

# GEOLOGI e TERRITORIO

Periodico di Scienze della Terra dell'Ordine dei Geologi della Puglia

ISSN: 1974-1189

**IMPATTO DELL'INNALZAMENTO DEL LIVELLO DEL MARE  
CAUSATO DAI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE FALDE COSTIERE**

Isabella Serena Liso, Costantino Masciopinto

**SINTESI DELLE CONOSCENZE GEOLOGICHE  
E STRATIGRAFICHE DEL PROMONTORIO DEL GARGANO**

Michele Morsilli

**INDIVIDUAZIONE DI CAVITÀ SOTTERRANEE MEDIANTE  
L'UTILIZZO DELLA TOMOGRAFIA ELETTRICA:  
L'ESEMPIO DELL'IPOGEO DI SANTA CANDIDA, BARI**

Maria Nilla Miccoli, Antonio Fiore, Michele Luisi,  
Pietro Pepe, Luigi Spalluto, Salvatore Tancredi

## GEOLOGI e TERRITORIO

Periodico dell'Ordine Regionale  
dei Geologi - Puglia  
Anno XIII - n. 2/2016

*Direttore editoriale:*  
Valletta Salvatore

*Direttore responsabile:*  
Alfarano Espedito

*Comitato di redazione:*  
Dibenedetto Michele, Di Fazio Antonio,  
De Razza Tiziana, Corvasce Maddalena A.,  
Bonora Davide, d'Amico Nicola A.,  
D'Amico Vincenzo, Ieva Maria Costantina,  
Impagnatiello Domenico P.,  
Quarta Giovanni, Valletta Salvatore

*Comitato scientifico:*  
Antoncelli Antonello, Assennato Giorgio,  
Baldassarre Giuseppe, Blonda Massimo,  
Borri Dino, Capolongo Domenico,  
Cotecchia Federica, Del Gaudio Vincenzo,  
Dellino Pierfrancesco, Di Fazio Antonio,  
Di Santo Antonio R., Fornelli Annamaria,  
Gallicchio Salvatore, Leucci Giovanni,  
Monterisi Luigi, Negri Sergio, Pagliarulo Rosa,  
Polemio Maurizio, Ricchetti Giustino,  
Sabato Luisa, Sansò Paolo,  
Santaloia Francesca, Simeone Vincenzo,  
Spilotro Giuseppe, Walsh Nicola

*Coordinamento scientifico:*  
Di Fazio Antonio, Quarta Giovanni,  
Valletta Salvatore

*Segreteria di redazione:*  
De Razza Tiziana, Spizzico Silvio

*Redazione, Amministrazione e Pubblicità:*  
Ordine dei Geologi - Puglia  
Via Junipero Serra, 19 - 70125 Bari  
www.geologipuglia.it - info@geologipuglia.it

*Stampa:*  
Sagraf Srl - Z.I. Capurso (BA)

Autorizzazione del Tribunale di Bari:  
n. 29 del 16.06.2004

*Chiuso in tipografia il 16 dicembre 2016*

## SOMMARIO

2

Editoriale del Presidente dell'ORG - Puglia  
*Salvatore Valletta*

3

IMPATTO DELL'INNALZAMENTO DEL LIVELLO  
DEL MARE CAUSATO DAI CAMBIAMENTI  
CLIMATICI SULLE FALDE COSTIERE  
*Isabella Serena Liso, Costantino Masciopinto*

15

SINTESI DELLE CONOSCENZE GEOLOGICHE  
E STRATIGRAFICHE DEL PROMONTORIO  
DEL GARGANO  
*Michele Morsilli*

31

INDIVIDUAZIONE DI CAVITÀ SOTTERRANEE  
MEDIANTE L'UTILIZZO DELLA TOMOGRAFIA  
ELETTRICA: L'ESEMPIO DELL'IPOGEO  
DI SANTA CANDIDA, BARI  
*Maria Nilla Miccoli, Antonio Fiore, Michele Luisi,  
Pietro Pepe, Luigi Spalluto, Salvatore Tancredi*



Foto di copertina di Michele Morsilli:  
Baia delle Zagare.

## SINTESI DELLE CONOSCENZE GEOLOGICHE E STRATIGRAFICHE DEL PROMONTORIO DEL GARGANO

*Michele Morsilli*

Dipartimento di Fisica e Scienze della Terra - Università di Ferrara  
Via G. Saragat, 1 - 44100 Ferrara, mrh@unife.it  
Iscritto ORG Puglia n. 115ES

### INTRODUZIONE

Negli ultimi decenni le conoscenze geologiche e paleontologiche del Promontorio garganico sono state notevolmente ampliate grazie al lavoro di numerosi ricercatori italiani e stranieri. Queste ricerche hanno permesso di conoscere con maggior dettaglio questo “piccolo” promontorio e la sua ricchissima geodiversità fatta di unicità geologiche, paleontologiche, strutturali e geomorfologiche di valenza internazionale. Nella comunità scientifica e anche nelle maggiori compagnie petrolifere il Gargano rappresenta un’area di riferimento per lo studio di sistemi carbonatici e per la comparazione di analoghi di superficie e di sottosuolo, anche in aree lontane come il Golfo del Messico, la Cina o il Medio Oriente.

Questa breve nota rappresenta un riassunto delle conoscenze attuali sui principali aspetti geologici e paleontologici del Gargano e un utile aggiornamento della letteratura disponibile.

Noi geologi pugliesi sicuramente conosciamo come è fatto il Gargano e i suoi incantevoli scorci scenografici, ma non tutti sono consapevoli della complessa storia geologica che ha portato questo promontorio ad essere quello che è. Per conoscere questa storia geologica dobbiamo considerare tre fasi principali quali: la formazione dei sedimenti, il loro accumulo e seppellimento e la loro progressiva diagenesi; i processi tettonici che hanno frammentato e dislocato le rocce in vario modo e, infine, l’azione di modellamento ad opera degli agenti geomorfi-

ci, sia in superficie sia nella parte più interna e profonda del Gargano.

### 1. STRATIGRAFIA DELLE PRINCIPALI UNITÀ GARGANICHE

I limiti geografici del Promontorio sono ben delineati da nord fino a sud-est dal Mar Adriatico, mentre ad occidente, il corso del Fiume Candelaro segna un evidente limite tra la pianura e i primi rilievi del contrafforte garganico che raggiunge nei pressi di Rignano Garganico un dislivello netto di oltre 550 m. Un’altra piccola scarpata di origine tettonica orientata ENE-OSO segna il limite a nord dell’abitato di Apricena. Una parte rilevante del Gargano è occupata dalle lagune di Lesina e Varano. I rilievi, in genere poco acclivi, raggiungono i 1056 m nel Monte Calvo nei pressi di San Giovanni Rotondo (Fig. 1).

Nel Gargano affiorano prevalentemente rocce carbonatiche (calcarei e dolomie) di età compresa tra il Giurassico superiore e l’Eocene. Carbonati oligo-miocenici e del Pliocene affiorano in maniera discontinua in varie parti del promontorio (Casolari *et al.*, 2000; Morsilli, Bosellini, *et al.*, 2017) (Fig. 2). Altri tipi di rocce affiorano presso Punta delle Pietre Nere, con gessi e carbonati triassici associati a rocce ignee del Paleocene (Carella, 1963; Amendolagine *et al.*, 1964; De Fino *et al.*, 1983; Posenato *et al.*, 1994; Bigazzi *et al.*, 1996; Russo, 2008; Avanzinelli *et al.*, 2012). Infine, sedimenti quaternari ricoprono localmente le successioni carbonatiche, come



Figura 1 - DTM del Promontorio del Gargano, sono raffigurati i principali centri abitati e l’ubicazione dei pozzi esplorativi. S-1: Pozzo Sannicandro 1; G-1: Pozzo Gargano 1; PES: Pozzo Peschici; FU: Pozzo Foresta Umbra.

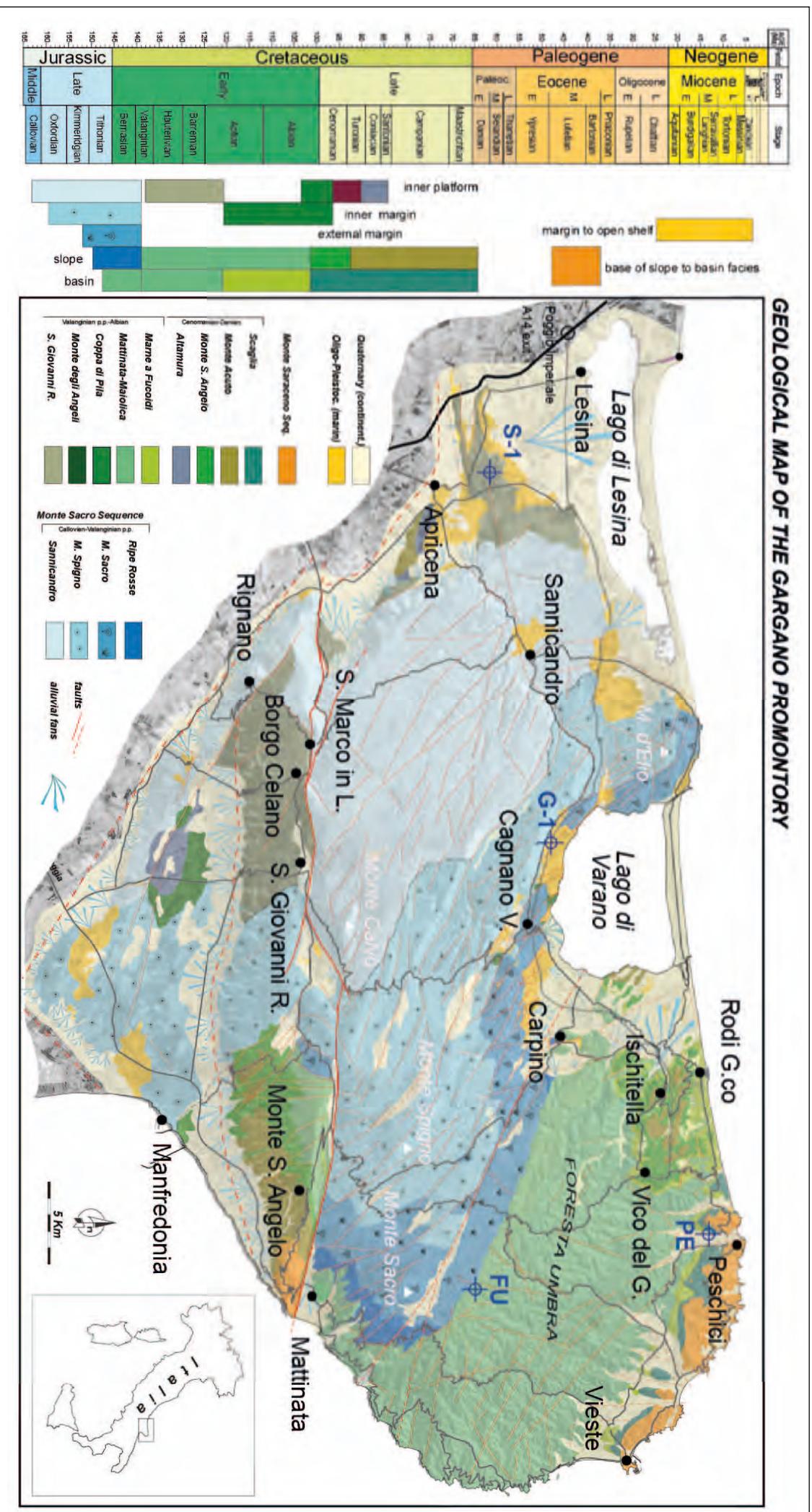


Figura 2 - Carta geologica schematica del Gargano (modificata da Morsilli, 1998). L'area di Rignano-Apricena è stata modificata da Pieri *et al.* (in stampa). L'area di Monte S. Angelo modificata da Hairabian *et al.* (2015). Scala dei tempi da International Stratigraphic Chart – IUGS (2014).

