono presentati i risultati di uno studio multidisciplinare condotto nell'area de La Montagnola (Sicilia centrale). L'area indagata presenta peculiari aspetti scientifici e culturali. Essa costituisce un settore rappresentativo della geologia e della geomorfologia dei Monti Sicani. In questo settore si riconoscono: successioni di carbonati di mare profondo, del Giurassico-Eocene (successione Imerese) e le coperture clastico-torbiditiche dell'Oligo-Miocene (flysch Numidico); successioni di depositi clastico-evaporitici di bacino di *wedge-top*, del Miocene Pliocene; culminazioni anticlinaliche e fronte SO delle unità Imeresi sovrascorse sulle unità Sicane; forme fluviali di approfondimento, forme strutturali derivate, forme gravitative e forme di ruscellamento diffuso o concentrato, quali tipiche morfologie dei rilievi collinari della Sicilia centrale. Dal punto di vista speleologico e carsologico, l'elemento più significativo presente nell'area indagata, che costituisce anche l'emergenza di maggiore interesse, è la Grotta dell'Acqua Fitusa. Questa grotta è costituita da un sistema di cavità sotterranee la cui genesi è dovuta alla risalita di acque termali profonde di natura sulfurea. Al suo interno sono stati inoltre ritrovati resti scheletrici ed industriali di *Homo sapiens*, che conferiscono a questa cavità un importante valore antropologico; così come di sicuro interesse antropologico è la Rocca del Vruaro, con i suoi reperti industriali. La totalità dei dati acquisiti mostra quindi un'area con elementi geologici e antropologici significativi, di una certa importanza scientifica e culturale, tali da giustificare la proposizione di un Geosito.

Parole chiave: Aspetti naturalistico-antropologici, Geosito, La Montagnola, Sicilia centrale

SUMMARY

Geological, geomorphological and anthropological aspects of La Montagnola (San Giovanni Gemini, Agrigento): proposal of a Geosite. We present the results of a multidisciplinary study conducted in the area of La Montagnola (central Sicily). The study area covers the eastern side of the Sicani Mts., where the deep-water carbonate thrust system outcrops. It consists both of a set of SW-ward

imbricated units displaying NW-SE trending ridges, that involve the whole 1,200-1,700 m-thick Triassic-Miocene Sicanian succession, well exposed in the Cammarata Mt. and the Mesozoic-Paleogene carbonate units (Imerese) in the La Montagnola relief. These carbonate units disappear east- and southeast-wards beneath a wedge of deformed Neogene deposits, consisting of the Oligo-Miocene Numidian flysch nappes, that are known to be some thousand of meters-thick in their buried extension towards the Caltanissetta trough and of the Miocene-Pliocene wedge-top deposits, pertaining to the impressive NE-SW tertiary clastic-evaporitic range of the Caltanissetta trough.

The small outcrop of La Montagnola hill, where the whole section involving the Jurassic–Eocene Imerese carbonate rocks succession, displays special scientific and cultural aspects. Here, the Acqua Fitusa cave, consisting of a system of underground cavities whose genesis is due to the upwelling of deep thermal sulphuric water, is one of the major interesting sites of the region. Inside the cave, and in the neighbouring Rocca del Vruaro site, skeletal *Homo sapiens* and industrial remains are related to the Epigravettian industries and are dated no late than 18-15 Ky. Acqua Fitusa-S. Giovanni Gemini-human assemblages (dated at 13760±330) indicate a very important site and demonstrate that the human penetration in the island, contrarily to the first archaeological hypothesis, was not limited to the coastal shores, but interested also the inside and mountains areas of the island.

Thus, the totality of the collected data shows an area with a geological, geomorphological and anthropological elevated interest and for this reason it needs to be introduced as the landscape and cultural heritage (Geosite).

Key words: Naturalistic-anthropological aspects, Geosite, La Montagnola, Central Sicily

INTRODUZIONE

La Montagnola è un piccolo rilievo, situato immediatamente ad est dei centri abitati di Cammarata e San Giovanni Gemini (AG), costituito da rocce carbonatiche mesozoiche che si ergono da terreni argillosi e quarzo-arenitici del flysch Numidico e da sporadici affioramenti della serie gessoso solfifera, di età neogenica. In corrispondenza di questo rilievo si sviluppa l'affioramento più orientale del sistema carbonatico a *thrust* dei Monti Sicani, un'imponente settore della catena siciliana che, grazie alla compressione e alla deformazione di corpi rocciosi avvenute durante l'orogenesi neogenica, con sovrascorrimenti, piegamenti e sollevamenti (BROQUET *et al.*, 1966; BROQUET, 1968; MASCLE, 1979; CATALANO *et al.*, 1996, 2000, 2013a, 2013b; MONACO *et al.*, 2000), raggiunge attualmente la quota di 1.578 m s.l.m. in corrispondenza del Monte Cammarata.

Studi geomorfologici condotti in aree della catena siciliana con contesti geologico-strutturale e topografico analoghi a quello dei Monti Sicani (HUGONIE, 1979; AGNESI *et al.*, 2000; DI MAGGIO, 2000), mostrano la presenza di forme del rilievo influenzate dalla struttura, la cui genesi è stata essenzialmente controllata dalla tettonica e da processi di approfondimento.

Studi speleologici condotti nell'area studiata (VATTANO *et al.*, 2012, 2013; DE WAELE *et al.*, 2014) segnalano l'esistenza di una cavità ipogea di notevole interesse (Grotta dell'Acqua Fitusa) legata alla presenza di circuiti

idrici profondi e alla risalita di fluidi sulfurei, che danno origine a due sorgenti d'acqua sfruttate in passato per scopi termali.

Sempre all'interno della Grotta dell'Acqua Fitusa, BIANCHINI & GAMBASSINI, 1973 (vedi anche D'AMORE *et al.*, 2009; MANNINO *et al.*, 2012) documentano la presenza di resti umani e faunistici e di reperti di industria epigravettiana; a Rocca del Vruaro, piccola cresta situata a circa 2,5 km a sud de La Montagnola, Bianchini e Arezzo ritrovano nel 1971 manufatti litici attribuibili tipologicamente al Modo 2, ossia strumenti bifacciali in quarzite ottenuti per lavorazione simmetrica di un nucleo al fine di ottenere una forma lanceolata o ad amigdala, industria tipica del Pleistocene medio.

L'area studiata ospita anche diversi siti di interesse archeologico, come il villaggio capannicolo indigeno della prima età del ferro (X sec. a.C.) e l'insediamento di "Makella" (VIII sec. a.C.), entrambi segnalati lungo il rilievo de La Montagnola, e alcune tombe di età Tardo Romana, scoperte in Contrada Mancuso (PANVINI, 1993-94).

Per le sue caratteristiche geologiche, geomorfologiche, speleologiche, idrogeologiche, archeologiche e antropologiche, il settore de La Montagnola si presenta quindi come un'area di rilevante interesse scientifico, naturalistico e culturale tanto che, nell'Ambito territoriale dei Monti Sicani, è stato classificato come "Sito di Importanza Comunitaria" (SIC, ITA040011, La Montagnola e Acqua Fitusa). Alcune aree di rilevante interesse scientifico possono possedere i requisiti di Geosito. Un Geosito, come definito dalla IUGS (International Union of Geological Science) e dall'UNESCO, è una "località, un'area o un territorio in cui è possibile riconoscere un rilevante interesse geologico o geomorfologico e per tale ragione da considerare e preservare come patrimonio culturale e del paesaggio" (WIMBLEDON *et al.*, 1995, 2000; WIMBLEDON, 1997).

Gli aspetti scientifici e culturali e le considerazioni sopra riportate hanno offerto lo spunto per intraprendere uno studio multidisciplinare, con l'obiettivo di accertare se le peculiarità geologico-geomorfologiche e antropologiche dell'area de La Montagnola, siano tali da giustificare la proposizione di un sito di interesse naturalistico-paesaggistico (Geosito) in questa località della Sicilia centrale.

Di seguito si riportano i risultati di questo studio, che è stato condotto attraverso l'elaborazione di informazioni ricavate dalla letteratura scientifica e l'acquisizione di nuovi dati tramite rilevamenti geologici, geomorfologici e antropologici, di tipo diretto e indiretto.

ASSETTO GEOLOGICO

L'area studiata, ricadente nella Sicilia centrale (Fig. 1), è inclusa nel cuneo tettonico dei Monti Sicani orientali, facendo parte del sistema colli-

sionale delle unità Siciliane. L'orogene siciliano, ubicato nel centro del Mediterraneo (Fig. 1a), collega, attraverso l'Arco Calabro, i sistemi del Tell e dell'Atlas del Nord-Africa e gli Appennini meridionali ed è considerato un segmento del sistema collisionale Alpino, descritto come il risultato della collisione tra Africa ed Europa (CATALANO *et al.*, 2013b e bibliografia ivi citata).

Precedenti studi condotti nell'area dei Monti Sicani orientali (BROQUET *et al.*, 1966; CATALANO *et al.*, 2013a e bibliografia ivi citata; AVELLONE *et al.,* 2010, 2013) hanno tracciato i principali lineamenti descrivendo

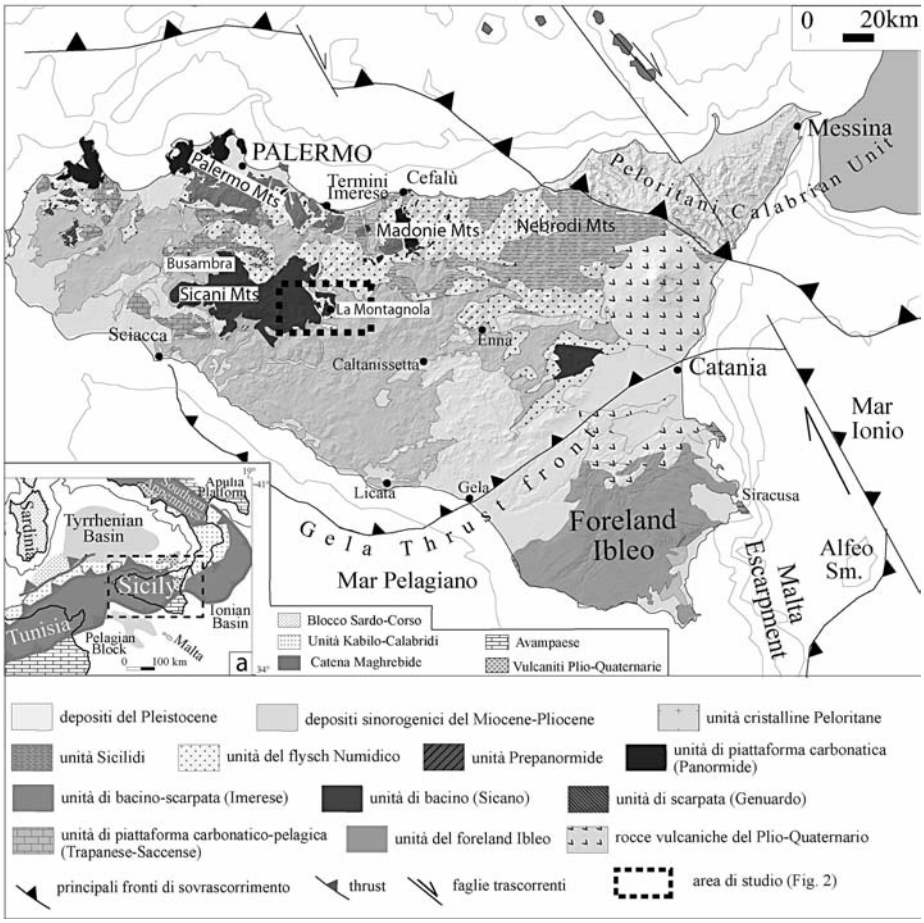


Fig. 1 — Carta strutturale della Sicilia (modif. da CATALANO *et al.*, 2013a) con la distribuzione delle principali unità tettono/stratigrafiche affioranti e ubicazione dell'area di studio. a) carta strutturale semplificata del Mediterraneo centrale (modif. da CATALANO *et al.*, 2000).

un sistema a *thrust* con vergenza SO e O delle unità tettoniche Sicane, costituite da carbonati Mesozoici di mare profondo. L'architettura stratigrafica e strutturale in profondità (vedi CATALANO *et al.*, 2013b e bibliografia ivi citata) di questo settore della Sicilia centrale, rivela la presenza di un cuneo di accrezione principalmente fatto da unità carbonatiche di mare profondo del Permo-Cenozoico che sovrascorre una pila di unità carbonatiche di piattaforma spesse più di 10 km. Queste ultime, sepolte nel sottosuolo in quest'area della Sicilia centrale, vengono a giorno nel più meridionale settore Ibleo (Fig. 1).

La mappa strutturale semplificata di Fig. 1 mostra la distribuzione dei principali elementi tettono/stratigrafici affioranti in Sicilia.

In particolare, nell'area di studio e nelle zone contermini (Fig. 2) si trovano le seguenti successioni di terreni:

1) carbonati pelagici del Triassico-Paleogene, derivanti dalla deformazione dei depositi del dominio Sicano (*Auctorum*), affiorano nei Monti Sicani orientali e sono ben esposti lungo la sezione tipo di Monte Cammarata (BROQUET *et al.*, 1967; DI STEFANO *et al.*, 1996; BASILONE, 2013c). Questi carbonati si rinvengono anche nel sottosuolo, come evidenziato da recenti interpretazioni dei numerosi profili sismici (CATALANO *et al.*, 2008, 2009) e di pozzi profondi per la ricerca di idrocarburi (BASILONE *et al.*, 2013a) ricadenti nell'area in esame o nelle immediate vicinanze;
2) depositi di scarpata-mare profondo del Giurassico-Miocene (BROQUET, 1964), appartenenti alle unità Imeresi (BASILONE *et al.*, in stampa), affiorano nel rilievo de La Montagnola (Fig. 2). Questi depositi, riconosciuti anche nel sottosuolo, ricoprono in sovrascorrimento, l'estensione sepolta dell'unità tettonica di Cammarata (CATALANO *et al.*, 2012; AVELLONE *et al.*, 2013);
3) depositi clastico-argillosi dell'Oligocene-Miocene, affioranti ai margini dei rilievi carbonatici di Monte Cammarata e de La Montagnola, sono riferibili al flysch Numidico (Fig. 2). Tali depositi, che si presentano intensamente deformati e scollati dal loro substrato carbonatico (Imerese), raggiungono spessori dell'ordine delle migliaia di metri, a causa di raddoppi di scaglie tettoniche (vedi anche CATALANO *et al.*, 2013b);
4) depositi terrigeni, clastico-carbonatici ed evaporitici del Miocene-Pliocene, affioranti nel settore più meridionale e sud-orientale dell'area in esame (Fig. 2), fanno parte delle coperture tardo Neogeniche del "Bacino di Caltanissetta". Si tratta di depositi sinorogenici, collocatisi nelle depressioni della catena (bacini di *wedge-top*) e coevi alla messa in posto tardo neogenica delle falde tettoniche.

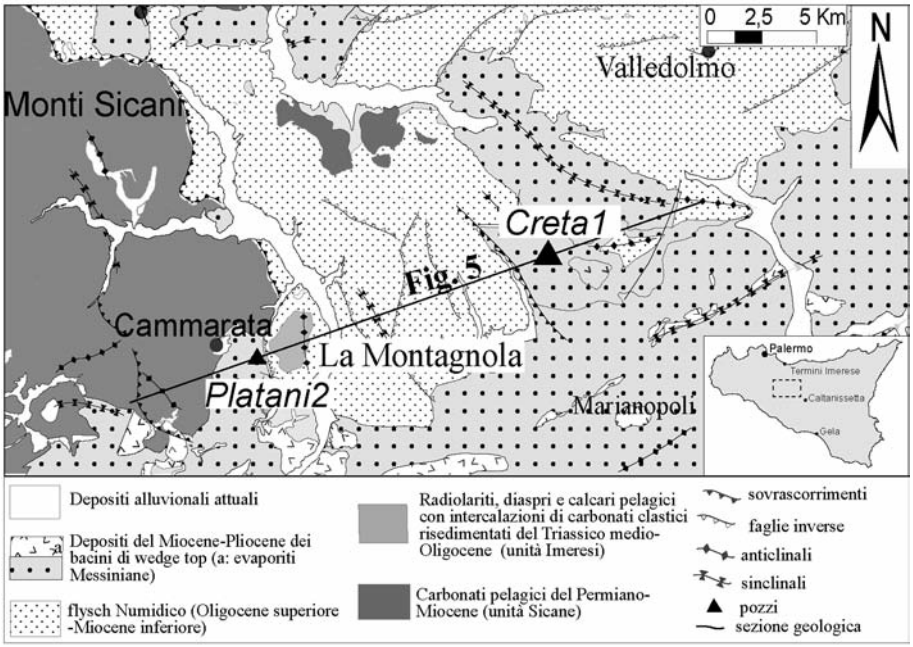


Fig. 2 — Carta geologica del settore dei Monti Sicani orientali e aree circostanti (modif. da CATALANO *et al.*, 2013a).

LITOSTRATIGRAFIA E ANALISI DELLE FACIES DELLA SUCCESSIONE DE LA MONTAGNOLA

I litotipi affioranti alla Montagnola e riconosciuti anche nelle Contrade Puzzillo, Lo Scrudato e Rocca del Vruaro (Fig. 3), dal basso stratigrafico (Fig. 4), sono:

– circa 60 m di radiolariti nere a stratificazione sottile, regolarmente alternate ad argille bruno-nerastre con intercalazioni di *bedded cherts* e calcari selciferi (Fig. a in Tav. I); a varie altezze stratigrafiche intercalazioni centimetriche di brecciole carbonatiche grigiastre. I livelli decimetrici radiolaritici microscopicamente si presentano come *mudstone* silicei (Fig. a in Tav. II), con laminazioni pian-parallele e bioturbazioni prodotte da organismi fossatori. Il contenuto paleontologico è costituito essenzialmente da radiolari, spicole di spugna e lamellibranchi pelagici (*Bositra* sp.), mentre i risedimentati calcarei presentano bioclasti di echinodermi, briozoi, frammenti di molluschi ed idrozoi, alghe (*Thaumatoporella* sp.), foraminiferi bentonici (*Trocholina* sp.). Questi depositi sono riferiti all'intervallo Liassico superiore (Toarciano superio-

re)-Malm (Titonico inferiore) e attribuiti al membro Radiolaritico della Formazione Crisanti. Il limite inferiore non è affiorante.

– Seguono, in discordanza erosiva, circa 20m di brecce carbonatiche massive di colore dal grigiastro al biancastro, calcareniti (*packstone-grainstone*) gradate e laminate e locali conglomerati clasto-sostenuti. Gli elementi clastico-carbonatici sono costituiti prevalentemente da litoclasti e bioclasti calcarei da arrotondati a sub-angolosi ed eterometrici, derivanti dalla frammentazione di un'area di margine di piattaforma carbonatica. Tra i frammenti calcarei si osservano organismi di scogliera quali spugne calcaree (*Ellipsactinia* sp., Fig. b in Tav. I e Fig. b in Tav. II), coralli, briozoi, alghe (*Clypeina jurassica* Favre e Dasycladaceae), crinoidi, foraminiferi bentonici (*Charentia* sp., *Protopeneroplis* sp., *Trocholina* sp.), frammenti di lamellibranchi e gasteropodi, organismi microproblematici (*Lithocodium aggregatum* Elliot*, Bacinella irregularis* Radoicic*, Tubiphytes morronensis* Crescenti). Altri componenti osservati sono frammenti angolosi di selce nerastra e diaspri, frammenti di scorie vulcaniche arrotondate e calcilutiti grigiastre, complessivamente derivanti dall'erosione dei litotipi stratigraficamente sottostanti. Il corpo, generalmente massivo, si presenta ben stratificato in banchi metrici o plurimetrici, a luoghi con giaciture canalizzate, gradazione diretta e strutture sedimentarie da scivolamento/frana sottomarina (*slumping*). La porzione

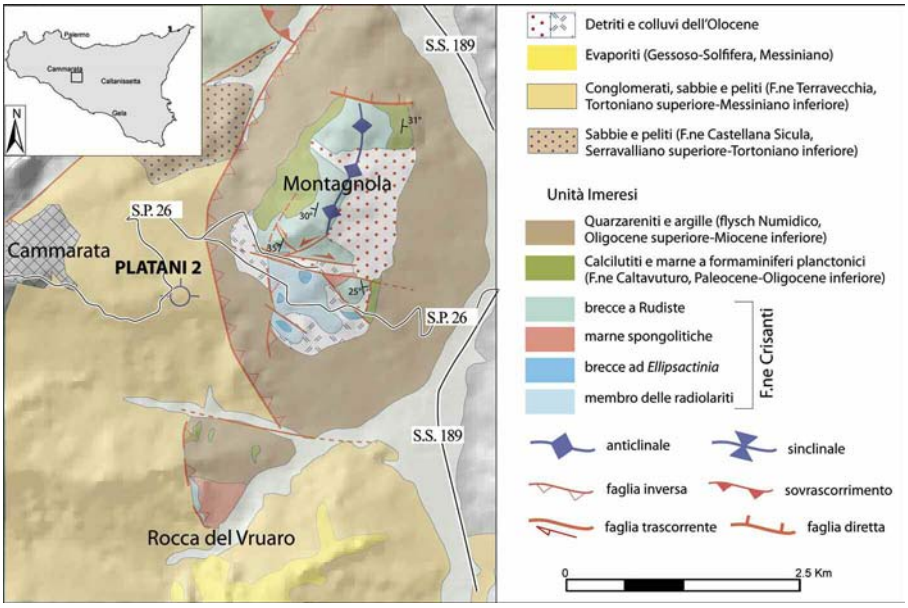


Fig. 3 — Carta geologica del settore di La Montagnola-Rocca del Vruaro.