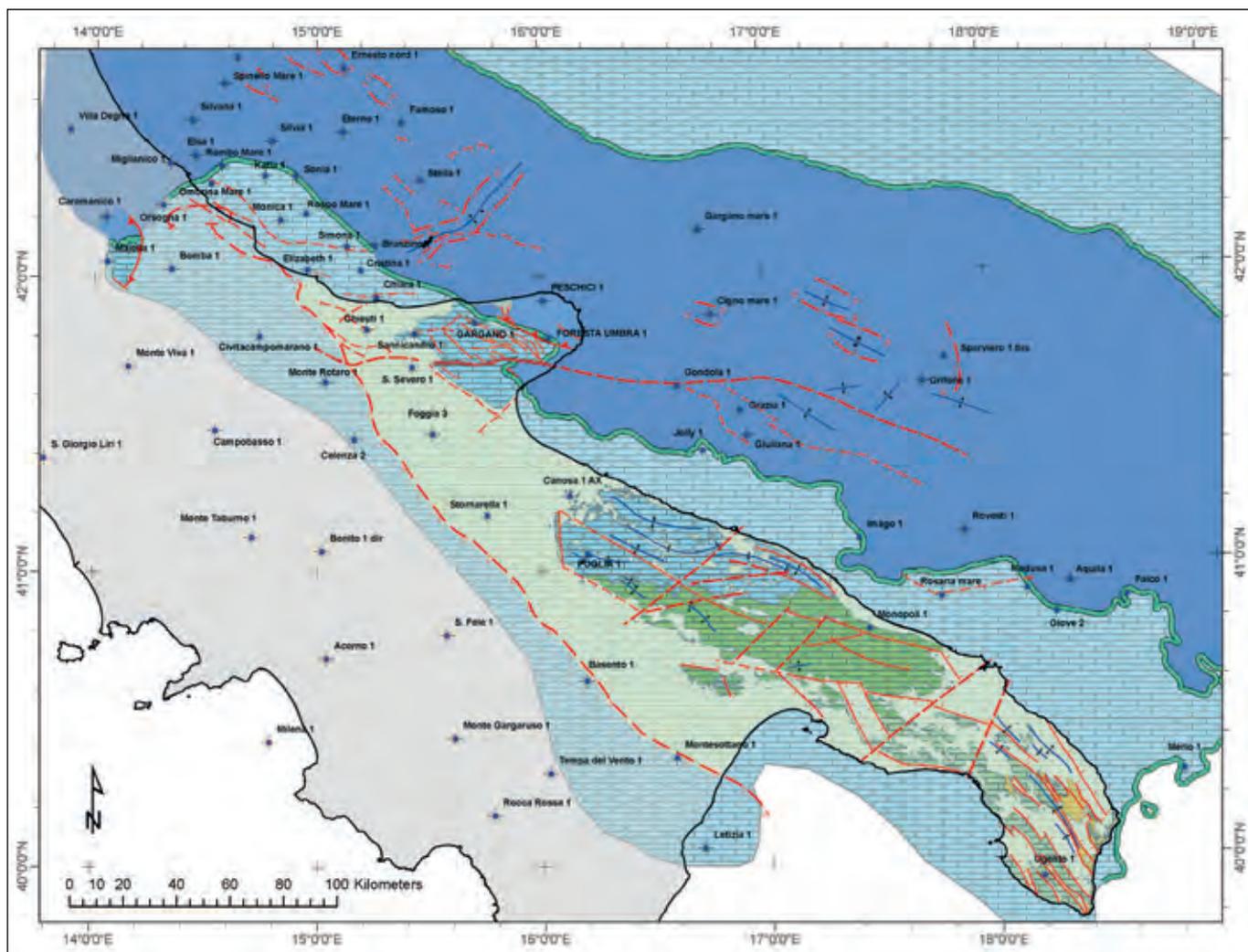


Figura 3 - Ricostruzione della Piattaforma Apula e del bacino Adriatico o Ionico. Il margine orientale della piattaforma, ubicato alcune decine di chilometri *offshore* rispetto alla linea di costa attuale, è stato ricostruito attraverso l'analisi di sezioni sismiche ministeriali e dei pozzi esplorativi del progetto VIDEPI (<http://unmig.sviluppoeconomico.gov.it/videpi/videpi.asp>). Strutture tettoniche da Pieri (1997), De Alteriis & Aiello (1993), Doucet *et al.* (1994).

l'area a sud del Lago di Lesina, ad est del Lago di Varano, il Piano Grande di Vieste e l'ampio terrazzo posto ad ovest di Manfredonia (Morsilli, 1994; Anniballi & Sansò, 2000; Caldara & Simone, 2005; Boenzi *et al.*, 2006; Caroli & Caldara, 2006; Caldara *et al.*, 2008; Moretti *et al.*, 2010; De Santis & Caldara, 2015). Locali accumuli di suoli si trovano nelle varie depressioni di origine tettono-carsica che costellano il promontorio (Castiglioni & Sauro, 2005) (Fig. 2).

La maggior parte delle rocce garganiche appartengono paleogeograficamente alla Piattaforma Carbonatica Apula (APC) la quale durante il Mesozoico bordava il margine meridionale della Tetide (Bernoulli, 1972; D'Argenio, 1974; D'Argenio *et al.*, 1975; Bosellini *et al.*, 1999; Borgomano, 2000; Morsilli *et al.*, 2004). La Piattaforma Apula (Fig. 3) passa lateralmente ai depositi bacinali del Bacino Ionico o Adriatico verso est ed ai depositi del Bacino Lagonegrese-Molisano verso ovest (Zappaterra, 1994). Solo nel Promontorio del Gargano e nella Maiella è possibile osservare in affioramento la transizione orien-

tale Piattaforma Apula - Bacino Ionico/Adriatico (Eberli *et al.*, 1993; Morsilli & Bosellini, 1997; Bosellini *et al.*, 1999; Borgomano, 2000; Morsilli *et al.*, 2002, 2004; Hairabian *et al.*, 2015; Morsilli, Hairabian, *et al.*, 2017). Nelle altre aree il margine orientale si trova in *offshore* (Fig. 3) ed è conosciuto attraverso profili sismici e dati di pozzo (De Dominicis & Mazzoldi, 1989; de Alteriis & Aiello, 1993; de Alteriis, 1995; Cazzini *et al.*, 2015). Ulteriori informazioni sulla Piattaforma Apula provengono dalla sismica a riflessione e dai pozzi di esplorazione perforati negli ultimi 50 anni, i quali ci permettono di studiare le successioni profonde del Gargano (Fig. 4).

Negli ultimi decenni, numerosi autori si sono occupati della stratigrafia garganica, sia attraverso lavori di sintesi sia con lavori di dettaglio, producendo una miriade di unità stratigrafiche, spesso indicate con nomi differenti, e interpretazioni paleoambientali e paleogeografiche spesso diverse e contrastanti (Pavan & Pirini, 1966; Cremonini *et al.*, 1971; Luperto Sinni & Masse, 1986, 1993; Masse & Borgomano, 1987; Borgomano &

Philip, 1989; Bosellini *et al.*, 1993b, 1999; Luperto Sinni & Borgomano, 1994; Bosellini & Morsilli, 1994, 1997, 2001; Morsilli & Bosellini, 1997; Luperto Sinni, 1998; Borgomano, 2000; Graziano, 2013, 2001; Bosellini, 2002; Morsilli *et al.*, 2003, 2004; Spalluto *et al.*, 2005; Spalluto & Pieri, 2008; Graziano *et al.*, 2013; Hairabian *et al.*, 2015; Morsilli, Bosellini, *et al.*, 2017; Morsilli, Hairabian, *et al.*, 2017).

La Piattaforma Apula durante la sua storia geologica è stata interessata da numerosi eventi che hanno prodotto dei mutamenti sostanziali nell'organizzazione stratigrafica e/o architettura deposizionale. Questi eventi e le superfici di inconformità ad essi associate permettono di dividere le varie unità stratigrafiche in sequenze deposizionali, alcune di lunga durata (sequenze deposizionali di secondo ordine) (Fig. 5) (Bosellini *et al.*, 1999; Morsilli, Bosellini, *et al.*, 2017; Morsilli, Hairabian, *et al.*, 2017).

Per brevità le successioni affioranti Giurassico-Cretacee vengono trattate in base al loro ambiente di deposizione, mentre quelle Cenozoiche sono distinte per sequenze deposizionali. Le formazioni del Giurassico e del Cretaceo rappresentano un ampio spettro di ambienti deposizionali tipici di una piattaforma carbonatica, an-

che se con differenze nel profilo deposizionale e in alcune facies rispetto al tipico modello attuale bahamiano. Le facies gargariche di questo intervallo di tempo possono comunque essere suddivise in piattaforma interna (facies lagunari e di piana tidale), margine (sabbioso e/o biocostruito), scarpata e la transizione al bacino (Fig. 6).

*Le unità di piattaforma interna*

SNN- Calcari di Sannicandro (Calloviano p.p.-Valanginiano pp.). Quest'unità affiora prevalentemente nella parte occidentale e centrale del Gargano e consiste di una spessa successione di cicli peritidali a scala metrica (1-5 m) interpretati come successioni di laguna e di piana tidale. Le principali litofacies sono date da *mudstone-wackestone* a peloidi con Alghe dasicladali, Ostracodi, Gasteropodi (*Nerinea* sp.) e *packstone-grainstone* oolitici e a peloidi. Strutture fenestrate (*birdseyes*) e lamine stromatolitiche associate a livelli di breccie intraformazionali a clasti piatti (*flat-pebble breccia*) sono frequenti al tetto dei singoli cicli (Morsilli & Bosellini, 1997; Morsilli, 1998). Possibili impronte di dinosauri, ritrovati su alcuni blocchi del molo foraneo di Mattinata e Manfredonia, possono essere ascrivibili a questa unità (Conti *et al.*, 2005).

CSR- Calcari di San Giovanni Rotondo (Valanginiano p.p.-Aptiano inferiore). E' una spessa successione (500-600 m), affiorante nella parte meridionale del Gargano (area tra Borgo Celano e San Giovanni Rotondo), suddivisa in tre membri (Claps *et al.*, 1996; Spalluto & Pieri, 2008; Graziano *et al.*, 2013; Guerzoni, 2016) e corrisponde ai Calcari di Cupello p.p. ampiamente conosciuti nel sottosuolo della Piattaforma Apula. Il Membro 1 consiste di una successione monotona aciclica di *mudstone-wackestone* subtidali. Il Membro 2 è rappresentato da una spessa successione ciclica, con alternanze di strati micritici bioturbati e stromatolitici, al tetto spesso si hanno dei livelli centimetrici di argille verdi. L'ambiente di deposizione rappresentato da queste litofacies è una tipica piana tidale. Numerose impronte di dinosauro sono state scoperte proprio in questo membro (Morsilli, 2000b; Petti *et al.*, 2008) (Fig. 7) e attualmente esposte presso il Centro Visita del Parco Nazionale del Gargano di Borgo Celano. Il Membro 3 mostra una variabilità di facies che vanno dal subtidale al sopratidale, con calcareniti in strati sottili alla base delle parasequenze e stromatoliti domiformi nella parte alta delle unità peritidali. I Calcari di Masseria Quadrone descritti da Merla *et al.* (1969), sono state inseriti nella formazione dei Calcari di San Giovanni Rotondo. Nell'area tipo, Luperto Sinni (1996) descrive una sottile successione (circa 30 m) di *mudstone-packstone* con Orbitolinidi dell'Albiano superiore, mentre la parte superiore consiste di calcari a *Selliaveolina vialli* di età Cenomaniano inferiore.

ALT- Calcari di Altamura (Turoniano sup.-Santoniano inf.). Quest'unità, denominata precedentemente Calcari di Casa Lauriola (Merla *et al.*, 1969), è costituita da carbonati peritidali e affiora in due zone distinte, una vicino S. Giovanni Rotondo e l'altra vicino Apricena (Laviano

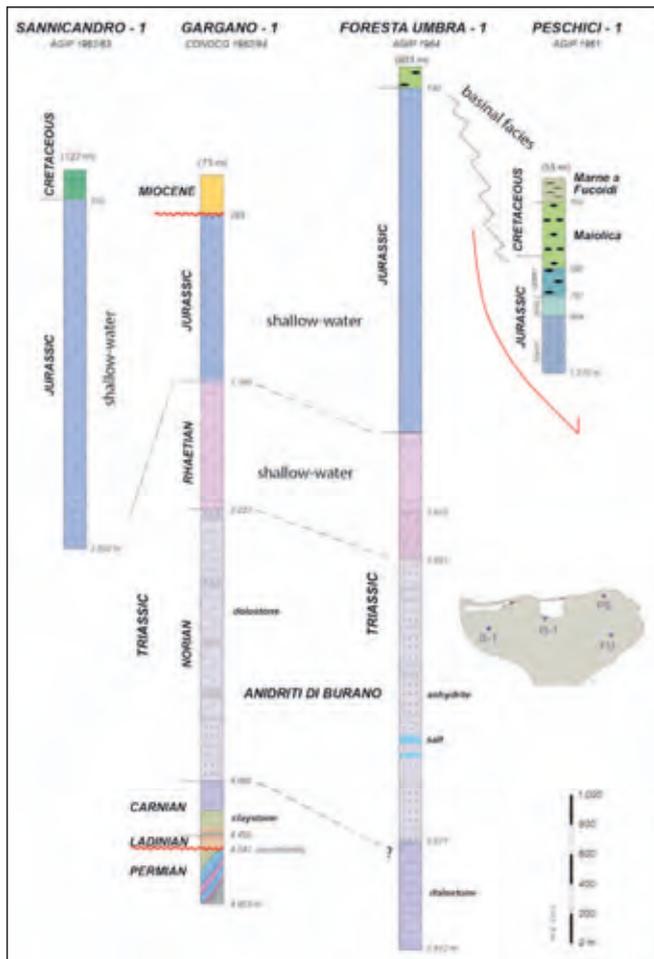


Figura 4 - Stratigrafia del sottosuolo gargarico dai dati di pozzo perforati nel Gargano (modificato da Bosellini & Morsilli, 2001).