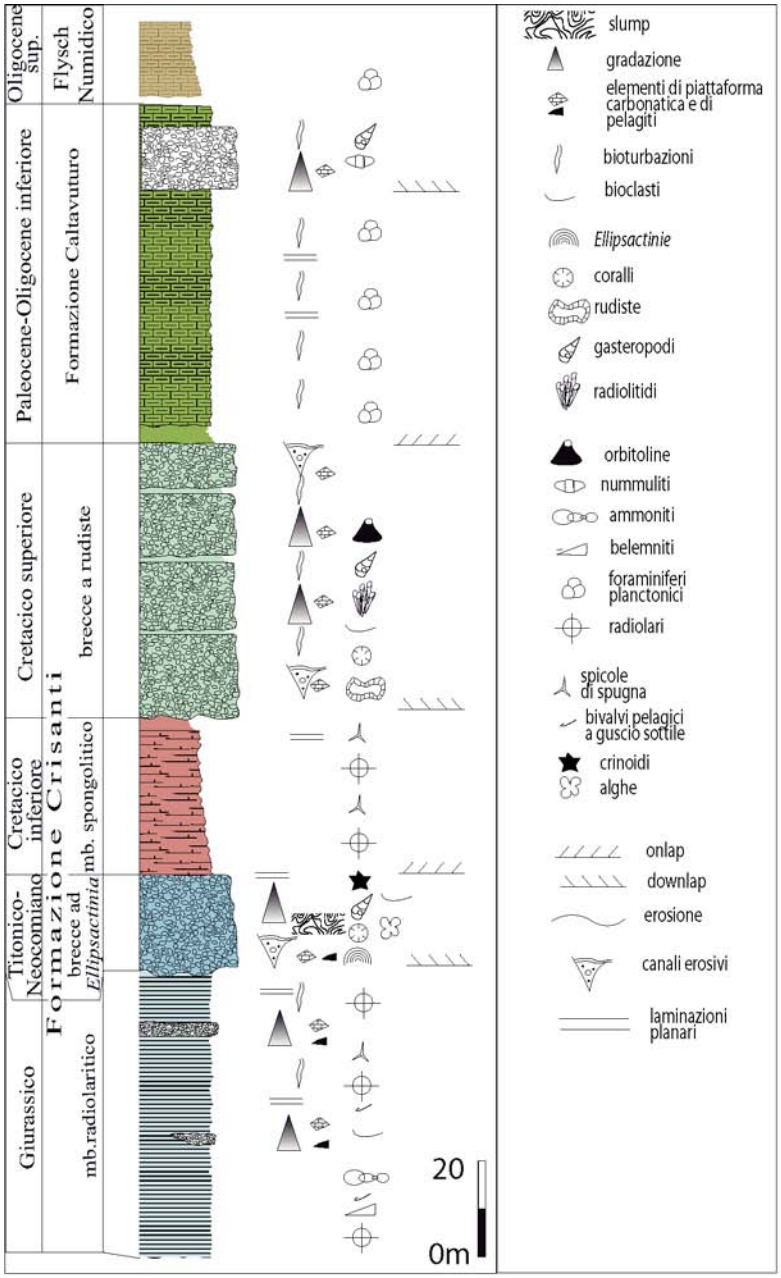
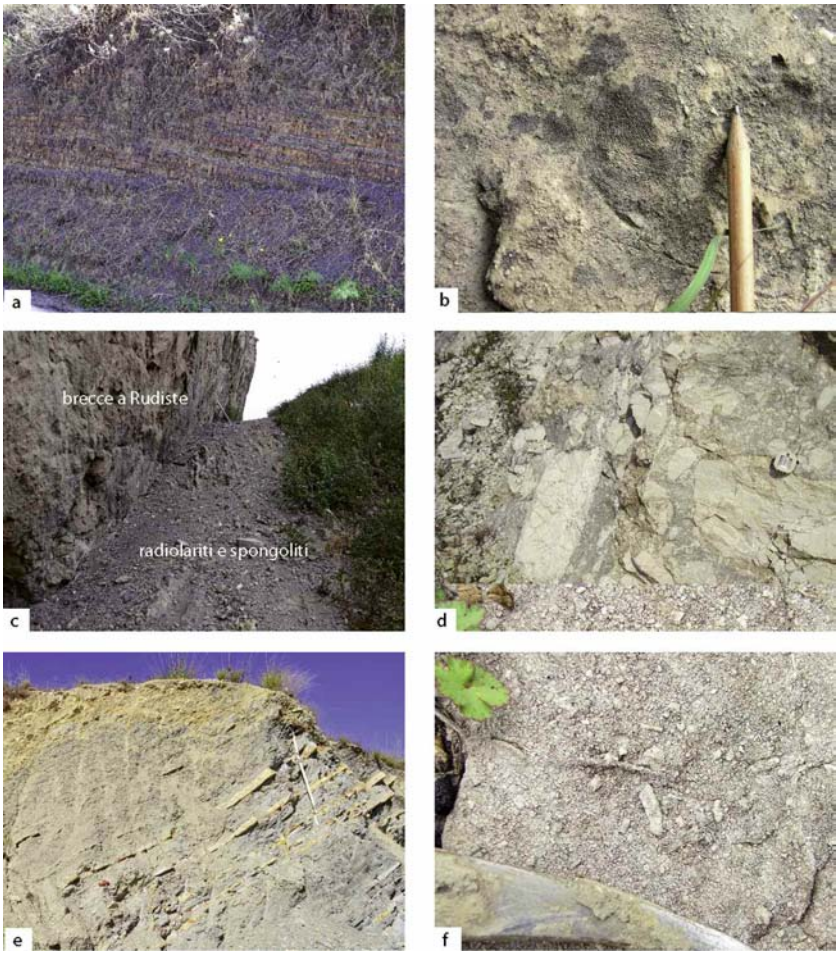


Fig. 4 — Sezione stratigrafica raffigurante la successione carbonatico-silicea Giurassico-Eocene de La Montagnola.

sommitale si presenta più fine, caratterizzata da alternanze di calcareniti a crinoidi e brecciole bioclastiche carbonatiche. Alla Rocca del Vruaro tale unità affiora per uno spessore massimo di 5 m in un corpo carbonatico massivo e tabulare, che lateralmente tende ad assottigliarsi sino a scomparire. Sulla base



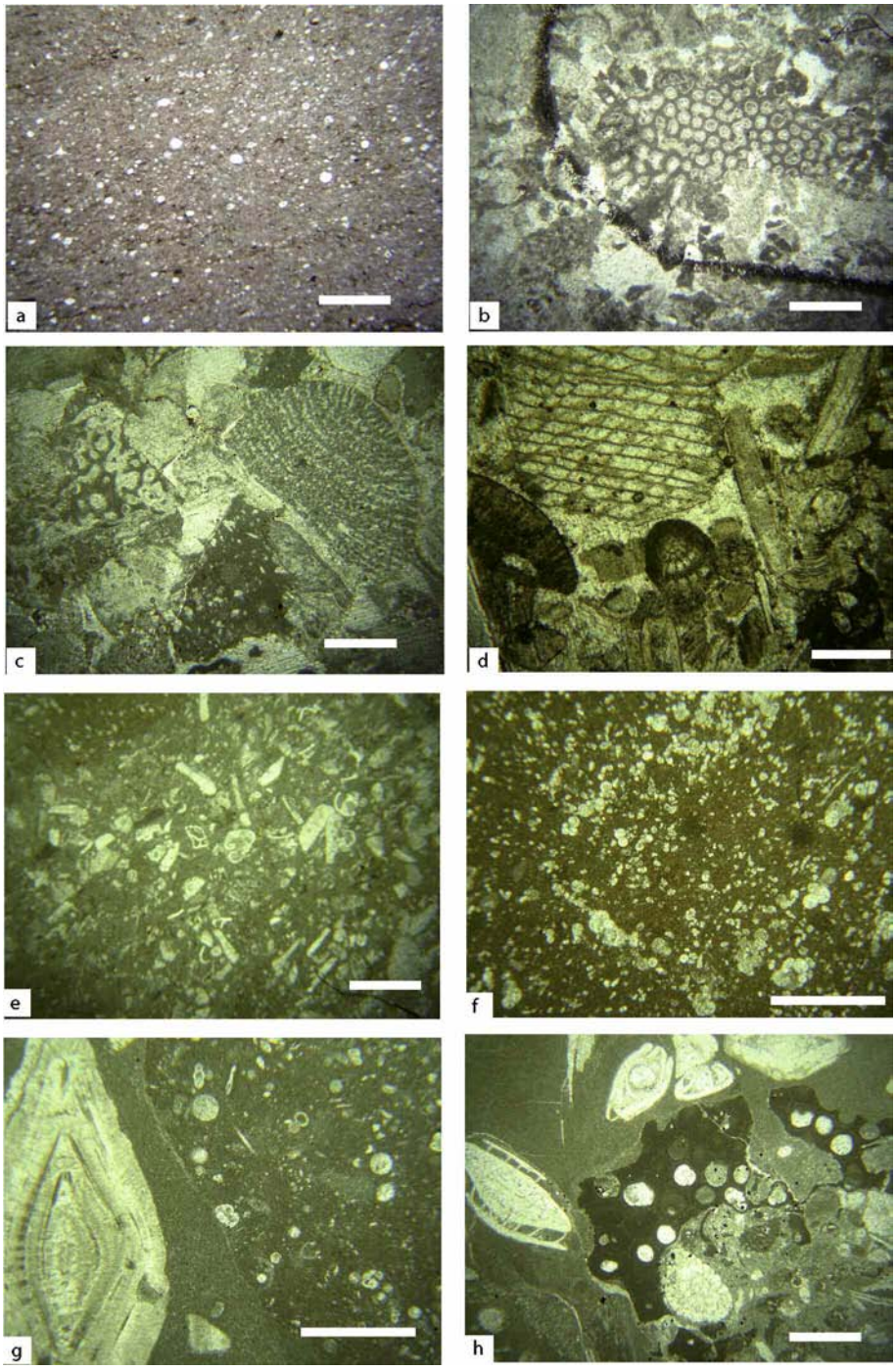
Tav. I — a) alternanze di radiolariti e argilliti nerastre presenti alla base della sezione della Montagnola; b) grosso frammento di *Ellipsactinia* sp. presente nei clasti delle brecce ad *Ellipsactinie* (F.ne Crisanti); c) *mudstone* silicei e marne grigio-verdi del Cretacico inferiore (membro Spongolitico, F.ne Crisanti) e contatto di natura erosiva con le soprastanti brecce a Rudiste (Rocca del Vruaro); d) brecce calcaree con elementi eterometrici e spigolosi (membro delle brecce a Rudiste, F.ne Crisanti, La Montagnola); e) alternanze di marne grigio-brune e calcilutiti in strati sottili (F.ne Caltavuturo, C.da Puzzillo, La Montagnola); f) calcareniti e brecce a macroforaminiferi dell'Eocene medio-superiore (litofacies delle brecce a nummulitidi, F.ne Caltavuturo).

del contenuto fossilifero questi depositi sono riferiti all'intervallo Titonico superiore-Neocomiano (GIANOTTI, 1958; SCANDONE *et al*., 1972). Litostratigraficamente sono attribuite al membro delle brecce ad *Ellipsactini*e della Formazione Crisanti (BASILONE, 2012).

– Seguono, in lieve discordanza (tipo *onlap*) con contatto netto, 10-30 m di alternanze regolari di argille nerastre, rossastre, verdastre e grigiastre, calcari con selce, *bedded cherts* e spongoliti rosse e bianche con stratificazione piano-parallela (Fig. c in Tav. I), via via più marnose verso l'alto della successione. Chiudono la successione circa 1-2 m di argilliti e marne grigio-bluastre. Il contenuto fossilifero è principalmente dato da spicole di spugna e radiolari e, soprattutto nella porzione sommitale, da foraminiferi planctonici. L'unità viene riferita al Cretacico inferiore; nelle argille sommitali BROQUET (1964) rinviene una associazione fossilifera indicativa dell'Aptiano-Albiano. Questi depositi sono assegnati al membro delle Spongoliti della Formazione Crisanti (vedi BASILONE, 2012).

– Seguono in discordanza, con contatto netto ed erosivo (Fig. c in Tav. I), circa 80 m di brecce (Fig. d in Tav. I), conglomerati, calciruditi gradate e calcareniti laminate grigio-bluastre e biancastre ben stratificate con frammenti di rudiste, foraminiferi bentonici (*Orbitolina* sp.), crinoidi, coralli, alghe calcaree (Figg. c, d in Tav. II) e ichnofacies (impronte fossili di reptazione), localmente alternate a marne verdastre ricche in pirite e foraminiferi planctonici, a giacitura lentiforme e spessore millimetrico-centimetro con progressivo ispessimento verso l'alto della successione. Si rinvengono, a luoghi, livelli di brecciole e calcareniti bluastre e brecce ad elementi nerastri derivanti dall'erosione di originarie rocce vulcaniche. Alla Rocca del Vruaro, dove tale unità affiora per uno spessore massimo di 18 m, livelli di "calcari a lumachelle" costituiti da gusci di brachiopodi cementati da un cemento siliceo bruno-nerastro, si intercalano a varie altezze. Questi depositi, la cui età sulla base del contenuto fossilifero è riferita al Cretacico superiore (soprattutto Cenomaniano), sono assegnati al membro delle brecce a Rudiste della Formazione Crisanti.

Tav. II — a) *wackestone* laminati a radiolari, spicole di spugna e incrostazioni di ossidi ferromanganesiferi (membro radiolaritico, F.ne Crisanti, unità di misura 1mm); b) *grainstone-rudstone* bioclastici con *Ellipsactinia* sp., intraclasti e frammenti di alghe (membro delle brecce ad *Ellipsactinie,* F.ne Crisanti, unità di misura 1mm); c) *grainstone* ad orbitoline, frammenti di coralli coloniali e frammenti di calcari silicei derivanti dalle pelagiti sottostanti (membro delle brecce a Rudiste*,* F.ne Crisanti, unità di misura 1mm); d) *grainstone* bioclastico con frammenti di rudiste, alghe e foraminiferi bentonici (membro delle brecce a Rudiste*,* F.ne Crisanti, unità di misura 1mm); e), f) micriti pelagiche (*wackestone*) grigio e rosso a foraminiferi planctonici (Cretacico superiore-Eocene, F.ne Caltavuturo, unità di misura 1mm); g) frammento di nummulitide immerso in una micrite a foraminiferi planctonici (brecce a nummulitidi, F.ne Caltavuturo, unità di misura 1mm); h) *packstone-grainstone* a macroforaminiferi (brecce a nummulitidi, F.ne Caltavuturo, unità di misura 1mm).


a
b
c
d
e
f
g
h

– Seguono verso l'alto, con rapporti di discordanza di tipo *onlap*, circa 110 m di calcilutiti marnose (*mudstone* e *wackestone*) a foraminiferi planctonici, con liste e noduli di selce scura, organizzati in strati piano-paralleli dello spessore decimetrico, alternate a marne brune e calcisiltiti di colore verdastro, biancastro e rosato (Fig. e in Tav. I) e con rare intercalazioni di biocalcareniti. Verso l'alto prevalgono alternanze di marne e calcari marnosi sabbiosi bianco-giallastri e al tetto della successione una potente intercalazione di brecce carbonatiche (Fig. f in Tav. I) ad alghe, briozoi, coralli, frammenti di molluschi e macroforaminiferi (Figg. g, h in Tav. II). Il contenuto fossilifero è rappresentato da un'associazione a plancton calcareo, tra cui foraminiferi (*globotruncane, globigerine*, Figg. e, f in Tav. II) e nannofossili calcarei che permettono di circoscrivere l'intervallo roccioso ad una età compresa tra il Cretacico sommitale e l'Oligocene inferiore (MONTANARI, 1966; CATALANO *et al.*, 2010a, 2010b, 2011). I potenti risedimenti calcarei sono riferibili all'Eocene medio-superiore per la presenza dei *marker* di zona. L'unità viene assegnata alla Formazione Caltavuturo (*Auctorum*).

– Seguono verso l'alto in paraconformità, con locali rapporti di disarmonia tettonica, argille brune e argilliti con intercalazioni di arenarie quarzoso-torbiditiche di età Oligocene superiore-Miocene inferiore pertinenti il flysch Numidico (WEZEL, 1966).

Analisi stratigrafica

In accordo con le recenti interpretazioni proposte da BASILONE *et al.* (in stampa), i dati ottenuti mostrano forti analogie fra i terreni della successione de La Montagnola e i depositi estesamente affioranti nel settore più settentrionale della catena Siciliana, nei Monti delle Madonie (GRASSO *et al.*, 1978; BASILONE, 2009, 2013a, 2013b; CATALANO *et al.*, 2011). Il confronto fra queste successioni mostra litologie e facies comuni e simile assetto paleogeografico, suggerendo l'appartenenza della successione carbonatica Mesozoica de La Montagnola, diversamente dalle interpretazioni degli anni '60 (BROQUET, 1964, 1968), al dominio Imerese (*Auctorum*).

I termini Triassico-Liassici della successione Imerese, costituiti dai calcari ad *Halobie* della Formazione Mufara, dai calcari con selce della Formazione Scillato, dalle brecce dolomitiche della Formazione Fanusi e dai "calcari a crinoidi" e "brecce di Altofonte", non affiorano nell'area studiata ma sono presenti nel sottosuolo, come dimostra la recente reinterpretazione dei numerosi pozzi profondi per l'esplorazione petrolifera e dei profili sismici ricadenti nelle aree immediatamente adiacenti (BASILONE *et al.*, in stampa).

Assetto strutturale de La Montagnola

La sezione geologica di Fig. 5 illustra l'assetto tettonico dell'area. Il versante Est del Monte Cammarata rappresenta il *backlimb* di un'anticlinale di rampa NO-SE associata al sovrascorrimento dell'unità di Monte Cammarata su quella di Monte Gemini: viene riconosciuta pertanto un'embricazione interna alle unità Sicane, con trasporto tettonico verso SO. Osservando la

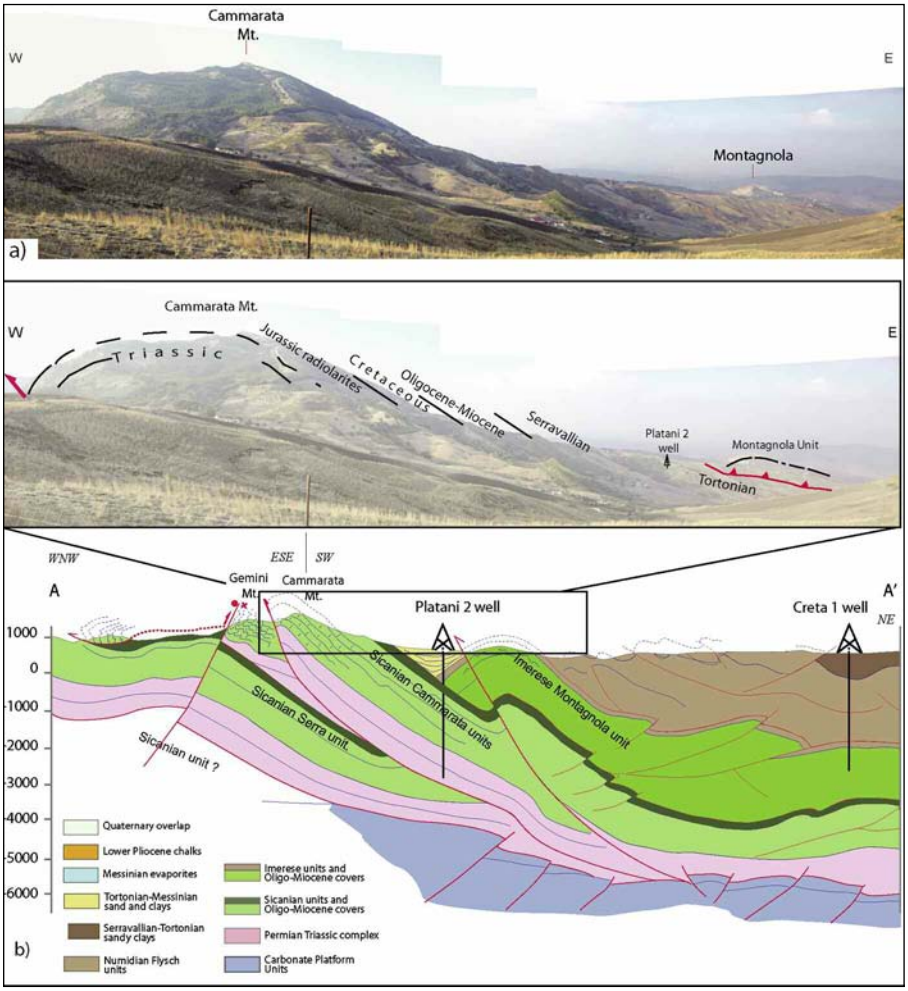


Fig. 5 — Veduta panoramica de La Montagnola e di Monte Cammarata (a). I rapporti di sovrascorrimento tra le due successioni sono illustrati mediante la sezione geologica (b) ed i dati dei pozzi profondi (la traccia della sezione è indicata in Fig. 2).

spettacolare stratificazione che caratterizza il versante orientale di Monte Cammarata (Fig. 5a) si riconosce la successione Sicana immergere verso est, al di sotto della successione Imerese affiorante nel rilievo della Montagnola. Quest'ultimo è caratterizzato da un'anticlinale asimmetrica N-S, con vergenza Ovest, correlabile al sovrascorrimento sulle Unità Sicane, che coinvolge al tetto anche le coperture Numidiche dell'unità Imerese (Fig. 5b). Lungo gli affioramenti della Montagnola pieghe minori NS asimmetriche, coerenti con i meccanismi di scorrimento flessurale, accompagnano la nucleazione dell'anticlinale principale (pieghe parassite) e sono localizzate nei corpi marnoso-spongolitici della Formazione Crisanti (Fig. 6).

Le unità Imeresi riconosciute a La Montagnola affiorano nelle Madonie (25 km a NE dell'area in studio, Fig. 1): muovendosi verso la Montagnola, lungo la principale direzione di trasporto tettonico (cioè SO secondo OLDOW *et al.*, 1990; AVELLONE *et al.*, 2010), le unità imeresi sono state riconosciute nel sottosuolo con una certa continuità sino all'affioramento de La Montagnola (CATALANO *et al.*, 2013a). Ad ovest della culminazione anticlinalica de La Montagnola, il pozzo Platani 2 (Fig. 2) non incontra le unità Imeresi ed attraversa (dall'alto): i depositi Tortoniani, il flysch Numidico sovrascorso sulle Marne di San Cipirello e la sottostante successione Sicana di Monte Cammarata (Fig. 5b). Ad est della Montagnola, le unità tettoniche Imeresi e Sicane, si immergono sotto un cuneo di unità tettoniche numidiche e di depositi terziari discordanti e vengono intercettate nel sottosuolo dal pozzo Creta 1 (Fig. 5b).

Sulla base dei dati sopra esposti, l'affioramento de La Montagnola

Fig. 6 — Pieghe asimmetriche NS nelle marne spongolitiche della Fm. Crisanti. Il senso di asimmetria delle pieghe è coerente con la posizione strutturale che occupano (fianco esterno) nell'anticlinale della Montagnola (pieghe parassite).

potrebbe rappresentare il fronte delle unità Imeresi, cioè la porzione frontale del cuneo tettonico di unità Imeresi (*leading edge,* POBLET & LISLE, 2011) a SO della quale le unità stesse non sono mai state segnalate.