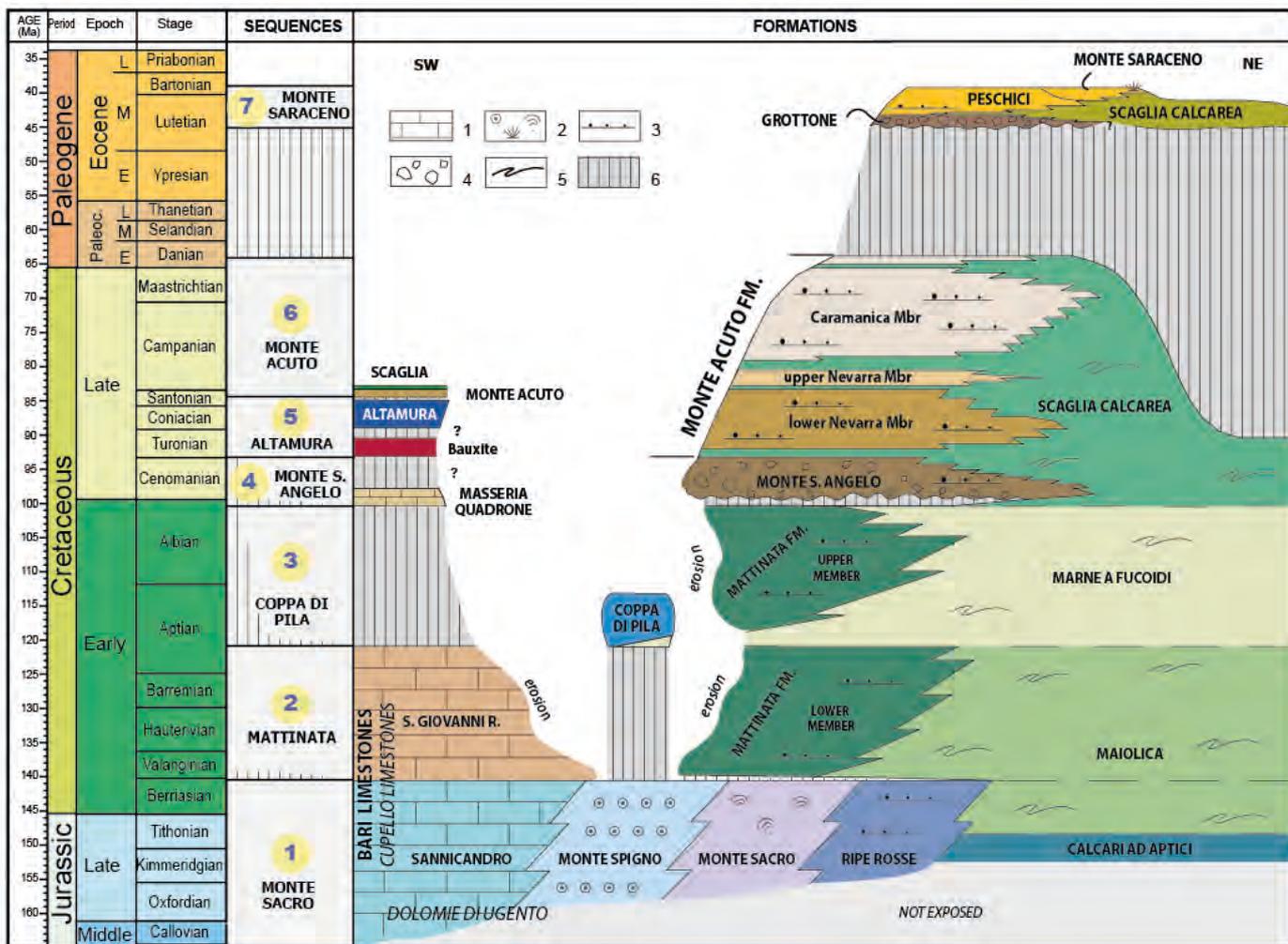


Figura 5 - Schema cronostratigrafico delle formazioni Giurassico-Eoceniche del Gargano (modificato da Bosellini & Morsilli, 2001).

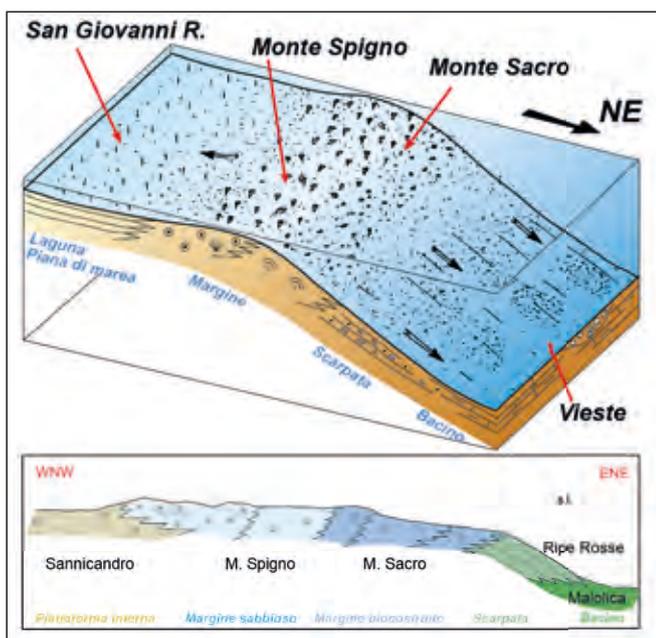


Figura 6 - Ricostruzione schematica tridimensionale e transetto ideale, non in scala, della Sequenza di Monte Sacro (Giurassico Superiore - Cretaceo basale) (modificato da Morsilli, 1998).

& Marino, 1996). Essa ricopre in discordanza l'orizzonte bauxitico medio-cretaceo (Crescenti & Vighi, 1964; Merla *et al.*, 1969; D'Argenio *et al.*, 1987; Mongelli *et al.*, 2015, 2016). Nell'area di S. Giovanni Rotondo

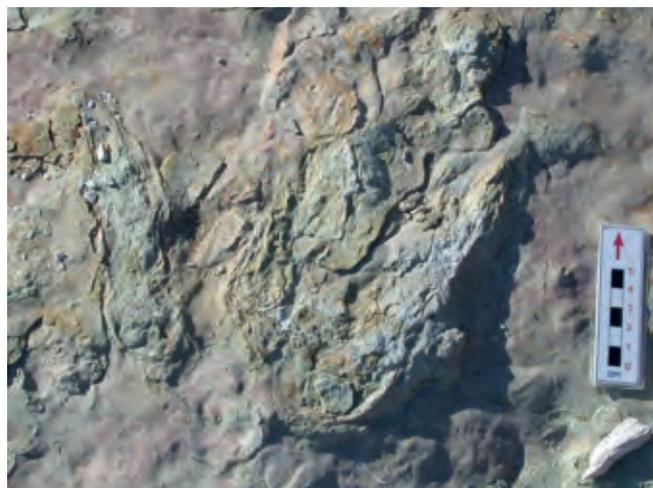


Figura 7 - Controimpronte di dinosauri nei Calcarei di San Giovanni Rotondo della cava CO.L.MAR Borgo Celano (Foto M. Morsilli).

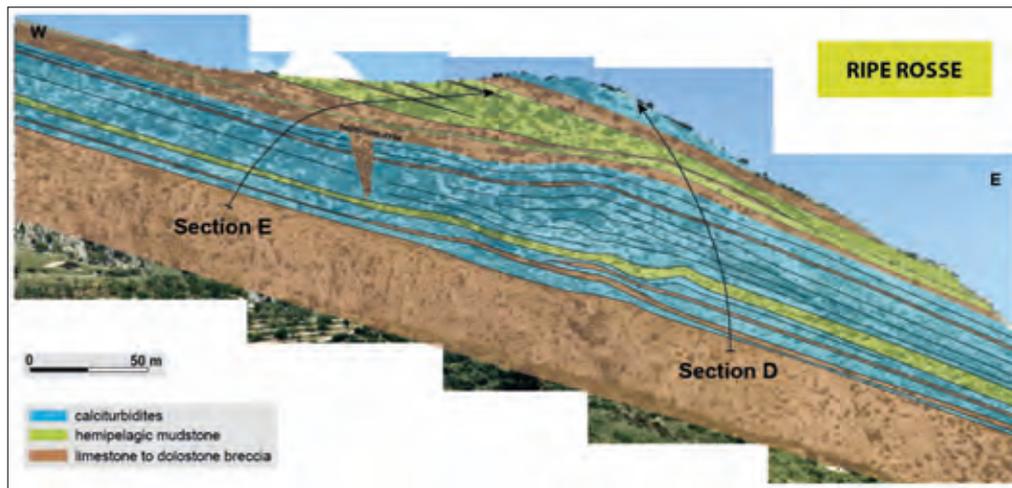


Figura 8 - Fotomosaico del fianco della piattaforma Apula nei pressi di Mattinata (Ripe Rosse) formata da risedimenti di vario tipo intercalati a depositi pelagici (Morsilli, 1998).

questa formazione è data da *mudstone-wackestone* con intercalati marne verdi di età Turoniano superiore?-Coniaciano p.p. (Luperto Sinni, 1996), mentre nell'area di Apricena, la successione affiorante è data da strati metrici di *mudstone-wackestone* con *bouquet* o biostrome a Rudiste intercalate a livelli stromatolitici di età Turoniano superiore-Santoniano inf. (Morsilli, 1998).

#### Le unità di margine

**MSP-** Formazione di Monte Spigno (Oxfordiano p.p. – Valanginiano p.p.). Quest'unità affiora nella parte centrale del Gargano ed è costituita principalmente di *grainstone* oolitici e oncolitici intercalati a *wackestone-packstone* bioturbati. Le strutture sedimentarie sono date da laminazioni oblique da onda e corrente a piccola (*ripples*) e grande scala (dune). Le associazioni di facies presenti suggeriscono un ambiente di alta energia o margine sabbioso, con barre sommerse (*shoals*) e sporadiche aree emerse (isole e spiagge) (Morsilli & Bosellini, 1997).

**SAC-** Calcari di Monte Sacro (Oxfordiano p.p. – Valanginiano p.p.). Questa formazione affiora in un'arcuata e stretta fascia che va da Mattinata fino a Monte d'Elio, con prevalenti *wackestone* massivi ricchi in *Ellipsactinia*, *Sphaeractinia*, e Stromatoporoidi (Russo & Morsilli, 2007). Le associazioni di facies presenti in questa formazione racchiudono un ampio spettro di ambienti e sottoambienti deposizionali, dall'area di "scogliera" fino al margine esterno. La transizione laterale con la Formazione di Monte Spigno è rappresentata da una zona di sabbie bioclastiche e aree con insediamenti di coralli coloniali (*patch reefs*) (Morsilli & Bosellini, 1997; Morsilli, 1998).

**CPD-** Calcari di Coppa di Pila (Aptiano p.p.). Questa unità affiora nell'area di Coppa di Pila, qualche chilometro a sud-est di Cagnano Varano e in altri lembi isolati del Gargano settentrionale (Bosellini & Morsilli, 1994; Guerzoni, 2016; Morsilli, Bosellini, *et al.*, 2017). Questa formazione è costituita alla base da un intervallo di circa 7 m, costituito da *mudstone-wackestone* in strati sottili (5-15 cm) a radiolari e spicole di spugne con intercalati strati sottili di calcareniti (*packstone*) a orbitolinidi, alghe

dasiladali e organismi incrostanti. Questo piccolo lembo, nell'area tipo è ricoperto da calcareniti bioclastiche (*grainstone*) in strati medi (25-35 cm) con frammenti di rudiste (radiolitidi) e orbitoline, passanti a strati spessi (40-80 cm) di calciruditi (*rudstone*) a grossi frammenti di prevalenti rudiste, o a calcari bioclastici (*floatstone*), generalmente in bancate metriche o strati spessi, con grossi gusci di rudiste dispersi nella matrice. Questa unità può essere interpretata come una facies di piattaforma aperta, costituita da prevalenti *rudstone* a rudiste sciacquati in condizioni di alta energia. I calcari pelagici alla base della successione rappresentano la parte prossimale delle Marne a Fucoidi, testimoni della fase di annegamento parziale della piattaforma durante l'Aptiano inferiore (Bosellini *et al.*, 1999).

Altre facies marginali di età cretacea, secondo le recenti ricostruzioni (Morsilli, Hairabian, *et al.*, 2017), ad esclusione dei Calcari di Coppa di Pila, sono conosciuti solo come elementi risedimentati, a volte blocchi pluridecmetrici, nelle unità di scarpata, precedentemente interpretati come depositi in situ della Formazione di Monte degli Angeli (Bosellini *et al.*, 1993b, 1999).



Figura 9 - Megabreccia con blocchi metrici derivanti dallo smantellamento della piattaforma a rudiste Cretacea (Monte S. Angelo).

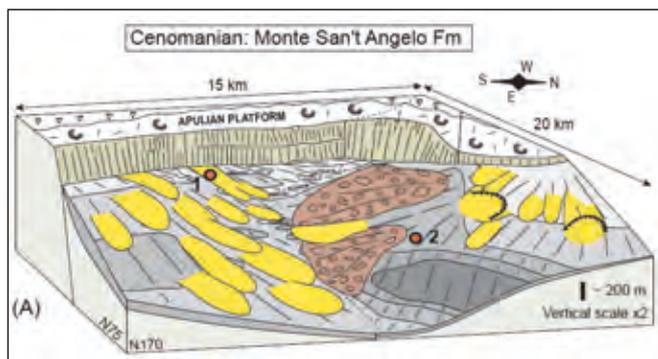


Figura 10 - Ricostruzione paleogeografica schematica dell'area di deposizione dei Calcari di Monte S. Angelo durante il Cretaceo Superiore (Hairabian *et al.*, 2015). Le lingue gialle rappresentano dei corpi sabbiosi bioclastici derivanti dal dominio di piattaforma occidentale, mentre le lingue marroni rappresentano corpi di megabrecce intraformazionali.



Figura 11 - Resti di conifera (*Sequoia concinna?*) e piccolo pesce nell'intervallo pelagico del Santoniano superiore della Formazione di Monte Acuto rinvenuti nell'area di Apricena (Foto P. De Cosmo, 2002).



Figura 12 - Tipico aspetto della Maiolica lungo la costa orientale del Gargano (Baia delle Zagare) in cui intervalli normalmente stratificati sono interrotti da spettacolari pieghe intraformazionali (*slumpings*) (Foto M. Morsilli, 2014).

### Le unità di scarpata

**RRF-** Formazione di Ripe Rosse (Kimmeridgiano p.p.- Valanginiano p.p.). Questa unità, denominata precedentemente Formazione di Casa Varfone (Bosellini & Morsilli, 1994), è costituita da *rudstone* bioclastici, breccie a Stromatoporoidi, e da *grainstone* gradati interdigerati con *mudstone-wackestone* con selce. I clasti sono dati principalmente da frammenti di *Ellipsactinia*, *Sphaeractinia*, Stromatoporoidi e Coralli. I rapporti geometrici visibili direttamente sul terreno supportano l'interpretazione che

questa unità costituisca una successione di scarpata clinostratificata (da prossimale a distale), connessa fisicamente ai Calcari di Monte Sacro (Fig. 8).