ASSETTO GEOMORFOLOGICO

La Montagnola è un rilievo di antiforme impostato sugli strati carbonatici piegati della Formazione Crisanti. La sua area sommitale e i suoi alti versanti coincidono con superfici strutturali inclinate (Fig. 7), prodottesi dall'esumazione di banchi di roccia dura e resistente all'erosione (carbonati Mesozoici della formazione Crisanti), a seguito dell'asportazione di sovrastanti rocce tenere e facilmente erodibili (termini prevalentemente marnosi e argillosi delle più recenti unità paleogenico-plioceniche). Il rilievo appare inferiormente delimitato da scarpate di linea di faglia alte qualche metro e impostate sulle rocce carbonatiche resistenti della Formazione Crisanti, prodottesi laddove tali terreni vengono in contatto tettonico verticale con i termini facilmente erodibili (argille e marne del Paleogene-Neogene) della Formazione Caltavuturo o del flysch Numidico. Fratture di tensione, dovute a probabili processi di espandimento laterale di roccia, attraversano il rilievo in più punti. Sono state altresì riconosciute scarpate a controllo strutturale coincidenti con testate di strati, la cui origine è influenzata dalla giacitura dei corpi carbonatici. Ai piedi delle scarpate a controllo strutturale e delle scarpate di linea di faglia sono presenti superfici di accumulo di frane di crollo di roccia e di frane di scorrimento traslativo di roccia sia in blocco (quando il materiale franato è costituito da grandi lastre carbonatiche ancora riconoscibili e a tratti integre), sia di blocchi (quando le masse rocciose franate subiscono un maggiore trasporto e si frantumano in numerose e più piccole unità). Le superfici di accumulo degli scorrimenti sono caratteristiche del versante orientale de La Montagnola; la loro lunghezza è di circa 100-300 m, con larghezza compresa fra circa 30 e 100 m. Si tratta delle frane di maggiori dimensioni presenti nell'area indagata. Le superfici dei materiali prodotti dai crolli presentano invece forme allungate dovute o al rimbalzo e al rotolamento dei blocchi franati lungo il pendio, a successivo trasporto ad opera di ruscellamento o al loro coinvolgimento passivo in frane di colamento del substrato argilloso.

I bassi pendii del rilievo collinare costituiscono i versanti vallivi scavati dal Fiume Platani e dai suoi affluenti. Questi versanti, impostati su rocce a componente argillosa, appaiono dominati da forme dovute a processi idrici e gravitativi. Vi si riconoscono: vallecole a conca o a V; superfici dilavate, rivoli e solchi di ruscellamento; forme similari a calanchi costituite da un insieme di piccole valli o da estese superfici soggette ad intensi processi di dilavamen-

Fig. 7 — Carta geomorfologica dell'area di studio. Legenda: 1. area di cava; 2. scarpata di linea di faglia; 3. scarpata a controllo strutturale; 4. superficie strutturale inclinata; 5. scarpata di frana; 6. superficie di accumulo di colamento o scorrimento traslativo di terra/detrito; 7. superficie di accumulo di scorrimento traslativo di roccia; 8 superficie di accumulo di crollo, con depositi rimaneggiati; 9. superficie con forme di dilavamento; 10. forme similari a calanchi; 11. vallecola a conca; 12. vallecola a V; 13. ripa di erosione fluviale; 14. pianura alluvionale; 15. conoide di origine mista; 16. superficie di terrazzo fluviale o *glacis* di erosione in rocce tenere.

to e gravitativi; scarpate di frana e superfici di accumulo dovute a piccole frane di colamento di terra o scorrimento traslativo di terra/detrito (*soil slip*). In particolare, i corpi di frana presentano forme allungate ed occupano superfici poco estese la cui larghezza è solitamente di 10-30 m e la cui lunghezza, mediamente di un centinaio di metri, raggiunge al massimo i 200 m. A luoghi, la presenza di modesti affioramenti di carbonati della Formazione Crisanti, esumati dall'erosione, da luogo a piccoli rilievi monoclinali formati da superfici strutturali inclinate, lungo il dorso, e da scarpate di linea di faglia o scarpate a controllo strutturale, in corrispondenza del fronte. Si segnalano inoltre i lembi sparsi di superfici di terrazzi fluviali e di *glacis* di erosione in roccia tenera tipici, rispettivamente, di fasi di sedimentazione/erosione laterale in ambiente fluviale e di arretramento parallelo di versanti in argilla.

Lungo il fondovalle del Fiume Platani e dei suoi due principali affluenti (Vallone Gassena e Vallone Turibolo), pianure alluvionali larghe un centinaio di metri massimo e piccole ripe di erosione fluviale caratterizzano questi tracciati fluviali. Degne di nota le numerose conoidi di origine mista, situate allo sbocco dei piccoli corsi d'acqua lungo le pianure alluvionali, prodottesi per deposizione dovuta a processi torrentizi e/o di *mud/debris flow*.

Fra le forme antropiche la più vistosa è l'area dalla cava di pietra situata lungo il margine meridionale de La Montagnola, in località Contrada Puzzillo (Fig. 8).

Relativamente al carsismo, vanno infine segnalati i *karren* che interessano tutti gli affioramenti carbonatici. La forma più significativa è rappresentata dal sistema carsico sotterraneo della Grotta dell'Acqua Fitusa, i cui aspetti sono descritti più avanti.

Evoluzione geomorfologica

I dati geomorfologici mostrano un rilievo caratterizzato da forti processi di smantellamento e di approfondimento (cfr. ARNONE, 1978; AGNESI *et al*., 2000; DI MAGGIO, 2000). Le forme riconosciute sul terreno indicano che tali processi hanno agito in maniera selettiva (cfr. AGNESI *et al*., 1996, 2000), guidati dalla presenza, in profondità, di un'alternanza di rocce dure e resistenti all'erosione (carbonati triassici e calcareniti glauconitiche mioceniche delle unità Sicane di Monte Cammarata; carbonati giurassico-cretacei delle unità Imeresi de La Montagnola) e di rocce tenere e facilmente erodibili (pelagiti giurassico-mioceniche e marne langhiano-serravalliane delle unità Sicane; marne e argille paleocenico-mioceniche delle unità Imeresi; coperture terrigene ed evaporitiche miocenico-plioceniche).

L'evidenza dei processi di approfondimento è data dalla presenza delle profonde vallate fluviali del Fiume Platani e dei suoi affluenti. Le vallecole a

Fig. 8 — Veduta panoramica del versante meridionale della Montagnola dove si osserva il fronte di cava (Cava di pietra in C.da Puzzillo) come si presentava in una foto scattata nel 2006.

V e a conca indicano i tratti in cui i processi di incisione sono tuttora attivi. In particolare, il fondo arrotondato delle vallecole a conca è tipico dei piccoli corsi d'acqua, con scarse portate, che scavano rocce facilmente erodibili e che non riescono a smaltire tutto il materiale proveniente dallo smantellamento dei versanti. Diversamente, le pianure alluvionali attive del Fiume Platani e dei valloni Gassena e Turibolo suggeriscono una recente attività di erosione laterale e sedimentazione delle aste fluviali di maggiore portata, la cui frequenza ed intensità, attualmente, è controllata dal clima e dagli interventi dell'uomo (cfr. TRIMBLE, 1999; COULTHARD & MACKLIN, 2001). Tuttavia, la discreta profondità delle valli in cui scorrono questi fiumi indica come, in passato, questi corsi d'acqua siano stati interessati da una generale tendenza all'erosione di fondo.

La testimonianza del controllo strutturale sull'azione dei processi morfogenetici (TWIDALE & CAMPBELL, 1993) è data dalla presenza delle numerose forme strutturali derivate, quali scarpate di linea di faglia, scarpate a controllo strutturale e superfici strutturali inclinate e piegate. Queste forme si sono comunque potute sviluppare per l'esistenza di un assetto geologico favorevole e per la presenza di un paesaggio caratterizzato da elevate energie del rilievo, con forti dislivelli e versanti molto inclinati. Inoltre, durante gli eventi climatici glaciali del Pleistocene, quando si instauravano condizioni di resistasia, è verosimile immaginare un'azione più intensa dell'erosione selettiva.

Infine, i processi di forte denudazione (frane, dilavamento ed erosione fluviale) che dissestano i versanti, sono tipici di aree con elevate energie del rilievo (DI MAGGIO *et al.*, 2014).

Il modello morfoevolutivo dell'area studiata (Fig. 9), ricostruito sulla base dei dati e delle considerazioni prima esposte, prevede quindi una generale tendenza all'approfondimento fluviale, in risposta al sollevamento regionale che caratterizza gran parte delle aree siciliane; questo approfondimento produce nel tempo elevate energie del rilievo, favorendo così lo smantellamento del rilievo, con processi di intensa denudazione dei versanti che agiscono in maniera selettiva. Il rilievo di antiforme de La Montagnola, le scarpate di linea di faglia e il versante orientale di Monte Cammarata (Fig. 9) rappresentano quindi delle forme esumate, portate a giorno dall'erosione selettiva.

GROTTA DALL'ACQUA FITUSA E IMPLICAZIONI IDROGEOLOGICHE

Nel settore più settentrionale del rilievo de La Montagnola è presente un sistema di cavità particolari per la loro genesi ed evoluzione. Tra queste grotte, la più conosciuta è la Grotta dell'Acqua Fitusa (Fig. 7), che si sviluppa su

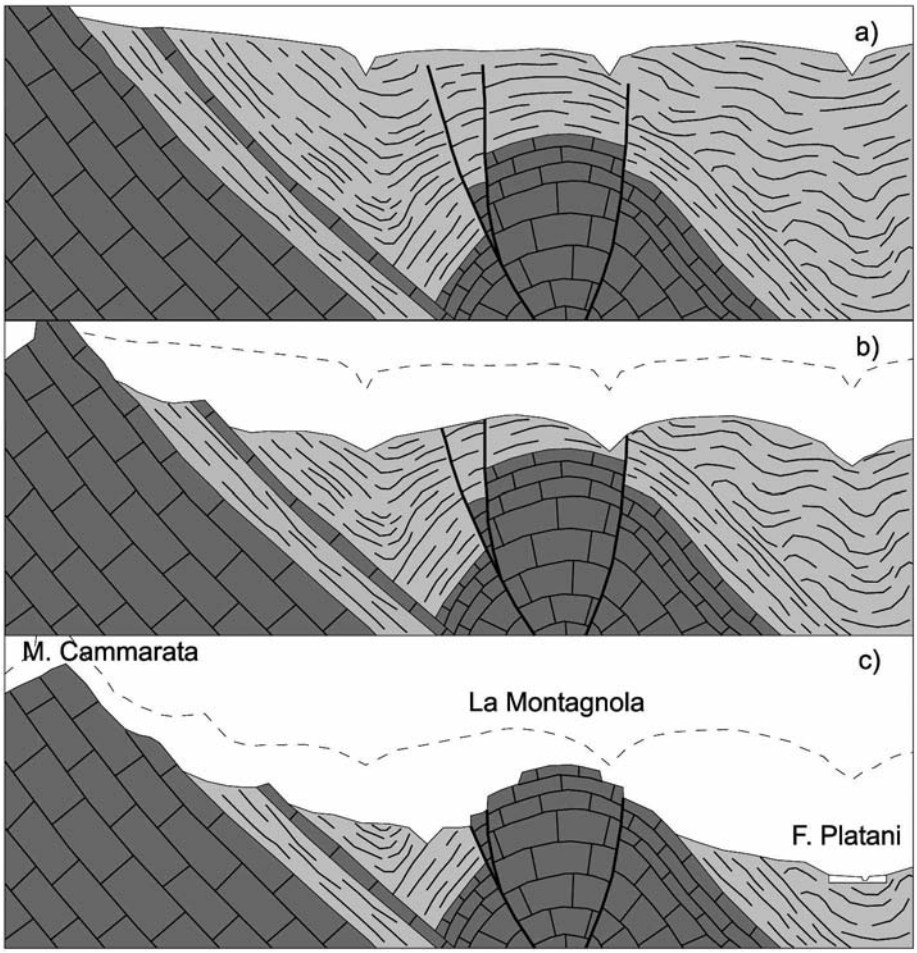


Fig. 9 — Modello morfoevolutivo dell'area de La Montagnola, dove si mostra come l'assetto geomorfologico dell'area studiata sia conseguenza di processi di smantellamento e di approfondimento che hanno agito in maniera selettiva. Le cause di questa tendenza all'approfondimento sono riconducibili al sollevamento tettonico regionale. In grigio scuro sono raffigurate le rocce dure più resistenti all'erosione (carbonati triassici e calcareniti glauconitiche mioceniche delle unità Sicane di Monte Cammarata; carbonati triassico-cretacei delle unità Imeresi de La Montagnola); in grigio chiaro le rocce tenere e facilmente erodibili (pelagiti giurassico-mioceniche e marne langhiano-serravalliane delle unità Sicane; marne e argille paleocenico-mioceniche delle unità Imeresi; coperture terrigene ed evaporitiche miocenico-plioceniche).

almeno tre livelli di ambienti sub orizzontali, raggiungendo una lunghezza di circa 700 m ed una profondità di 25 m. La grotta è interamente scavata all'interno delle brecce a rudiste (F.ne Crisanti).

Attualmente, la cavità è idrologicamente inattiva; solo in pochi punti

sono presenti fenomeni di stillicidio legati alle acque di percolazione. Circa 300 m a nord, sono presenti alcune sorgenti ed una piccola cavità risorgente ubicate ad una quota inferiore rispetto agli ingressi della grotta. Le acque di queste sorgenti sono ricche in acido solfidrico (H_2S). Queste acque sono indicate come cloro-solfato alcaline, con una temperatura di circa 25°C (CARAPEZZA *et al.*, 1977; GRASSA *et al.*, 2006).

La grotta è caratterizzata dalla presenza di più ingressi, di dimensioni molto variabili tra loro, ubicati lungo la scarpata nord-orientale del rilievo de La Montagnola. Il più grande tra questi, ben visibile anche dalla sottostante strada statale, permette l'accesso all'ampio salone che contraddistingue la prima parte della grotta. Questo salone presenta dimensioni lunghezza, larghezza ed altezza rispettivamente di circa 36, 24 e 25 m ed il suo pavimento è costituito da grossi massi crollati dalla volta e dalle pareti (Fig. a in Tav. III). A questo grande ambiente si collegano i diversi rami che caratterizzano questa cavità: i) i rami superiori che si possono raggiungere anche da altri due ingressi ubicati a quote maggiori; ii) una galleria ricca di cupole che porta nuovamente verso l'esterno; iii) la stretta ed articolata galleria che porta verso le zone più interne e alla quale si collega un altro passaggio che conduce nuovamente verso l'esterno.

Fra le morfologie ipogee, lungo le pareti e sul tetto si rivengono forme di piccole e grandi dimensioni, la cui genesi è da imputare a fenomeni di condensazione e corrosione. In particolare sono state riconosciute: cupole e larghe nicchie di convezione, nelle stanze più grandi (Fig. b in Tav. III); profonde nicchie di convezione fino a dimensioni di solchi, sulle pareti delle gallerie (Fig. c in Tav. III); canali dovuti a corrosione per condensazione, sulla volta di diversi passaggi e rassomiglianti a canali di volta paragenetici; tasche da sostituzione dovute a processi di corrosione e sostituzione, molto frequenti in tutti gli ambienti (Fig. d in Tav. III); *boxwork* dovuti a corrosione differenziale, nelle parti superiori delle gallerie. Sono altresì presenti diverse incisioni caratterizzate dalla volta piatta, riconducibili a corrosione laterale esercitata dalla tavola d'acqua termale. Queste incisioni, ubicate a diverse altezze lungo le gallerie della grotta, registrano le varie fasi di stazionamento della stessa tavola d'acqua e del suo progressivo abbassamento. Peculiari delle strette gallerie che conducono alle zone più interne della grotta, sono delle profonde e strettissime fratture di alimentazione che raggiungono una profondità anche superiore ai 7 m (Fig. c in Tav. III).

Altra particolarità della Grotta dell'Acqua Fitusa è la presenza di depositi di gesso. Questo minerale ($CaSO_4 * 2H_2O$) si è formato a scapito della roccia madre carbonatica per l'interazione tra questa, le soluzioni e l'atmosfera resa acida dal H_2S ossidato in acido solforico (H_2SO_4). Croste, ammassi e banchi di gesso legati a questo processo sono comuni in tutti gli

Tav. III — a) salone della Grotta dell'Acqua Fitusa. Al centro della foto sono ben visibili i blocchi crollati dalla volta dell'ambiente; b) cupole di condensazione-corrosione nel salone principale della grotta; c) galleria con fessura alimentatrice e diversi livelli di nicchie di convezione alle pareti; d) tasche di sostituzione sul soffitto del vano più interno della cavità; e) depositi di gesso in banchi, formatisi a scapito della roccia madre carbonatica.

ambienti della grotta (Fig. e in Tav. III). In particolare questi depositi si trovano lungo fratture verticali delle pareti, all'interno dei solchi da convezione e nelle tasche di sostituzione (Fig. d in Tav. III). Un banco di gesso di circa 50 cm di spessore, associato alla presenza di cupole nel soffitto, è stato rilevato nel pavimento dei vani alti del salone della grotta. Altri spessi depositi di questo minerale sono stati trovati nelle gallerie più interne della cavità. Particolari speleotemi gessosi, ancora in fase di studio e chiamati radici di gesso (*gypsum roots*), caratterizzano le pareti di una delle fessure di

alimentazione della grotta, oggi non più attiva. Infine, cristalli di gesso euedrali, di dimensioni centimetriche, sono stati trovati all'interno di depositi fangosi, nelle porzioni alte del salone.

Speleogenesi

L'approfondimento e la denudazione che hanno interessato l'area studiata durante la sua evoluzione, sono le cause che portano alla luce l'apertura della Grotta dell'Acqua Fitusa e che ne influenzano il suo sviluppo. La Grotta dell'Acqua Fitusa rappresenta un chiaro esempio di grotta ipogenica sulfurea, legata alla risalita di acque ricche in H_2S degassato nell'atmosfera della grotta, e formatasi in corrispondenza della superficie piezometrica (VATTANO *et al.*, 2012, 2013; DE WAELE *et al.*, 2014). Con il termine di grotte ipogeniche vengono generalmente indicate quelle cavità la cui genesi è legata ad acque provenienti dal basso ed indipendenti dall'infiltrazione dalle superfici soprastanti o adiacenti. Queste acque sono frequentemente acque termali, arricchite in gas disciolti, tra cui i più frequenti sono CO_2 e H_2S. Le grotte ipogeniche possono essere grotte termali, grotte sulfuree e grotte legate ad iniezione basale e differiscono dalle grotte epigeniche per meccanismi speleogenetici, morfologie ipogee, depositi chimici e la mancanza di depositi alluvionali (KLIMCHOUK, 2007; KLIMCHOUK & FORD, 2009; AUDRA *et al.*, 2010; PALMER, 2011). Proprio per i particolari meccanismi speleogenetici, la Grotta dell'Acqua Fitusa è molto ricca di forme e depositi chimici particolari (cupole e nicchie di convezione, canali di corrosione per condensazione, tasche da sostituzione, *boxwork*, speleotemi e cristalli di gesso). Ad oggi è stato pienamente compreso il meccanismo speleogenetico ed evolutivo (VATTANO *et al.*, 2012, 2013; DE WAELE *et al.*, 2014), che è legato ai processi di corrosione per condensazione della roccia carbonatica con la sostituzione del gesso ad opera di acque termali ricche in H_2S. In particolare, l'allargamento dei vuoti e la formazione delle principali forme a piccola e grande scala, sono dovute al degassamento di H_2S nell'atmosfera di grotta, all'ossidazione dei solfati e alla convezione termale che permette processi di condensazione-corrosione, sopra la tavola d'acqua. Il progressivo abbassamento di quest'ultima, collegata ai processi di approfondimento conseguenti ai fenomeni di sollevamento dell'area, ha poi permesso lo sviluppo su più livelli, fino al raggiungimento dell'attuale assetto della cavità.

Le particolarità di questa grotta meriterebbero ulteriori e dettagliati studi per comprendere al meglio le zone di origine delle acque ricce in H_2S, i sistemi di ricarica delle sorgenti ad oggi attive, la genesi di alcune rare forme di speleotemi e quando questa cavità ha avuto origine.

Aspetti antropologici

L'area inclusa in questo studio riveste una particolare importanza per quanto attiene lo studio della Preistoria siciliana e le speculazioni sul primo popolamento umano del Mediterraneo.

Il primo popolamento umano della Sicilia è un argomento molto dibattuto. I ritrovamenti fossili attribuibili a *Homo sapiens* datano alla fase Pleniglaciale del Wurm (D'Amore *et al.*, 2009; Incarbona *et al.*, 2010; Mannino *et al.*, 2012) e sono distribuiti in modo molto sporadico sul territorio, a testimonianza di un primo movimento di colonizzazione, operato da piccoli gruppi di cacciatori-raccoglitori provenienti dalla penisola italiana attraverso il passaggio dello Stretto di Messina, presumibilmente percorribile. Queste prime evidenze includono i siti di S. Teodoro Acquedolci, Grotta d'Oriente sull'isola di Favignana e il sito dell'Acqua Fitusa. Questi siti sono caratterizzati da reperti faunistici relativi al peri-pleniglaciale, da resti umani, talvolta abbondanti come nel caso di S. Teodoro, e da industria Epigravettiana, principalmente su quarzite, e sono databili a non oltre i 18 mila anni dal presente (considerando il massimo degli intervalli di variazione nelle datazioni), quindi relativamente recenti. Il sito paleontologico umano dell'Acqua Fitusa (datato a 13760±330, Bianchini & Gambassini, 1973; D'Amore *et al.*, 2009, 2010; Mannino *et al.*, 2012) è molto importante perché dimostra come i primi esploratori "*sapiens*" si spingessero all'interno, lungo i percorsi fluviali e non limitassero, come vuole l'interpretazione corrente, la loro frequentazione alle sole coste.