**MTT-** Calcari di Mattinata (Valanginiano p.p. - Albiano superiore). È una successione carbonatica di scarpata e base-scarpata, ricca di depositi gravitativi (calcitorbiditi, breccie), a tratti con clasti di dimensione pluridecimetrica (es. presso Monte degli Angeli), intercalati a calcari micritici con selce (Luciani & Cobianchi, 1994; Cobianchi *et al.*, 1997; Morsilli, Hairabian, *et al.*, 2017). La sezione tipo è esposta vicino all'abitato di Monte S. Angelo, lungo la strada della Val Carbonara-S. Giovanni Rotondo. Questa unità è stata divisa recentemente in un membro inferiore di età Valanginiano p.p. e Aptiano inf. e uno superiore Aptiano p.p.- Albiano sup. (Morsilli, Hairabian, *et al.*, 2017).

**MSA-** Calcari di Monte S. Angelo (Albiano superiore-Turoniano inferiore). Nell'area di Monte S. Angelo è costituita da corpi di megabrecce con blocchi e clasti plurimetri derivanti dallo smantellamento del margine del Cretaceo Inferiore (Fig. 9). Nell'area di Ischitella-Vico, breccie e calcitorbiditi gradate sono intercalate a calcari pelagici. Lo spessore, variabile tra le due aree, può raggiungere i 200 m. Questa formazione rappresenta l'accumulo sedimentario al piede della scarpata derivante da estesi collassi del margine della piattaforma per frane sottomarine (Bosellini *et al.*, 1993b, 1999; Neri & Luciani, 1994; Morsilli *et al.*, 2004), probabilmente in relazioni a fasi tettoniche e allo sviluppo di faglie di crescita sepolte dai risedimenti di margine (Masse & Borgomano, 1987; Borgomano & Philip, 1989; Borgomano, 2000; Hairabian *et al.*, 2014, 2015; Morsilli, Hairabian, *et al.*, 2017) (Fig. 10).

**ACU-** Calcari di Monte Acuto (Turoniano medio-Daniano p.p.). Questa formazione è data da associazioni di facies che si sono depositate in un contesto di scarpata, base-scarpata (Bernoulli, 1972; Bosellini *et al.*, 1993b, 1999; Neri, 1993; Neri & Luciani, 1994; Borgomano, 2000; Morsilli *et al.*, 2004; Hairabian *et al.*, 2015). Le litofacies sono date da calcari micritici bianchi con selce alternati a calcitorbiditi bioclastiche grossolane, breccie e megabrecce con clasti sia di piattaforma sia di scarpata-bacino. I Calcari di Monte Acuto sono stati divisi in cinque unità da Neri (1993), mentre recentemente Morsilli *et al.* (2017) suddividono questa formazione in tre membri, rispettivamente membro di Navarra inferiore e superiore e membro di Caramanica, dominati da risedimenti di vario tipo e divisi tra di loro da intervalli a sedimentazione pelagica. Un piccolo lembo di questa unità con breccie e calcitorbiditi ricoperti da calcari pelagici è stato trovato nei pressi di Apricena in discordanza sui Calcari di Altamura (Luperto Sinni & Borgomano, 1994; Morsilli, 2004). Nelle litofacies pelagiche è presente una ricca e variegata flora (conifere e angiosperme) del Santoniano superiore associata ad alcuni pesci (Fig.11) (De Cosmo & Morsilli, 2002; Morsilli *et al.*, 2003; Taverne & De Cosmo, 2008).

*Le unità di bacino*

**MAI-** Maiolica (Titoniano-Aptiano inf.). Questa formazione è una delle unità bacinali del Giurassico superiore-Cretaceo inferiore meglio conosciute dell'intera area Mediterranea (Bernoulli, 1972). Essa consiste di calcari micritici bianchi, in strati sottili, con liste e noduli di selce ricchi in Calpionellidi e *Nannoconus* (Bosellini & Morsilli, 1997; Morsilli, 1998; Bracco Gartner *et al.*, 2002). Nella parte Hauteriviana-Valanginiana la Maiolica presenta locali accumuli di brachiopodi (Posenato & Morsilli, 1999). Piegamenti intraformazionali (*slumpings*) (Morsilli & Moretti, 2011) (Fig. 12), superfici di troncatura e dicchi sedimentari sono le caratteristiche più comuni di questa formazione (Morsilli *et al.*, 2004), il cui modellamento da luogo alle splendide morfologie costiere del Gargano tra Vieste e Mattinata.

**FUC-** Marne a Fucoidi (Aptiano inf. – Albiano sup.). Quest'unità litostratigrafica è costituita da strati sottili di calcari micritici, marne e argille verdastre con liste e noduli di selce. Frequenti intervalli anossici sono marcati da *black shales* (Cobianchi *et al.* 1997). Raggiunge uno spessore massimo di circa 120 m nel Gargano settentrionale e affiora in una fascia compresa tra Vieste e Ischitella (Morsilli, 1994; Bosellini & Morsilli, 2001). Questa unità rappresenta un periodo di scarsa produzione in piattaforma, probabilmente legata agli eventi anossici oceanici (OAE) che caratterizzano questo intervallo di tempo (Cobianchi *et al.*, 1997; Bosellini *et al.*, 1999; Graziano, 2000; Luciani *et al.*, 2001, 2006, 2007).

**SCA-** Scaglia (Cenomaniano-Paleocene p.p.). Quest'unità è molto simile alla Maiolica ed è costituita da strati sottili di calcari micritici, leggermente farinosi, con liste e noduli di selce rossastra. Il faraglione di Pizzomunno e parte della falesia della vecchia Vieste sono costituiti da questa unità (Fig. 13) su cui giace in discordanza la Formazione di Peschici (Morsilli *et al.*, 2004).

*Le successioni Cenozoiche*

Le unità più recenti le condizioni di affioramento non permettono una ricostruzione completa degli ambienti di sedimentazione, ma sono associabili a piccole piattaforme o porzioni di rampa carbonatica.

*Sequenza di Monte Saraceno (Luteziano medio-sup.-Bartonianiano p.p.)*

Questa sequenza (Fig. 5) è costituita da varie facies prevalentemente di scarpata e bacino (Bosellini *et alii*, 1993a, 1993b, 1999; Adams *et al.* 2002; Guido *et al.* 2009). Le unità che costituiscono tale sequenza affiorano in due aree distinte, la prima è localizzata nel Monte Saraceno, poco a sud di Mattinata, mentre l'altra affiora in un'estesa area compresa tra Vieste e Peschici (Fig. 2):

**GRT - megabreccia del Grottone.** Questa unità affiora esclusivamente nell'area di Monte Saraceno. I vari corpi canalizzati di megabreccia hanno clasti con dimensioni max di circa 1-2 m con litologie molto varie e ricchi in numerose specie fossili quali echinodermi, nummuliti, alveoline, bivalvi, gasteropodi ecc.; rari invece i clasti con coralli e rudiste (Bosellini & Neri, 1995). Lo spessore di questa unità varia da 50 a circa 100 m. L'età di questa formazione non è ancora ben definita, in ogni caso nella parte alta sono presenti delle faune bentoniche del Luteziano (Bosellini & Neri, 1995).

**PES - formazione di Peschici.** Questa unità affiora esclusivamente nella parte nord-orientale del Gargano (Fig. 2) ed è costituita da una spessa successione (circa 350 m) di calcitorbiditi e breccie gradate alternate a calcari micritici pelagici ricchi di foraminiferi planctonici, spesso intensamente bioturbati e anche con tracce fossili legata all'attività di pesci (Belvedere *et al.*, 2011). I risedimenti, intercalati ai depositi pelagici, indicano un tipico ambiente di scarpata, base scarpata (Bosellini *et al.*, 1993a, 1993b, 1999; Pasculli *et al.*, 2008; Cotecchia *et al.*, 2009; Martino & Mazzanti, 2014).

**CPR - calcari della Punta Rossa.** Questa unità è costituita da calcari micritici farinosi sottilmente stratificati, con intercalate calcitorbiditi in strati da pochi fino a 20-30 cm. Numerose sono le discordanze interne (*slump scars*) visibili in affioramento. Questa unità passa lateralmente a depositi di scarpata denominati calcareniti di Coppa d'Apolito (Bosellini & Neri, 1995; Adams *et al.*, 2002; Guido *et al.*, 2011).

**CNS - calcareniti nummulitiche di Monte Saraceno.** Questa unità è costituita da brecciole e calcareniti grossolane ricche in grandi nummuliti e discocycline, alternate a calcareniti bioclastiche giallastre con spessore di circa 20-



Figura 13 - Fotomosaico della falesia della vecchia Vieste in cui è spettacolarmente esposto il contatto disconforme tra la Formazione di Peschici (Luteziano) che giace in onlap sulla sottostante Scaglia (Coniaciano). La lacuna stratigrafica associata è di circa 45 Ma (Foto M. Morsilli, 2012).

25 m (Bosellini & Neri, 1995). Al di sopra delle calcareniti nummulitiche di Monte Saraceno, con una superficie di emersione marcata da *Microcodium* sp. (Adams *et al.*, 2002), affiorano dei corpi massivi ricchi di coralli, interpretati come piccoli *patch-reefs* (Bosellini *et al.*, 1999).

*Sequenza di Grotta San Michele (Chattiano p.p.-Aquitaniiano p.p.)*

Questa sequenza (Fig. 14) è costituita da una sola formazione con caratteri abbastanza omogenei nell'area tipo (Cagnano Varano – Grotta S. Michele) dove affiora in alcuni lembi a tratti discontinui (Morsilli, Bosellini, *et al.*, 2017).

**SMH- calcari di Grotta S. Michele:** affiora con spessore massimo di circa 28 m nella località omonima ed è costituita da calcari micritici con abbondanti coralli coloniali e alghe rosse, spesso bioerose. L'età di questa unità è Chattiano p.p.-Aquitaniiano (Morsilli, 2005b; Morsilli & Noferini, 2005). Il limite inferiore di quest'unità è fortemente erosivo sul substrato mesozoico, spesso marcato da tasche metriche con riempimenti di terre rosse. Il limite superiore è in parte erosivo e in parte paraconcordante con la formazione di Torre Rossa. I calcari di Grotta San Michele rappresentano una nuova unità stratigrafica che documenta per la prima volta la presenza in Gargano dell'Oligocene superiore (Morsilli, 2005). Nonostante la presenza di coralli, la tessitura testimonia degli ambienti

di media e bassa energia. In queste condizioni, corrispondenti a zone a profondità superiori alla base d'onda (condizioni mesofotiche), i biocostruttori creavano dei locali accumuli e non una barriera vera e propria (Morsilli, Bosellini, *et al.*, 2017).

*Sequenza di Santa Marena (Burdigaliano p.p.-Tortoniano superiore p.p.)*

Questa sequenza (Fig.14) (Morsilli, Bosellini, *et al.*, 2017) è costituita da varie formazioni che affiorano in aree molto ristrette sia sui bordi del Gargano che al suo interno (es. Pantano di S. Egidio) (Borsetti *et al.*, 1970; D'Alessandro *et al.*, 1979; Casolari *et al.*, 2000; Morsilli, 2005b; Morsilli, Bosellini, *et al.*, 2017).

**TRF- formazione di Torre Rossa:** affiora in diverse aree del Gargano nord ed è costituita prevalentemente da calcareniti e calciruditi da fini a grossolane di colore rosato, arancio o grigio verde (*packstone* e *grainstone*, a tratti *rudstone*), ben cementate, ricche in bioclasti, intraclasti (grani glauconitici-fosfatici) e foraminiferi bentonici (*Amphistegina* sp., *Heterostegina* sp.), in strati di spessore variabile da 30/40 a 80/100 cm, fino a banchi di circa 2-3 m. Questa formazione presenta dalla base verso il tetto le seguenti litofacies: banco basale (1-3 m) costituito quasi esclusivamente da grandi bivalvi; intervallo di *grainstone-rudstone* con abbondanti echinodermi (scutelle); *packstone* medio-grossolani ricchi in grani glauconitici, briozoi e

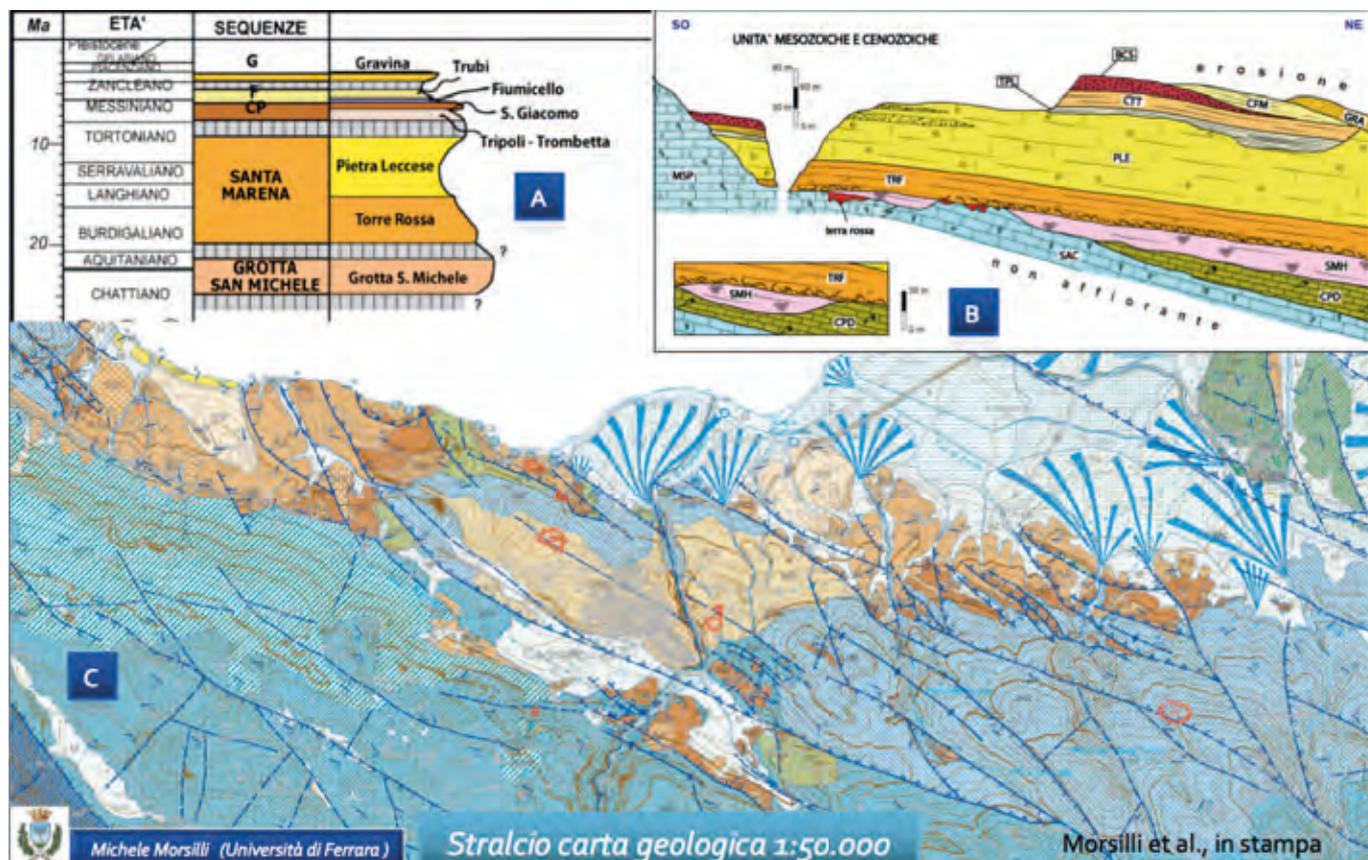


Figura 14 - A) Schema cronostratigrafico delle successioni Paleogeniche e Neogeniche. B) Schema dei rapporti stratigrafici ricostruibili nella parte settentrionale del Gargano. C) Stralcio della nuova carta geologica alla scala 1:50.000 Foglio "Vico del Gargano" (da Morsilli *et al.* in stampa).