Ma il periodo Epigravettiano, che ci parla dell'ecologia e delle strategie degli uomini del Pleniglaciale, seppur di grande interesse, passa decisamente in secondo piano se noi discutiamo un'altra ipotesi che si ricostruisce dall'analisi del territorio e dei reperti industriali dell'area della Montagnola. Quest'area, infatti, si presta ad una discussione molto più ampia dato che ha prodotto, nel tempo, evidenze industriali ascrivibili ai cosiddetti Modo1 e Modo2 della nomenclatura paletnologica. Le industrie Modo1 e 2 sono i prodotti classici dell'uomo del Pleistocene iniziale e caratterizzano i suoi insediamenti sia in Africa che negli altri continenti. La distribuzione e attribuzione cronologica di queste evidenze mappa la geografia umana ancestrale indicando i luoghi e gli *step* di migrazione del primo "*Out of Africa*". Appare evidente quindi come il reperto di tali industrie nella Sicilia meridionale abbia nel tempo suscitato molto interesse e dibattito. Tutta la provincia di Agrigento è costellata di evidenze purtroppo non contestualizzate da un punto di vista stratigrafico e su cui il dibattito si è acceso ben presto, all'inizio del XIX secolo (Sineo *et al.*, in stampa). Una delle evidenze più significative è l'amigdala di Rocca del Vruaro

(Fig. 10), ritrovata da Bianchini e Arezzo nel 1971 (per una discussione vedi D'AMORE *et al.*, 2009) nell'area della Montagnola (a sinistra del fronte di cava come ricorda Bruno Arezzo intervistato da noi di recente). L'amidgala, esposta al Museo di Agrigento, è molto bella e a suo tempo meritò di essere copiata ed esposta anche al Musée de L'Homme di Parigi. Il ritrovamento di Rocca del Vruaro, malgrado non sia efficacemente contestua-

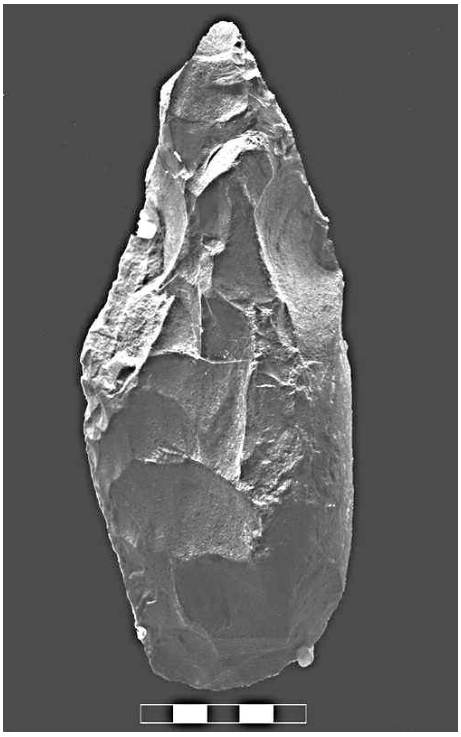


Fig. 10 — Amigdala raccolta alla Rocca del Vruaro ed esposta al Museo Paleoantropologico di Agrigento.

lizzato, ci parla di una frequentazione molto precoce di queste aree interne della Sicilia meridionale. Seppur con grande cautela questo ed altri ritrovamenti (Racalmuto, Menfi, Giancaniglia, Bertolino di mare, SINEO *et al.*, in stampa) continuano a mantenere alta l'attenzione sul primo popolamento da parte di *Homo erectus* di una Sicilia ancora non geograficamente definita nella sua forma e composizione attuale, vicina ma non facilmente raggiungibile dall'Africa, ma popolabile attraverso un passaggio settentrionale, da uomo e faune, in modo ripetuto.

Discussione e conclusioni

I recenti dati di letteratura sulla geologia dell'area studiata e i rilevamenti di campagna da noi condotti, hanno evidenziato elementi di novità nella ricostruzione stratigrafica de La Montagnola, con la presenza di una successione di terreni di mare profondo riferibile al dominio Imerese (*Auctorum*), laddove prima venivano segnalati depositi appartenenti ad un dominio intermedio fra il Sicano e l'Imerese (Broquet, 1964). Significativi elementi geologici sono altresì costituiti anche dai depositi sinorogenici di bacino di *wedge-top*, dalla culminazione anticlinalica de La Montagnola e dal fronte SO siciliano delle unità Imeresi, sovrascorse sulle unità Sicane (Catalano *et al*., 2013a).

I dati geomorfologici, hanno evidenziato l'esistenza di forme del rilievo riconducibili a processi di intensa incisione fluviale (valli del Fiume Platani e dei suoi affluenti) che, nel tempo, hanno agito in maniera selettiva generando significative forme strutturali derivate. Fra queste le più significative sono il rilievo di antiforme de La Montagnola e le scarpate di linea di faglia che lo delimitano, prodotte dall'approfondimento fluviale e dall'erosione selettiva; gli scorrimenti di roccia nei pendii in carbonati; le numerose e piccole frane di scorrimento/colamento di terra e le forme di ruscellamento diffuso e concentrato dei versanti in argilla, considerate morfologie rappresentative delle aree collinari della Sicilia centrale.

Gli studi speleologici e carsologici sono quelli che hanno dato risalto all'elemento sicuramente più interessante dell'area studiata: la Grotta dell'Acqua Fitusa. I dati acquisiti hanno, infatti, mostrato la presenza di un sistema sotterraneo discretamente sviluppato, con una grande varietà di morfologie e depositi chimici ben definiti, indicativi di una chiara origine ipogenica da acque sulfuree. Questa ricostruzione comporta anche importanti implicazioni idrogeologiche, per la necessaria presenza di un circuito idrotermale profondo, con acque sulfuree che tendono a risalire attraverso uno (o più) dei piani di faglia o di fratturazione che tagliano le rocce carbonatiche de La Montagnola.

Altri aspetti di un certo rilievo sono stati evidenziati dall'analisi dei dati antropologici: i resti di *Homo sapiens* nella grotta dell'Acqua Fitusa, del periodo epigravettiano, che costituiscono attualmente gli unici fossili umani pleistocenici rinvenuti nelle aree centrali della Sicilia e lontano dalla costa; l'amigdala e altri ritrovamenti a Rocca del Vruaro, che potrebbero indicare una dispersione precoce di *Homo* nell'isola.

I dati acquisiti ed elaborati con il presente studio mostrano quindi che il paesaggio dell'area de La Montagnola possiede alcuni particolari attributi di tipo geologico, geomorfologico, speleologico e antropologico, tali da conferirgli una significativa importanza dal punto di vista scientifico.

La Grotta dell'Acqua Fitusa costituisce comunque l'emergenza geologica e antropologica di maggiore interesse scientifico e culturale. La sua genesi ipogenica, le sue acque termali e sulfuree, i depositi chimici e le forme presenti in essa, i rinvenimenti fossili di "*sapiens*" al suo interno, la vicinanza delle vecchie terme, fanno di questa cavità un elemento di grande attrattiva. Tali attributi, associati con il contesto geologico dell'area della Montagnola, giustificano, a nostro parere, la proposizione di un geosito per l'intera area indagata.

Se a questi attributi si aggiungono le peculiarità archeologiche (PANVINI, 1993-94), delle quali non si è trattato nella presente nota, e l'esistenza dei ruderi di un antico e abbandonato complesso termale, quale ulteriore motivo di attrazione, ne consegue che l'area indagata possiede anche un valore di tipo turistico-culturale.

Per una piena fruizione dei luoghi citati e delle loro peculiarità geologico-naturalistiche e antropologiche è ipotizzabile la realizzazione di uno o più itinerari sul terreno (sentieri naturalistici) con l'obiettivo di promuovere un turismo di tipo ambientale e culturale.

Inoltre, se si considera che il settore di studio ricade nelle immediate vicinanze di un'area soggetta a vincoli ambientali e paesaggistici come la Riserva Naturale Orientata Monte Cammarata, si potrebbe altresì prevedere lo sviluppo di un percorso scientifico-naturalistico che comprenda la visita dei siti più interessanti de La Montagnola e di quelli di valore naturalistico-geologico e paesaggistico presenti a Monte Cammarata.

Ringraziamenti — Gli Autori esprimono un sentito ringraziamento al referee Prof. Valerio Agnesi per gli utili suggerimenti che hanno consentito il miglioramento della prima stesura del manoscritto. Il lavoro è stato realizzato con fondi dell'Università di Palermo FFR 2012/2013, resp. C. Di Maggio.

BIBLIOGRAFIA

AGNESI V., COSENTINO P., DI MAGGIO C., MACALUSO T. & ROTIGLIANO E., 1996. The great landslide at Portella Colla (Madonie-Sicily). *Geogr. Fis. Dinam. Quat*., 19: 273–280.

AGNESI V., DE CRISTOFARO D., DI MAGGIO C., MACALUSO T., MADONIA G. & MESSANA V., 2000. Morphotectonic setting of the Madonie area (central northern Sicily). *Mem. Soc. Geol. It*., 55: 373–379.

ARNONE G., 1978. Aspetti geologici e ambientali delle frane di Cammarata (Sicilia centro-occidentale). *Mem. Soc. Geol. It*., 19: 177-186.

AUDRA P., D'ANTONI-NOBECOURT J-C. & BIGOT J-Y., 2010. Hypogenic caves in France. Speleogenesis and morphology of the cave systems. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 181 (4): 327-335.

AVELLONE G., BARCHI M. R., CATALANO R., GASPARO MORTICELLI M. & SULLI A., 2010. Interference between shallow and deep-seated structures in the Sicilian fold and thrust belt, Italy. *J. geol. Soc. London*, 167: 109-126.

AVELLONE G., CATALANO R., VALENTI V. & GASPARO MORTICELLI M., 2013. Second day, STOP 3 - Comparison of surface and subsurface structures. In: Catalano R. et al. (eds.), Walking along a crustal profile across the Sicily fold and thrust belt. *Geol. F. Trips of SGI*, 5 (2.3): 163-166.

BASILONE L., 2009. Sequence stratigraphy of a Mesozoic carbonate platform-to-basin system in western Sicily. *Central Eur. J. Geosciences*, 1 (3): 251-273.

BASILONE L., 2012. Litostratigrafia della Sicilia. ARTA, Regione Siciliana-Ordine Regionale dei Geologi di Sicilia. *Arti Grafiche Palermitane s.r.l.*, Palermo, 160 pp.

BASILONE L., 2013a. Carbonate Platform/Basin system during the Mesozoic: stratigraphic evolution, erosional surfaces and sequence stratigraphy framework. In: Catalano R. et al. (eds.), Walking along a crustal profile across the Sicily fold and thrust belt. *Geol.F.Trips of SGI*, 5 (2.3): 102-110.

BASILONE L., 2013b. First day, STOP 2 - Mesozoic and Cenozoic carbonates of the Imerese basin along the Rocca di Sclafani Bagni outcrop. In: Catalano R. et al. (eds.), Walking along a crustal profile across the Sicily fold and thrust belt. *Geol.F.Trips of SGI*, 5 (2.3): 128-136.

BASILONE L., 2013c. Second day, STOP 2 - Sicanian basinal stratigraphy at Monte Cammarata. In: Catalano R. et al. (eds.), Walking along a crustal profile across the Sicily fold and thrust belt. *Geol.F.Trips of SGI*, 5 (2.3): 156-162.

BASILONE L., FRIXA A., VALENTI V. & TRINCIANTI E., 2013a. Stratigraphy in the study area. In: Catalano R. et al. (eds.), Walking along a crustal profile across the Sicily fold and thrust belt. *Geol.F.Trips of SGI*, 5 (2.3): 61-78.

BASILONE L., LENA G. & AVELLONE G., 2013b. Second day, STOP 1 - La Montagnola section: a slope facies of the Imerese Mesozoic basinal domain. In: Catalano R. et al. (eds.), Walking along a crustal profile across the Sicily fold and thrust belt. *Geol.F.Trips of SGI*, 5 (2.3): 149–155.

BASILONE L., FRIXA A., TRINCIANTI E. & VALENTI V., in stampa. Permian-Tertiary deep-water carbonate rocks of the Southern Tethyan Domain. The case of Central Sicily. *Ital. J. Geol.,* 134 (2015)

BIANCHINI G. & GAMBASSINI P., 1973. La grotta dell'Acqua Fitusa (Agrigento): gli scavi e l'industria litica. *Riv. Sc. Preist.*, 28: 3-55.

BROQUET P., 1964. Découverture d'une serie intermédiaire entre les Madonies et les Sicani (Sicile). *C.R. Acc. Sc. Paris*, 259: 3800-3802.

BROQUET P., 1968. Étude géologique de la région des Madonies (Sicile). *Thèse Fac. Sc. Lille*, 1-797.

BROQUET P., CAIRE A. & MASCLE G.H., 1966. Structure et évolution de la Sicile occidentale (Madonie et Sicani). *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 7e série, 8: 994-1013.

BROQUET P., MAGNÈ J. & SIGAL J. 1967. La série stratigraphique du Mont Cammarata (Sicani-Sicile). *Ann. Soc. Geol. Nord*, 87: 127-140.

CARAPEZZA M., CUSIMANO G., LIGUORI V., ALAIMO R., DONGARRÀ G. & HAUSER S., 1977. Nota introduttiva allo studio delle sorgenti termali dell'isola di Sicilia. *Boll. Soc. Geol. It.*, 96: 813-836.