foraminiferi bentonici; e al tetto *packstone* fini con foraminiferi planctonici, che rappresentano la facies di transizione alla sovrastante pietra leccese (Morsilli, Bosellini, *et al.*, 2017). L'età di questo deposito sarebbe confinata tra il Burdigaliano inferiore e il Langhiano inferiore (Casolari *et al.*, 2000; Morsilli, 2005). La deposizione di questa unità rappresenta un cambio da associazioni di tipo *Chlorozoan* ad associazioni di tipo *Foramol* legata probabilmente ad un eccesso di nutrienti.

**PLE- pietra leccese:** affiora in diverse aree del promontorio e rappresenta l'unità miocenica con maggiore potenza (circa 60-80 m). Quest'unità, corrispondente alle calcareniti di Apricena (Borsetti *et al.*, 1970; Cremonini *et al.*, 1971), è costituita da calcareniti bioclastiche alternate a calcari ricchi di foraminiferi planctonici di piattaforma aperta, datate al Langhiano superiore-Tortoniano superiore (Borsetti *et al.*, 1970; Cremonini *et al.*, 1971; Casolari *et al.*, 2000). Le biocalcareniti frequentemente bioturbate presentano verso il tetto strutture sedimentarie di alta energia. Il limite superiore è marcato da un'estesa erosione della pietra leccese su cui si impostano le prime due unità della sequenza successiva. In altre aree il limite è paraconcordante con i depositi delle brecce e conglomerati di San Giacomo.

*Sequenza di Costa del Pozzone (Messiniano inferiore p.p.-Messiniano superiore p.p.)*

Questa sequenza (Morsilli, Bosellini, *et al.*, 2017) è costituita da tre formazioni. Le prime due affiorano nella località omonima e in prossimità di S. Giacomo nei pressi del Lago di Varano, mentre l'ultima affiora in diverse aree lungo i bordi del rilievo garganico.

**TPL- Tripoli:** questa unità affiora nell'area di Cagnano (Costa del Pozzone) con spessori di circa 10-15 m, dove sono presenti calcari marnosi, diatomiti e marne porcellanacee. Sulla base della abbondante presenza di ostracodi è possibile datare questa unità al Messiniano inferiore (Morsilli, 2005).

**TRE- calcari di Trombetta:** questa unità affiora nell'area di Cagnano ed è costituita da *packstone-grainstone* bioclastici e a peloidi con frequenti laminazioni incrociate (*ripples-hummocky cross lamination*). Quest'unità, correlabile alla formazione di Cattolica, membro Calcare di Base del Gruppo Gessoso-Solfifera, sarebbe ascrivibile al Messiniano superiore e testimonierebbe l'inizio della crisi del Messiniano (Morsilli, 2005b; Morsilli, Bosellini, *et al.*, 2017).

**BCS- brecce e conglomerati di San Giacomo:** questa unità è costituita da conglomerati e brecce in matrice sabbiosa rossastra, con spessori variabili da pochi metri a 50-70 m. I clasti e ciottoli derivano sia dalle varie unità del substrato mesozoico che dalle precedenti unità mioceniche. Questa unità rappresenta una fase di emersione generalizzata con la creazione di estesi corpi di conoide alluvionale e delta-conoide (Morsilli & Furlanis, 2005). Molto probabilmente, insieme al tetto dei calcari di Trombetta rappresenta l'equivalente temporale dei

depositi evaporitici legati alla crisi di salinità messiniana (Morsilli, 2005). In particolare, questa unità potrebbe essere equivalente alla formazione Pasquasia, membro fanglomerati, del Gruppo Gessoso-Solfifera (Morsilli, Bosellini, *et al.*, 2017).

*Sequenza di Fiumicello (Messiniano superiore p.p.-Pliocene inferiore p.p.)*

Questa sequenza affiora sia nella parte nord del Gargano che nei pressi di Apricena (Morsilli, Bosellini, *et al.*, 2017).

**CFM- calcari di Fiumicello:** è costituita da calcareniti bioclastiche spesso laminate, calcari marnosi giallastri e marne argillose con spessore affiorante di 20-30 m. In alcuni di questi intervalli sono presenti laminazioni convolute interpretate come sismite (Morsilli, 2005a; Morsilli & Moretti, 2007, 2009). La posizione stratigrafica e l'assenza di organismi pliocenici al suo interno fa ritenere questa unità il termine finale della crisi messiniana, corrispondente alla nota unità "Lago-Mare" (Cosentino *et al.*, 2005; Orszagsperber, 2006; Marzocchi *et al.*, 2016).

**2- Trubi:** Questa unità è stata riconosciuta finora solo nell'area di Apricena-Poggio Imperiale in alcune trincee di accesso alle cave. E' costituita da calcareniti giallastre in strati sottili ricchi in foraminiferi planctonici. Sulla base dell'associazione fossile presente è stata datata al Pliocene inferiore (Valleri, 1984; Pavia *et al.*, 2010).

*Sequenza del Lago di Varano (Pliocene medio-superiore)*

Questa sequenza affiora in diversi punti del Gargano sia nella parte nord che lungo le pendici meridionali ed occidentali.

**GRA- calcarenite di Gravina:** è costituita da calcareniti bioclastiche giallastre con grossi frammenti o gusci di bivalvi. Spesso sono estremamente bioturbate con la presenza di tracce organismi fossatori (*burrows*). Questa unità corrisponde alla formazione del Lago di Varano di Cremonini *et al.* (1971). Al pari della pietra leccese è una facies comune a diverse aree del territorio pugliese (Pomar & Tropeano, 2001; Mateu-Vicens *et al.*, 2008), ed è l'ultima unità carbonatica che si deposita nel territorio garganico prima dell'arrivo dei depositi silicoclastici del Pliocene superiore – Calabrian (sabbie di Serracapriola) (Boni *et al.*, 1969).

Per brevità non vengono trattati i depositi quaternari si rimanda alle note illustrative dei fogli in stampa alla scala 1:50.000 del Gargano.

## 2. TETTONICA ED ASSETTO STRUTTURALE

Dal punto di vista strutturale il Gargano rappresenta l'area di avampaese del sistema orogenico dell'Appennino meridionale. Ma, rispetto ad una tipica area di avampaese, che per definizione dovrebbe essere un'area poco deformata e sismicamente inattiva, presenta delle peculiarità geofisiche e strutturali del tutto anomale, responsabili dell'attuale assetto strutturale e dell'elevata sismicità (Mongelli & Ricchetti, 1970; Ricchetti & Mongelli,

1980; Favali *et al.*, 1993; Doglioni *et al.*, 1994; Gambini & Tozzi, 1996; Nicolai & Gambini, 2007; Etta Patacca *et al.*, 2008; Argnani *et al.*, 2009; Amato *et al.*, 2014). In generale il Promontorio del Gargano è piegato e fagliato a formare una blanda anticlinale con asse disposto all'incirca N60°O e leggera immersione verso NO. I fianchi di questa estesa anticlinale presentano delle inclinazioni variabili da pochi gradi fino a 25°-35° (Fig. 2).

Sulla base delle indagini macro e microstrutturali, alcuni Autori che si sono occupati della tettonica del Gargano (Guerricchio, 1983, 1986, Ortolani & Pagliuca, 1987, 1988; Guerricchio & Wasowski, 1988; Funicello *et al.*, 1990; Ricchetti *et al.*, 1992; Bertotti *et al.*, 1999; Chilovi *et al.*, 2000; Billi, 2003; Patacca & Scandone, 2004; Brankman & Aydin, 2004; Milano *et al.*, 2005; Tondi *et al.*, 2005; Billi *et al.*, 2007; Argnani *et al.*, 2009) hanno diviso l'area garganica in diverse zone o blocchi morfologico-strutturali, al cui interno i dati raccolti (tipo e orientamento del piano di faglia, strie meccaniche, clivaggio, *jointing* ecc.) risultano riconducibili ad un determinato *trend* (Fig. 15). Le varie lineazioni possono essere raggruppate in tre sistemi principali: 1) orientamento NO-SE (appenniniche); 2) orientamento E-O (garganiche); 3) orientamento NE-SO (antiappenniniche).

Le faglie ad orientamento NO-SE risultano maggiormente sviluppate ed interessano quasi tutti i settori del promontorio. Molte di queste faglie, secondo Bertotti *et al.* (1999), corrisponderebbero a superfici di sovrascorimento e/o di retroscorimento. Le numerose superfici ad alto angolo orientate NO-SE sono spesso parallele al piano assiale delle pieghe maggiori.

Le faglie ad orientamento E-O assumono notevole importanza nel contesto strutturale garganico, in quanto la maggiore rappresentante di questa categoria corrisponde

alla ormai famosa "Faglia di Mattinata" (Funicello *et al.*, 1990; Favali *et al.*, 1993; Salvini *et al.*, 1999; Brankman & Aydin, 2004; Piccardi, 2005; Tondi *et al.*, 2005; Billi *et al.*, 2007; Argnani *et al.*, 2009), anche nota in letteratura come faglia di Valle Carbonara (Martinis, 1965; Martinis & Pavan, 1967; Cremonini *et al.*, 1971; Guerricchio & Wasowski, 1988); faglia sud-Garganica (Selli & Zecchi, 1981); Gargano Fault (Finetti, 1982; Finetti *et al.*, 1989); allineamento S. Marco in Lamis-Monte S. Angelo (Ciaranfi *et al.*, 1983); linea di Gondola in *offshore* (De Dominicis & Mazzoldi, 1989; Colantoni *et al.*, 1990; Tramontana *et al.*, 1995). Nonostante questa sia una delle faglie maggiormente studiate esistono pareri contrastanti sul tipo e senso di movimento (Billi, 2003; Borre *et al.*, 2003; Patacca & Scandone, 2004; Tondi *et al.*, 2005; Billi *et al.*, 2007; Argnani *et al.*, 2009). In ogni caso si tratta di una struttura complessa e che probabilmente ha agito in diversi modi rispetto agli sforzi applicati (Chilovi *et al.*, 2000; Tondi *et al.*, 2005). Favali *et al.* (1993) sostengono che la Faglia di Mattinata e quella delle Tremiti siano delle trascorrenti destre ancora attive e attribuiscono a queste strutture la sismicità recente dell'area garganica. Al contrario Funicello *et al.* (1991, 1992) sostengono che non ci siano evidenze di una tettonica trascorrente recente lungo la Faglia di Mattinata, e che i numerosi terremoti superficiali e profondi siano da mettere in relazione a faglie distensive orientate in vario modo (E-O; NE-SO; NO-SE). Anche in *offshore* mancherebbero evidenze di un'attività recente (de Alteriis, 1995), in quanto i depositi pleistocenici ricoprenti questa struttura (Linea di Gondola), che nelle sezioni sismiche assume la tipica forma a ventaglio (*flower structure*), risultano indisturbati (Colantoni *et al.*, 1990). Tondi *et al.* (2005), suggeriscono che la Faglia di Mattinata sia una struttura sismogenetica



Figura 15 - Immagine Landsat TM del Gargano con le principali lineazioni tettoniche visibili e i centri abitati (da Morsilli, 1998).

attiva e che ci siano evidenze di movimenti trascorrenti destri recenti con subordinati movimenti *dip-slip*.