CATALANO R., DI STEFANO P., SULLI A. & VITALE F.P., 1996. Paleogeography and structure of the Central Mediterranean: Sicily and its offshore area. *Tectonophysics*, 260: 291-323.

CATALANO R., FRANCHINO A., MERLINI S. & SULLI A., 2000. Central western Sicily structural setting interpreted from seismic reflection profiles. *Mem. Soc. Geol. Ital.*, 55: 5-16.

CATALANO R., GATTI V., AVELLONE G., BASILONE L., FRIXA A., RUSPI R. & SULLI A., 2008. Subsurface geometries in central Sicily FTB as a premise for hydrocarbon exploration. *70th EAGE Conference & Exhibition*, Rome, 10-15.

CATALANO R., GATTI V., AVELLONE G., BASILONE L., GASPARO MORTICELLI M., LENA G., SULLI A., FRIXA A. & VALENTI V., 2009. Subsurface geometries in central Sicily FTB in the

frame of the SIRIPRO crustal profile. AAPG Search and Discovery Article #90099 (2009). *AAPG European Region Annual Conference 23-24 November 2009 Paris-Malmaison, France*, 19-22.

CATALANO R., AVELLONE G., BASILONE L. & SULLI A., 2010a. Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio n. 607 "Corleone" e carta geologica allegata. *Regione Siciliana–Ispra*, 220 pp.

CATALANO, R., AVELLONE, G., BASILONE L., GASPARO MORTICELLI M. & LO CICERO G., 2010b. Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 608 "Caccamo" e carta geologica allegata. *Regione Siciliana–Ispra*, 224 pp.

CATALANO R., AVELLONE G., BASILONE L., AGATE M. & CONTINO A., 2011. Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio n. 609 "Termini Imerese" e carta geologica allegata. *Regione Siciliana-Ispra*, 224 pp.

CATALANO R., SULLI A., VALENTI V., AVELLONE G. BASILONE L., GASPARO MORTICELLI M., ALBANESE, C., AGATE M. & GUGLIOTTA C., 2012. The Buried Fold-and-Thrust Belt in Sicily: Perspectives for Future Exploration. Search and Discovery Article 50550 (2012). Posted February 21, 2012, Adapted from oral presentation at *AAPG International Conference and Exhibition*.

CATALANO R., AGATE M., ALBANESE C., AVELLONE G., BASILONE L., GASPARO MORTICELLI M., GUGLIOTTA C., SULLI, A., VALENTI V., GIBILARO C. & PIERINI S., 2013a. Walking along a crustal profile across the Sicily Fold and Thrust Belt. AAPG International Conference and Exhibition. Post Conference Field Trip Guide. *Geol. F. Trips*, 5 (2.3): 1-213 pp.

CATALANO R., VALENTI V., ACCAINO F., SULLI A., TINIVELLA U., GASPARO MORTICELLI M., ZANOLLA C. & GIUSTINIANI M., 2013b. Sicily's fold/thrust belt and slab roll-back: the SI.RI.PRO. seismic crustal transect. *J. Geol. Soc. London*, 170 (3): 451-464.

COULTHARD, J. C. & MACKLIN, M. G., 2001. How sensitive are river systems to climate and land-use changes? A model based evaluation. *J. Quaternary Sci.*, 16: 347–351.

D'AMORE G., DI MARCO S., TARTARELLI G., BIGAZZI R. & SINEO L., 2009. Late Pleistocene Human Evolution in Sicily: Comparative morphometric analysis of grotta di San Teodoro craniofacial remains. *J. Human Evol.,* 56: 537–550.

D'AMORE G., DI MARCO S., DI SALVO R., MESSINA A.D. & SINEO L., 2010. Early human peopling of Sicily: evidence from the mesolithic skeletal remains from grotta d'oriente. *Annals Human Biol.*, 37: 403-426.

DE WAELE J., PLAN L., AUDRA P., VATTANO M. & MADONIA G., 2014. Sulfuric Acid Water Table Caves (Grotte Du Chat / Acqua Fitusa / Bad Deutsch Altenburg + Kraushöhle). In: Klimchouk A., Sasowsky I., Mylroie J., Engel S.A. & Engel A.S. (eds.), Hypogene Cave Morphologies. Selected papers and abstracts of the symposium. *Karst Waters Institute* Special Publication, 18: 31-35.

DI MAGGIO C., 2000. Morphostructural aspects of the central northern sector of Palermo Mountains (Sicily). *Mem. Soc. Geol. It.*, 55: 353-361.

DI MAGGIO C., MADONIA G. & VATTANO M., 2014. Deep-seated gravitational slope deformations in western Sicily: Controlling factors, triggering mechanisms, and morphoevolutionary models. *Geomorphology*, 208: 173-189.

DI STEFANO P., ALESSI A. & GULLO M., 1996. Mesozoic and Paleogene magabreccias in southern Sicily: new data on the Triassic paleomargin of the Siculo-Tunisian platform. *Facies*, 34: 101-122.

GIANOTTI A., 1958. Deux facies du Jurassique superieur en Sicile. *Rev. Micropaleontologie*, Paris, 1: 28-51.

GRASSA F., CAPASSO G., FAVARA R. & INGUAGGIATO S., 2006. Chemical and isotopic composition of

waters and dissolved gases in some thermal springs of Sicily and adjacent volcanic islands, Italy. *Pure & Appl. Geophysics*, 163: 781-807.

GRASSO M., LENTINI F. & VEZZANI L., 1978. Lineamenti stratigrafico-strutturali delle Madonie (Sicilia centro-settentrionale). *Geol. Rom.*, 17: 45-69.

HUGONIE G., 1979. L'èvolution gèomorphologique de la Sicile septentrionale. Thèse Lettres (Gèomorphologie), *Univ. de Paris-Sorbonne*, 2: 565-884.

INCARBONA A., ZARCONE G., AGATE M., BONOMO S., DI STEFANO E., MASINI F., RUSSO F. & SINEO L., 2010. A multidisciplinary approach to reveal the Sicily Climate and Environment over the last 20000 years. *Central Eur. J. Geosciences*, 2010, 71-82.

KLIMCHOUK A.B., 2007. Hypogene Speleogenesis: hydrogeological and morphogenetic perspective. *National Cave and Karst Research Institute* (Special Papers 1), Carlsbad, NM, 106 pp.

KLIMCHOUK A.B. & FORD D.C. (eds), 2009. Hypogene Speleogenesis and Karst Hydrogeology of Artesian Basins. *Ukrainian Institute of Speleology and Karstology* (Special Paper 1), Simferopol, 280 pp.

MANNINO M.A., CATALANO G., TALAMO S., MANNINO G., DI SALVO R., SCHIMMENTI V., LALUEZA-FOX C., MESSINA A., PETRUSO D., CARAMELLI D., RICHARDS M.P. & SINEO L. 2012. Origin and diet of the prehistoric hunter-gatherers on the Mediterranean Island of Favignana (Egadi Islands, Sicily). *Plos ONE*, 7 (11): e49802.

MASCLE G., 1979. Etude Géologique des Monts Sicani. *Riv Ital. Paleont. Strat*., Milano, 16: 1-430.

MONACO C., TORTORICI L. & CATALANO S., 2000. Tectonic escape in the Sicanian mountains (western Sicily). *Mem. Soc. Geol. It*., 55: 17–25.

MONTANARI L., 1966. Geologia dei Monti di Trabia (Sicilia). *Riv. Min. Sicil*., 17 (97-99): 35-81.

OLDOW J.S., CHANNELL J.E.T., CATALANO R. & D. ARGENIO B., 1990. Contemporaneous Thrusting and Large-Scale rotations in the Western Sicilian Fold and Thrust Belt. *Tectonics*, 9: 661-681.

PALMER A.N., 2011. Distinction between epigenic and hypogenic maze caves. *Geomorphology*, 134: 9-22.

PANVINI R., 1993-94. Ricerche nel territorio di Monte S. Giuliano (CL), Monte Desusino, S. Giovanni Gemini, Caltabellotta, S. Anna. *Kokalos*, 39-40: 755-763.

POBLET J. & LISLE R. J., 2011. Kinematic evolution and structural styles of fold-and-thrust belts. *Geol. Soc. London* (Special Publications) 39: 1-24.

SCANDONE P., RADOICIC R., GIUNTA G. & LIGUORI V., 1972. Sul significato delle dolomie Fanusi e dei calcari ad Ellipsactinie della Sicilia settentrionale. *Riv. Min. Sicil*., 133-135: 51-61.

SINEO L., PETRUSO D., FORGIA V., MESSINA A.D. & D'AMORE G., in stampa. Human peopling of Sicily during Quaternary. In: Fernandes L. (ed.), Geological Epochs. *Academy Publishing*.

TRIMBLE S. W., 1999. Rates of soil erosion. *Science*, 286: 1477-1478.

TWIDALE C.R. & CAMPBELL E.M., 1993. Australian landforms: structure, process and time. *Gleneagles Publ*., Adelaide, 560 pp.

VATTANO M., AUDRA P., BIGOT J-Y., DE WAELE J., MADONIA G., & NOBÉCOURT J-C., 2012. Acqua Fitusa Cave: an example of inactive water-table sulphuric acid cave in Central Sicily. *Rend. Online Soc. Geol. Ital.,* 21: 637-639.

VATTANO M., AUDRA P., BENVENUTO F., BIGOT JY., DE WAELE J., GALLI E., MADONIA G. & NOBÉCOURT J.C., 2013. Hypogenic caves of Sicily (Southern Italy). *Proc.16th Int. Congr. Spel.*, 3: 144-149.

WEZEL F.C., 1966. La sezione tipo del flysch Numidico: stratigrafia preliminare della parte sottostante al Complesso Panormide (Membro di Portella Colla). *Atti Accad. gioenia Sci. Nat. Catania*, 18: 71-92.

WIMBLEDON W.A.P., BENTON M.J., BEVINS R.E., BLACK C.J., BRIDGLAND D.R., CLEAL C.J., COOPER

R.G. & MAY V.J., 1995. The development of a methodology for the selection of British geological sites for conservation: Part 1. *Modern Geology*, 20: 159-202.

WIMBLEDON W.A.P., 1997. Geosites - a new conservation initiative. *Episodes*, 19: 87-88.

WIMBLEDON W.A.P., ANDERSEN S., CLEA L.C.J., COWIE J.W., ERIKSTAD L., GONGGRIJP G.P., JOHANSSON C.E., KARIS L.O. & SUOMINEN V., 2000. Geological World Heritage: Geosites: global comparative site inventory to enable prioritisation for conservation. Proc. 2nd Int. Symp. Conserv. Geol. Heritage, *Mem. Descr. Carta Geol. It.*, 54: 45-60.

Indirizzo degli Autori — L. BASILONE, G. AVELLONE, C. DI MAGGIO, G. MADONIA, M. VATTANO, Dipartimento di Scienze della Terra e del Mare (DISTeM), Università degli Studi di Palermo, Via Archirafi 22 - 90123 Palermo (Italia), e-mail: luca.basilone@unipa.it; G. ARNONE, Dipartimento regionale delle Infrastrutture, della Mobilità e dei Trasporti, Regione Siciliana, Via Leonardo Da Vinci 161 - 90145 Palermo (Italia), e-mail: giovanni.arnone@regione.sicilia.it; L. SINEO, Dipartimento di Scienze e Tecnologie Biologiche Chimiche e Farmaceutiche (STEBICeF), Università degli Studi di Palermo, Via Archirafi 18 - 90123 Palermo (I); e-mail: luca.sineo@unipa.it

View publication stats