Le superfici orientate NE-SO sono tipicamente subverticali e presentano un'estensione molto ridotta. Soltanto raramente hanno evidenze di movimento e sono state associate da Bertotti *et al.* (1999) a clivaggio di piano assiale formatosi durante una blanda fase di raccorciamento NO-SE. Brankman & Aydin (2004) descrivono solo due sistemi di faglie con orientamento E-O e NO-SE. Il primo sistema corrisponde a faglie trascorrenti sinistre ben evidenti nella parte meridionale, come la Faglia di Mattinata e di Rignano, altre solo ipotizzate nella parte settentrionale in base ad evidenze indirette, come l'andamento della linea di costa e le intrusioni ignee di Punta delle Pietre Nere (cf. Bigazzi *et al.*, 1996). Il secondo sistema è costituito da faglie inverse, con zone di deformazione ristrette. L'intersezione di questi sistemi di faglie, dove visibile, indica che le strutture orientate NO-SE terminano contro quelle orientate E-O o confluiscono in queste ultime. Questa relazione indicherebbe che le faglie inverse sono geneticamente legate al movimento trascorrente sinistro delle faglie E-O. Patacca & Scandone (2004), attraverso un dettagliato studio sulle successioni sepolte nell'alto Tavoliere delle Puglie basato su dati sismici e di pozzo, documentano la presenza di numerose faglie legate in parte alla struttura del promontorio garganico. In particolare riconoscono delle faglie normali con direzione NO-SE, faglie verticali disposte NE-SO, faglie transpressive ad alto angolo e faglie dirette entrambe orientate ONO-ESE. Tondi *et al.* (2005), in base ad uno studio basato su dati strutturali, geomorfologici e paleosismici sull'intera struttura della Faglia di Mattinata, evidenziano la presenza di tre principali sistemi di faglie. Il primo ad orientamento NO-SE è costituito prevalentemente da faglie normali, il secondo con direzione all'incirca N-S mostra caratteri trascorrenti sinistri e transtensivi, mentre l'ultimo sistema ad orientamento E-O include principalmente faglie trascorrenti destre. Queste strutture indicherebbero un campo di stress con asse *s* suborizzontale orientato all'incirca NO-SE. Inoltre, sulla base delle giaciture degli strati affioranti lungo i lembi della Faglia di Mattinata individuano due sistemi di pieghe. Il primo con asse disposto NO-SE, successivamente ripiegato e distorto da una seconda ge-

nerazione di pieghe con asse orientato NE-SO.

Anche dal punto di vista dell'assetto generale il Gargano viene interpretato in vari modi. Finetti (1982) asserisce che il Gargano è probabilmente una struttura di tipo *diapir-like* generata da movimenti orizzontali, con faglie di taglio e trascorrenti associate a livelli evaporitici triassici (Anidriti di Burano), affioranti in superficie alla Punta delle Pietre Nere. L'interpretazione strutturale fornita da Guerricchio (1983, 1986), basata sullo studio di immagini da satellite, tenta di spiegare alcune delle caratteristiche sia morfologiche che strutturali presenti nel Gargano. Infatti, l'area centro-occidentale, che a parità di litologie affioranti presenta uno spiccato carsismo, sarebbe il risultato di un'azione tettonica più intensa, derivante dallo "strizzamento" di questo blocco, circondato da settori meno deformati. La divisione in blocchi sarebbe esplicita da tre faglie trascorrenti principali e dalla faglia del Torrente Candelaro, che delimita il Gargano dal Tavoliere delle Puglie con direzione all'incirca NO-SE. Inoltre, interpreta alcuni piccoli bacini o aree pianeggianti (es. Pantano di S. Egidio) all'interno delle zone montuose, come bacini di *pull-apart*. Ortolani & Pagliuca (1989), considerano la parte centrale del Gargano come un "cuneo di espulsione", legato alle spinte compressive dinariche (Eocene-Oligocene), che avrebbero prodotto delle faglie inverse con rigetti di alcune centinaia di metri e strutture plicative con assi in direzione E-O. Funciello *et al.* (1992), asseriscono che l'assetto strutturale del Gargano sia il risultato di una tettonica essenzialmente fragile, impostata su vecchie superfici di debolezza riattivate in più fasi, con movimenti trascorrenti intervallati ad una tettonica distensiva. In questo contesto, l'inarcamento subito dal promontorio garganico può essere spiegato facendo riferimento a una struttura di avampaese localizzata in prossimità di un sistema catena-avanfossa e sottoposta a compressione tangenziale. Bertotti *et al.* (1999), attraverso uno studio comparato tra geologia strutturale e stratigrafia delle unità neogeniche, ipotizzano la presenza di importanti raccorciamenti (> di 10 km) che si esplicano attraverso pieghe e sovrascorrimenti a vergenza sud-occidentale, con limitati retroscorrimenti (Fig. 16). Questi raccorciamenti e la vergenza delle strutture rilevate, suggeriscono una connessione cinematica con la

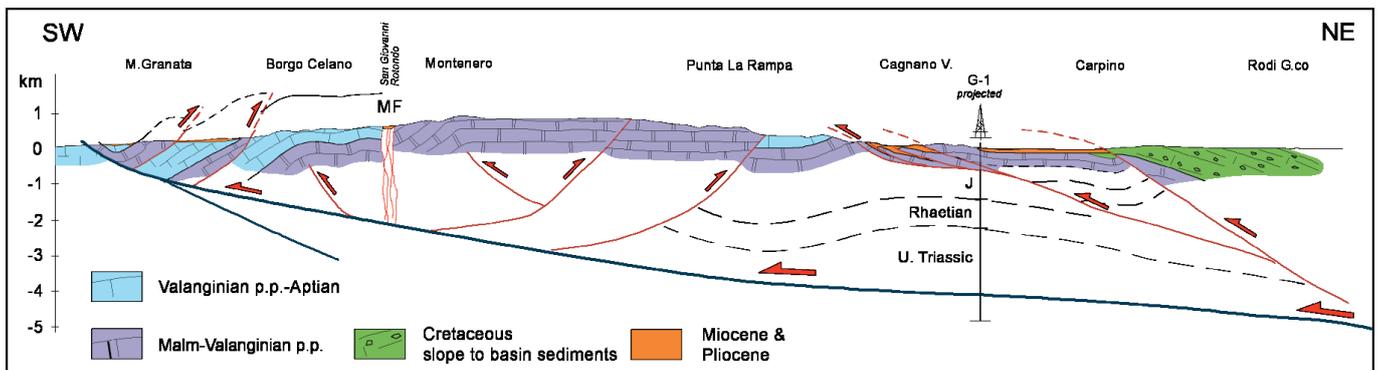


Figura 16 - Sezione geologica del Gargano orientata in senso SW-NE (da Bertotti *et al.*, 1999).

catena Dinarica piuttosto che con quella Appenninica. Brankman e Aydin (2004) analizzando a scala regionale l'intero promontorio riconoscono anche loro una struttura anticlinale con asse in direzione all'incirca N60°W immergente verso nord-ovest. Billi *et al.* (2007), considerano il Gargano come un'area strutturalmente e topograficamente molto complessa, derivante da strutture transpressive sinistre, faglie *strike-slip* e pieghe con *strike* orientato in direzione NO e O. In generale considerano il Gargano come un'estesa anticlinale orientata in senso WNW-ESE tagliata da faglie ad alto angolo e disposte secondo strutture a fiore positive. Queste strutture contrazionali sarebbero collegate al sistema *fold-& thrust belt* appenninico e dinarico-albanese.

Anche per quanto riguarda le varie fasi tettoniche esistono pareri discordanti, sia sul tipo di evoluzione che sulle età dei movimenti.

Alcuni Autori sostengono l'esistenza di fasi tettoniche mesozoiche che avrebbero pilotato l'evoluzione sedimentaria del Gargano (Masse & Borgomano, 1987; Neri, 1993; Borgomano, 2000; Chilovi *et al.*, 2000; Graziano, 2000; Morsilli, 2004; Hairabian *et al.*, 2015). Martinis (1965) e Cremonini *et al.* (1971), imputano ad una fase compressiva cretacea l'assetto anticlinale del promontorio, mentre De Dominicis & Mazzoldi (1989), riferiscono che in *offshore* la tettonica ha influito su questa porzione di piattaforma fin dal Giurassico medio, con faglie anche a carattere trascorrente impostate in corrispondenza degli "alti diapirici" e responsabili dello smembramento in vari blocchi e dell'evoluzione sinsedimentaria della Piattaforma Apula. Altre fasi si sarebbero succedute nel Cretaceo, nell'Eocene e nel Pliocene inferiore. Argnani *et al.* (1996), in base ad uno studio effettuato su numerosi profili sismici e pozzi di esplorazione nel Mar Adriatico, sostengono che la tettonica distensiva, imputabile alla fase di *rifting*, abbia agito fino al Cretaceo inferiore, mentre l'architettura del margine della piattaforma dopo questo periodo sarebbe il prodotto di processi sedimentari. Durante il Cenozoico suggeriscono lo sviluppo di una tettonica di inversione legata a *stress* intraplacca. Ciaranfi & Ricchetti (1980), nello studio eseguito per la elaborazione della carta neotettonica d'Italia, individuano diverse fasi tettoniche nell'intervallo Pliocene-Olocene. La prima fase, iniziata nel Pliocene inferiore, sarebbe responsabile dell'emersione di quasi tutto il promontorio, che in questo periodo assume il ruolo di "avampaese instabile". La seconda fase, coincidente con il Pliocene medio e Pliocene superiore, avrebbe attivato la maggior parte degli allineamenti di faglia presenti nel Gargano. Nella terza fase (Pleistocene), continua la tendenza al sollevamento dell'intero promontorio. Nella quarta fase (Olocene), prosegue il sollevamento dell'area testimoniato sia da depositi di spiaggia sollevati fino a 10 m (Ciaranfi *et al.*, 1983), che dalla reincisione di piane alluvionali. Inoltre, in questo periodo si sarebbero formati i "cordoni" sabbiosi del Lago di Lesina e Varano. L'attività di alcune faglie in questa fase sarebbe testimoniata dai terremoti storici, ge-

nerati lungo degli allineamenti sviluppati principalmente in direzione E-O e mostranti una certa ciclicità (Suhadolc *et al.*, 1982). Ortolani & Pagliuca (1989) attribuiscono le varie strutture ad una tettonica compressiva polifasica, attiva tra l'Eocene-Oligocene ed il Pliocene medio. Le prime fasi eoceniche-oligoceniche sarebbero collegate alle ultime fasi tettoniche delle Dinaridi esterne, caratterizzate da sforzi principali orientati N-S. Al contrario, la tettonica pliocenica, caratterizzata da sforzi compressivi principali orientati ENE-OSO, sarebbe da mettere in relazione alla tettonica appenninica, che avrebbe ripreso ed accentuato le deformazioni createsi nella fase precedente. Anche recentemente l'area garganica sarebbe stata sottoposta ad un campo di *stress* orientato ENE-OSO. Bertotti *et al.* (1999), analizzando i rapporti tra tettonica e sedimentazione neogenica, dimostrano la presenza di un'importante fase deformativa che inizierebbe nel Langhiano, attraverso un raccorciamento dato da pieghe e sovrascorrimenti a direzione NO e vergenza verso SO, e persisterebbe fino al Pliocene medio. Durante il Pliocene medio, o durante il Pliocene superiore, l'area garganica sarebbe stata oggetto di un blando raccorciamento in senso NO-SE. Billi & Salvini (2000), sulla base dei dati strutturali rilevati e delle unità stratigrafiche coinvolte nei processi tettonici, sostengono che l'attività lungo le principali faglie nell'area meridionale garganica si sia esplicitata esclusivamente dopo il Miocene. Brankman & Aydin (2004) ipotizzano che la deformazione delle successioni garganiche, legata alla strutturazione della catena appenninica, sia iniziata nel Miocene superiore, o subito dopo, e che sia continuata nel Pliocene e forse nel Pleistocene in base alla presenza di possibili terrazzi marini lungo la costa orientale del Gargano. Patacca & Scandone (2004) in base alle deformazioni delle unità neogeniche visibili in numerose sezioni sismiche dell'area di Apricena documentano varie fasi di attività dal Pliocene superiore fino al recente. In particolare, suggeriscono che una delle maggiori faglie dirette presenti orientata in senso ONO-ESE e con rigetto superiore a 500 m, denominata Faglia di Apricena, sia la struttura sismogenetica di uno dei maggiori terremoti distruttivi che ha interessato la Capitanata ed il Gargano nel 1627. Tondi *et al.* (2005), relativamente alla Faglia di Mattinata e alle strutture ad essa associate, suggeriscono una prima fase deformativa trascorrente sinistra durante il Miocene superiore e il Pleistocene medio responsabile dello sviluppo e della crescita di questa struttura, successivamente dal Pleistocene medio (0,65 Ma) fino ad oggi, un'inversione del campo di *stress* avrebbe prodotto dei movimenti destri lungo alcuni segmenti della Faglia di Mattinata stimabili in 0,7-0,8 mm/anno e responsabili di un rigetto cumulativo di circa 120-160 m. Billi *et al.* (2007) distinguono 4 fasi principali di movimento: 1) fase distensiva meso-paleocenica; 2) fase transpressiva del Miocene medio-sup.; 3) fase con faglie trascorrenti del Pliocene medio sup.; 4) fase quaternaria con faglie estensive o transtensive sinistre.

Anche se testimonianze di fasi tettoniche cretache

ed eoceniche sono state documentate in varie parti del Gargano, fino al Miocene inferiore questo promontorio non era stato ancora interessato da importanti dislocazioni e non aveva ancora assunto la morfologia attuale (Bertotti *et al.*, 1999). Questo è testimoniato dalla presenza di sedimenti marini miocenici a quote anche di 500 metri rispetto al livello marino attuale. Questi sedimenti affiorano in numerose località del Gargano come nel Pantano di S. Egidio nei pressi di San Giovanni Rotondo (Borsetti *et al.*, 1970; D'Alessandro *et al.*, 1979; Casolari *et al.*, 2000; Morsilli, 2000a) e a Poggio La Marrella vicino Cagnano Varano (Morsilli, 1998). Secondo Bertotti *et al.* (1999), durante il Miocene superiore inizia ad abbozzarsi la struttura dell'odierno Promontorio con la formazione di pieghe e sovrascorrimenti, mentre il sollevamento vero e proprio inizia nel Pliocene inferiore con lo sviluppo di faglie normali ad andamento NE-SO.

Anche attualmente il Gargano è interessato da movimenti tettonici, lo testimoniano i numerosi terremoti che hanno interessato il Promontorio e le zone limitrofe, alcuni dei quali catastrofici come quello del 30 luglio 1627 (Magnitudo 6.1), del 31 maggio 1646 (M 5.5), del 20 marzo 1731 (M 5.9); del 10 agosto 1893 (M 5.5), del 25 agosto 1925 (M 5.4) (Salvini *et al.*, 1999; Salvi *et al.*, 1999; Borre *et al.*, 2003; Tondi *et al.*, 2005; Milano *et al.*, 2005; Piccardi, 2005; Di Bucci *et al.*, 2006; Del Gaudio *et al.*, 2007; Camassi *et al.*, 2008; Fracassi *et al.*, 2012; Di Bucci & Angeloni, 2013; Kastelic *et al.*, 2013). L'ultimo terremoto del 30 settembre 1995 (M 4.5) è stato poca cosa rispetto a quello del 1627 in cui l'energia liberata è stata quasi 100 volte superiore. Da non dimenticare anche la propensione al rischio tsunami della nostra costa interessata in particolar modo durante il sisma del 1627 quando l'abitato di Lesina fu invaso dalle acque dell'Adriatico provocando numerose vitt-

me (Guidoboni & Tinti, 1988; Tinti *et al.*, 1995; Tinti & Piatanesi, 1996; Tinti & Maramai, 1999; Morsilli & Scirocco, 2000; Gianfreda *et al.*, 2001; De Martini *et al.*, 2003; Tinti & Armigliato, 2003; Ricci Lucchi *et al.*, 2006; Maramai *et al.*, 2007; Mastronuzzi & Sansò, 2012).

### 3. MODELLAMENTO SUPERFICIALE E PROFONDO

Per concludere la storia geologica del Gargano consideriamo ora gli aspetti morfologici derivanti dai processi di modellamento che hanno agito sulle rocce garganiche, spesso influenzati dalla tettonica e, dal tipo di rocce disponibili e dalle condizioni climatiche. L'azione combinata di questi fattori, insieme al mare nelle aree costiere, crea una sorta di "scultura" naturale in continua evoluzione.

Dal punto di vista morfologico, il Gargano può essere diviso in quattro zone principali (Fig. 2 e Fig. 17):

- a) una zona nord-orientale, caratterizzata da rilievi collinari con quote comprese fra 0 e 700 m;
- b) una zona centro-occidentale che comprende le aree di maggiore elevazione (Monte Calvo, M. La Serra); è formata in larga parte da un esteso altopiano carsico, interrotto da alcune piccole dorsali di origine tettonica con direzione prevalente in senso NO-SE;
- c) una zona meridionale a sud della Faglia di Mattinata (direttrice Mattinata - S. Marco in Lamis), con terrazzi marini, separati da scarpate di probabile origine tettonica;
- d) una zona costiera marina e lagunare.

- *Area nord-orientale.* Quest'area del Gargano è caratterizzata dalla presenza di un esteso reticolo idrografico superficiale che rende la morfologia alquanto accidentata. Strette valli si alternano a dossi collinari ristretti ricoperti da un'estesa vegetazione (Foresta Umbra). La disposizione dei solchi vallivi principali tende a disporsi

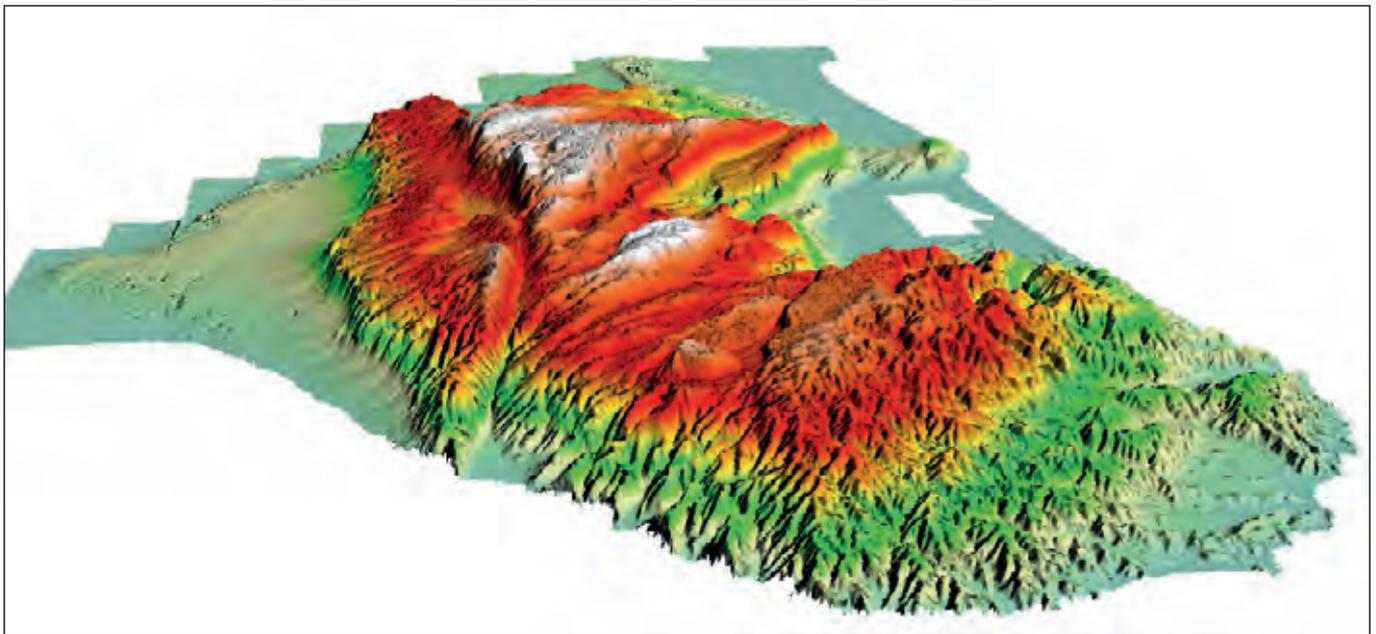


Figura 17 - Elaborazione tridimensionale del Gargano ottenuta dai dati DTM della Regione Puglia (<http://www.sit.puglia.it/>).

a raggiata rispetto all'andamento dell'antico margine della piattaforma Apula, con direzioni variabili da NE-SO a NO-SE. Alcuni dei principali torrenti (T. Romondato, T. Correntino, Vallone La Porta) seguono un andamento differente (circa E-O) probabilmente controllato dalla tettonica, al pari di pochi altri (T. Calinella, T. Chianara, T. Macchio). Nelle aree prossime alla costa tra Peschici e Vieste, l'affioramento di terreni facilmente erodibili (Marne a Fucoidi) ha permesso la formazione di ampi pianori alluvionali spesso terrazzati (Piano Grande, Piano Piccolo, Le Mezzane). Esclusivamente nell'area compresa tra Vico e Ischitella esistono alcuni modesti pianori privi di idrografia superficiale e con doline a fondo ampio e con inghiottitoi carsici in posizione eccentrica (Morsilli, 1994; Anniballi & Sansò, 2000). Questa anomalia morfologica è dovuta all'affioramento di alcuni terreni (Calcari di Monte S. Angelo e Formazione di M. Acuto) con maggiore propensione al carsismo rispetto a quelli affioranti nelle aree adiacenti (Maiolica, Marne a Fucoidi, Calcari di Mattinata, Scaglia, Formazione di Peschici) su cui il reticolo idrografico superficiale è notevolmente sviluppato.

- *Area centro-occidentale.* Nella parte occidentale (area compresa tra i comuni di San Marco in Lamis, Sannicandro e S. Giovanni Rotondo), al cui interno sono presenti i maggiori rilievi garganici (Monte Calvo, Montenero), sono presenti degli estesi pianori in cui l'idrografia superficiale risulta del tutto assente, sostituita da un'elevatissima concentrazione di morfologie carsiche (fino a 80 doline per kmq). Di notevole interesse è la Dolina Pozzatina, una delle maggiori depressioni carsiche italiane (Bissanti, 1966; Castiglioni & Sauro, 2005). Morfologie simili si riscontrano in parte nell'area di Bosco Umbra e ad ovest di Monte Sacro, nella parte centro-orientale del Gargano. Spostandosi verso est e nord (Bosco di Manfredonia, Bosco Quarto, Monte Spigno, Bosco di Gioffo, Coppa Ferrata), la morfologia risulta più accidentata per la presenza di dorsali di origine tettonica orientate in senso NO-SE, separate da ampie valli a debole pendenza (es. Valle Ragusa, Piano Canale, Piano di S. Martino) o con valli chiuse (a Sud di Monte Spigno) riempite da depositi colluviali. In quest'area affiorano sia i calcari oolitici della formazione di Monte Spigno che i calcari di Sannicandro. Nell'area centro-settentrionale del promontorio che si affaccia sul Lago di Varano, si ha una morfologia a gradinata con fianchi acclivi e ampi pianori (Coppa Ferrata, Monte Lo Sfrizzo, Bosco di Gioffo). Anche in questa zona l'idrografia superficiale è quasi del tutto assente, con morfologie carsiche impostate su lineamenti tettonici (polje) e con numerosi campi solcati. Per quanto riguarda il carsismo, numerosi sono gli autori che si sono occupati dell'argomento a cui si rimanda per una revisione completa (Zezza, 1975; Grassi *et al.*, 1982; Baboci *et al.*, 1993; Caldara & Palmentola, 1993; Fusilli, 2003).

- *Area meridionale.* Un primo ampio terrazzo di forma triangolare, che raggiunge la quota di circa 200 m s.l.m., è delimitato a sud-ovest dal Torrente Candelaro

mentre verso nord termina in prossimità dei primi rilievi garganici orientati in senso E-O. I limiti di quest'area corrisponderebbero secondo vari autori a superfici di origine tettonica (Cotecchia & Magri, 1966; Bertotti *et al.*, 1999; Brankman & Aydin, 2004; Billi *et al.*, 2007). L'idrografia superficiale risulta quasi del tutto assente, con valli cieche, qualche rara dolina e campi solcati sulle aree rocciose affioranti. In quest'area affiorano ad Ovest i Calcari di Sannicandro e ad Est la Formazione di Monte Spigno. Nella parte centrale (Casa Lauriola) sono presenti limitati affioramenti dei Calcari di Altamura (Laviano & Marino, 1996). Di notevole estensione risultano anche i depositi alluvionali e i depositi marini terrazzati. Un'altra superficie di origine tettonica (pendio strutturale secondo Bertotti *et al.*, 1999) delimita un secondo altopiano immergente verso sud, largo mediamente circa 5 km e lungo fino a 40 km (Cotecchia & Magri, 1966). Questo terrazzo nelle sue propaggini meridionali è inciso da numerosi solchi vallivi a carattere torrentizio, alcuni profondamente incisi (Valle dell'Inferno, Valle Masselli, Valle Trimitosi, Valle Mattina, Valle Campanile ecc.), con andamento prevalente N-S e NO-SE probabilmente controllato dalla tettonica. Allo sbocco dei principali solchi vallivi sono presenti numerose conoidi alluvionali a debole pendenza che tendono a mascherare il contatto brusco tra le due zone. La morfologia varia notevolmente nell'area compresa tra S. Maria di Pulsano fino a Monte Saraceno, dove si ha un maggiore sviluppo dell'idrografia superficiale. In questa ampia fascia affiorano nella parte occidentale i Calcari di Sannicandro, ricoperti dai Calcari di San Giovanni Rotondo (area di Borgo Celano-S. Giovanni). Verso est (da Valle Trimitosi fino a Posta Capuano) affiora la Formazione di Monte Spigno. Proseguendo verso Est la situazione stratigrafica tende a complicarsi con l'affioramento di tutti i terreni del Cretaceo Superiore fino a quelli eocenici, i quali sono responsabili del cambio morfologico visibile da S. Maria di Pulsano fino a Monte Saraceno. A nord di questa dorsale, si hanno due estesi pianori che formano il Pantano di S. Egidio (Morsilli, 2000a) e l'area di Campolato, completamente chiusi dai rilievi circostanti e di origine tettono-carsica. Il drenaggio di queste aree avviene attraverso condotti carsici, di cui il più famoso è la Grava di Campolato.

- *Area costiera marina e lagunare.* All'interno di quest'area si possono distinguere varie zone con caratteristiche differenti. Le aree costiere settentrionali comprese tra Punta delle Pietre Nere fino a S. Menaio sono prevalentemente sabbiose, con ampie spiagge e dune eoliche (Brondi *et al.*, 1976; Simeoni *et al.*, 1999; Mastronuzzi & Sansò, 2002, 2012; Caldara *et al.*, 2008; De Santis & Caldara, 2015). Lo sviluppo di questi cordoni sabbiosi ha creato delle isole-barriera responsabili della formazione delle lagune di Lesina e Varano (De Angelis, 1967a, 1967b; Boenzi *et al.*, 2006; Ricci Lucchi *et al.*, 2006; Longhitano *et al.*, 2016; Morsilli, Scirocco, *et al.*, 2017). Altre morfologie presenti sull'isola-barriera di Lesina sono rappresentate da lobi spiaggiati (*washover fan*) for-

mati da eventi di tsunami come quello del 1627 (Morsilli & Scirocco, 2000; Gianfreda *et al.*, 2001). Ad est della Laguna di Varano la morfologia è dominata dalla presenza di conoidi alluvionali plurichilometriche (Fig. 2) (Morsilli, 1994, Anniballi & Sansò, 2000). La costa bassa è interrotta nel tratto compreso tra Torre Mileto e Foce di Capoiale, dove sono presenti alcune falesie di modesta elevazione intervallate a piccole spiagge, e in prossimità dell'abitato di Rodi Garganico. Le coste alte sono sviluppate prevalentemente tra S. Menaio e Mattinata, anche in questo caso intervallate a piccole baie con spiagge sabbiose e ghiaiose dove le falesie principali sono soggette a frequenti fenomeni di instabilità, particolarmente accentuati durante i terremoti (Cherubini & Zezza, 1982; Pasculli *et al.*, 2008; Cotecchia *et al.*, 2009; Martino & Mazzanti, 2014).

Per quanto riguarda il carsismo le varie fasi tettoniche, legate principalmente agli eventi tectogenetici dinarici ed appenninici, hanno smembrato questa parte di Piattaforma Apula in vari blocchi dando luogo ad una carsogenesi policiclica (Grassi & Tadolini, 1992). Nella zona di S. Giovanni Rotondo, i depositi bauxitici (Crescenti & Vighi, 1964; D'Argenio *et al.*, 1987) testimonierebbero un ciclo carsico sinsedimentario, che Grassi *et al.* (1982) indicano come Ciclo Protocarsico Turoniano. Sempre gli stessi Autori ascrivono al Terziario (Ciclo Paleocarsico Terziario) le evidenti manifestazioni carsiche epigee ed ipogee, presenti nella zona di San Marco in Lamis - Cagnano Varano - S. Giovanni Rotondo, costituite da altopiani a doline multiple e seriate, insieme a forme più "mature" quali uvala e polje, che in genere seguono un andamento E-O e N-S. Inoltre, anche gli enormi volumi di terre rosse, in alcuni casi "fossilizzate" da depositi pliocenici (Pavia *et al.*, 2010) spesso ricchi di resti paleontologici di notevole importanza (Freudenthal, 1971, 1976; Sardella *et al.*, 2006; E. Patacca *et al.*, 2008; Mazza & Rustioni, 2008; Freudenthal & Martín-Suárez, 2010; Masini *et al.*, 2010; Freudenthal *et al.*, 2013; Iurino *et al.*, 2015), si sarebbero sviluppate durante questo ciclo. Altri riempimenti carsici nelle cave di Apricena-Poggio Imperiale stanno dando alla luce nuove informazioni sui nostri antenati con alcune scoperte importanti a livello internazionale (Arzarello *et al.*, 2007, 2012; Pavia *et al.*, 2012; Zunino *et al.*, 2012; Alba *et al.*, 2014; López-García *et al.*, 2015). Le manifestazioni ipogee sono rappresentate da grotte e condotti carsici sub-orizzontali, con direzioni preferenziali in senso E-O e N-S. Infine, si ha un nuovo ciclo quaternario, pilotato dalla neotettonica, in cui le faglie agiscono da svincolo meccanico, provocando una ulteriore frammentazione delle sequenze carbonatiche, che in questo modo risentono in maniera differenziale gli sviluppi dell'attività carsica (Grassi *et al.*, 1982).

Dal punto di vista idrogeologico i caratteri di permeabilità mista per fratturazione e carsismo delle rocce garganiche hanno permesso l'instaurarsi di una falda acquifera "principale" occupante l'intero promontorio garganico (Cotecchia & Magri, 1966; Zezza *et al.*, 1998; Polemio *et al.*, 2000). Esclusivamente nell'area tra Vico del Gargano e Ischitella, l'instaurarsi di condizioni stratigrafiche particolari, e cioè la sovrapposizione di terreni permeabili (Calcari di Monte S. Angelo e Calcari di M. Acuto) al di sopra di un terreno praticamente impermeabile (Marne a Fucoidi), ha permesso lo sviluppo di una falda "secondaria", completamente isolata da quella principale (Cotecchia & Magri, 1966; Polemio *et al.*, 2000). La falda principale risulta isolata dagli adiacenti acquiferi del Tavoliere delle Puglie, tramite la Faglia del T. Candelaro, che divide il Promontorio dalla pianura, sia dal punto di vista idrogeologico che da quello morfologico (Cotecchia & Magri, 1966). Questa falda principale risulta sostenuta dall'acqua marina, a causa della differente densità esistente tra le due acque. Il livello piezometrico della falda principale si trova poco al di sopra del livello medio del mare in prossimità della costa e del perimetro del Lago di Varano, mentre sale a diverse decine di metri nella parte interna del promontorio (Grassi & Tadolini, 1992). La falda secondaria, di ridotte dimensioni rispetto a quella principale, ha un livello di base (formato dalle Marne a Fucoidi) posto sempre a quote maggiori di 100 m. Il deflusso complessivo di questa piccola falda risulta di circa 150 litri al secondo (Cotecchia & Magri, 1966). Naturalmente, il drenaggio delle due falde viene spiegato da numerose sorgenti (Polemio *et al.*, 2000). Molte sorgenti alimentate dalla falda principale affiorano lungo il bordo del Lago di Lesina e di Varano, ed in alcuni casi all'interno di esso, sotto forma di sorgenti subacquee ascendenti chiamate "polle". Altre sorgenti sono presenti lungo tutto il bordo orientale del Gargano. La falda secondaria viene drenata da numerose sorgenti di versamento con una portata modesta che non eccede i pochi litri al secondo.

## CONCLUSIONI

Per concludere, il Promontorio del Gargano è un incredibile archivio geologico, paragonabile ad un antico libro di cui abbiamo letto solo alcune pagine, le altre scritte nelle rocce, nei sedimenti e nei paesaggi devono ancora essere lette e ci permetteranno di conoscere e comprendere appieno la storia geologica di questo affascinante sperone roccioso.

## BIBLIOGRAFIA

La bibliografia del presente articolo è disponibile al seguente link:  
[www.geologipuglia.it/bibliografia-gargano.pdf](http://www.geologipuglia.it/bibliografia-gargano.pdf)

## BIBLIOGRAFIA

SINTESI DELLE CONOSCENZE GEOLOGICHE E STRATIGRAFICHE  
DEL PROMONTORIO DEL GARGANO

Michele Morsilli

Dipartimento di Fisica e Scienze della Terra - Università di Ferrara  
Via G. Saragat, 1 - 44100 Ferrara, mrh@unife.it  
Iscritto ORG Puglia n. 115ES

ADAMS E. W., MORSILLI M., SCHLAGER W., KEIM L. & VAN HOEK T. (2002) - *Quantifying the geometry and sediment fabric of linear slopes: Examples from the Tertiary of Italy (Southern Alps and Gargano Promontory)*: Sedimentary Geology, v. 154, no. 1–2, p. 11–30, doi:10.1016/S0037-0738(02)00125-2.

ALBA D. M., COLOMBERO S., DELFINO M., MARTÍNEZ-NAVARRO B., PAVIA M. & ROOK L. (2014) - *A thorny question: The taxonomic identity of the Pirro Nord cervical vertebrae revisited.*: Journal of human evolution, v. 76, p. 92–106, doi:10.1016/j.jhevol.2014.06.005.

DE ALTERIIS G. (1995) - *Different foreland basins in Italy: examples from the central and southern Adriatic Sea*: Tectonophysics, v. 252, no. 1–4, p. 349–373.

DE ALTERIIS G. & AIELLO G. (1993) - *Stratigraphy and tectonics offshore of Puglia (Italy, southern Adriatic Sea)*: Marine Geology, v. 113, no. 3–4, p. 233–253, doi:10.1016/0025-3227(93)90020

AMATO A., BIANCHI I. & AGOSTINETTI N. P. (2014) - *Apulian crust: Top to bottom*: Journal of Geodynamics, v. 82, p. 125–137, doi:10.1016/j.jog.2014.09.007.

AMENDOLAGINE M., DELL'ANNA L. & VENTRIGLIA U. (1964) - *Le rocce ignee alla Punta delle Pietre Nere presso Lesina (Provincia Foggia)*: Periodico Mineralogia, v. 33, p. 337–395.

DE ANGELIS R. (1967) - *Il Lago di Lesina*: Roma, Ministero Marina Mercantile, Memoria n° 11, 110 p.

DE ANGELIS R. (1967b) - *Il Lago di Varano*: Roma, Ministero Marina Mercantile, Memoria n° 10, 122 p.

ANNIBALLI A. & SANSÒ P. (2000) - *The geomorphological evolution of northern Gargano area*: Mem. Soc. Geol. It, v. 65, p. 405–410.

ARGNANI A., ROVERE M. & BONAZZI C. (2009) - *Tectonics of the Mattinata fault, offshore south Gargano (southern Adriatic Sea, Italy)*: Implications for active deformation and seismotectonics in the foreland of the Southern Apennines: Geological Society of America Bulletin, v. 121, no. 9–10, p. 1421–1440, doi:10.1130/B26326.1.

ARZARELLO M., MARCOLINI F., PAVIA G., PAVIA M., PETRONIO C., PETRUCCI M., ROOK L. & SARDELLA R. (2007) - *Evidence of earliest human occurrence in Europe: the site of Pirro Nord (Southern Italy)*: Die Naturwissenschaften, v. 94, no. 2, p. 107–112, doi:10.1007/s00114-006-0173-3.

ARZARELLO M., G. PAVIA, C. PERETTO, C. PETRONIO & R. SARDELLA (2012) - *Evidence of an Early Pleistocene hominin presence at Pirro Nord (Apricena, Foggia, southern Italy)*: P13 site: Quaternary International, v. 267, p. 56–61, doi:10.1016/j.quaint.2011.01.042.

AVANZINELLI R., SAPIENZA G. T. & CONTICELLI S. (2012) - *The Cretaceous to Paleogene within-plate magmatism of Pachino-Capo Passero (southeastern Sicily) and Adria (La Queglia and Pietre Nere, southern Italy): geochemical and isotopic evidence against a plume-related origin of circum-Mediterranean magmas*: European Journal of Mineralogy, v. 24, no. 1, p. 73–96, doi:10.1127/0935-1221/2012/0024-2185.

BABOCI K., MASTRONUZZI G. & SANSÒ P. (1993) - *La grande superficie sommitale del Promontorio del Gargano. Prime considerazioni sulla genesi ed evoluzione*: Bonifica, v. 8, p. 53–56.

BELVEDERE M., FRANCESCHI M., MORSILLI M., ZOCCARATO P. L. & MIETTO P. (2011) - *Fish feeding traces from Middle Eocene limestones (Gargano Promontory, Apulia, southern Italy)*: Palaios, v. 26, no. 11, p. 693–699, doi:10.2110/palo.2010.p10-136r.

BERNOULLI D. (1972) - *North Atlantic and Mediterranean Mesozoic facies: a comparison*, Journal Article: Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, v. 11, p. 801–871.

BERTOTTI G., CASOLARI E. & PICOTTI V. (1999) - *The Gargano Promontory: a Neogene contractional belt within the Adriatic plate*: Terra Nova, v. 11, no. 4, p. 168–173, doi:10.1046/j.1365-3121.1999.00243.x.

BIGAZZI G., LAURENZI M., PRINCIPE C. & BROCCINI D. (1996) - *New geochronological data on igneous rocks and evaporites of the Pietre Nere Point (Gargano Peninsula, southern Italy)*: Bolletino della Società Geologica Italiana, v. 115, p. 439–448.

BILLI A. (2003) - *Solution slip and separations on strike-slip fault zones: theory and application to the Mattinata Fault, Italy*: Journal of Structural Geology, v. 25, no. 5, p. 703–715, doi:10.1016/S0191-8141(02)00077-9.

BILLI A., GAMBINI R., NICOLAI C. & STORTI F. (2007) - *Neogene-Quaternary intraforeland transpression along a Mesozoic platform-basin margin: The Gargano fault system, Adria, Italy*: Geosphere, v. 3, no. 1, p. 1–15, doi:10.1130/GES00057.1.

- BISSANTI A. (1966) - *La dolina Pozzatina nel Gargano*: Rivista Geografica Italiana, v. 73, p. 312–321.
- BOENZI F., CALDARA M., PENNETTA L. & SIMONE O. (2006) - *Environmental aspects related to the physical evolution of some wetlands along the Adriatic coast of Apulia (Southern Italy): a review*: Journal of Coastal Research. Special, v. 2004, no. 39, p. 170–175.
- BONI A., CASNEDI R., CENTAMORE E., COLANTONI P., CREMONINI G., ELMI C., SELLI R. & VALLETTA M. (1969) - *Note illustrative della carta geologica d'Italia, alla scala 1:100.000; Foglio 155 "S. Severo"*: Servizio Geologico d'Italia, 46 p.
- BORGOMANO J. R. F. (2000) - *The Upper Cretaceous carbonates of the Gargano-Murge region, southern Italy: A model of platform-to-basin transition*, Journal Article: AAPG Bulletin, v. 84, no. 10, p. 1561–1588.
- BORGOMANO J. & PHILIP J. (1989) - *The rudist carbonate build-ups and the gravitary carbonates of the Gargano-Apulia margin (southern Italy), Upper Senonian*, Journal Article: Memorie della Società Geologica Italiana, v. 40 (1987), p. 125–132.
- BORRE K. et al. (2003) - *The COST project in Italy: analysis and monitoring of seismogenic faults in the Gargano and Norcia areas (central-southern Apennines, Italy)*: Journal of Geodynamics, v. 36, no. 1–2, p. 3–18, doi:10.1016/S0264-3707(03)00035-8.
- BORSETTI A., CREMONINI G. & MONESI A. (1970) - *Ricerche su alcuni affioramenti Miocenici del Gargano*: Giornale di Geologia, v. 36 (1968), p. 581–598.
- BOSELLINI A. (2002) - *Dinosaurs "re-write" the geodynamics of the eastern Mediterranean and the paleogeography of the Apulia Platform*: Earth-Science Reviews, v. 59, no. 1–4, p. 211–234, doi:10.1016/S0012-8252(02)00075-2.
- BOSELLINI A. & MORSILLI M. (1997) - *A Lower Cretaceous drowning unconformity on the eastern flank of the Apulia Platform (Gargano Promontory, southern Italy)*: Cretaceous Research, v. 18, no. 1, p. 51–61, doi:10.1006/cres.1996.0049.
- BOSELLINI A. & MORSILLI M. (1994) - *Il Lago di Varano (Gargano, Puglia settentrionale): una nicchia di distacco da frana sottomarina Cretacea*: Annali dell'Università di Ferrara, Nuove Serie, Sezione IX, Scienze Geologiche e Paleontologiche, v. 5, no. 4, p. 39–52.
- BOSELLINI A. & MORSILLI M. (2001) - *Il Promontorio del Gargano cenni di geologia e itinerari geologici*: Claudio Grenzi Editore - Parco Nazionale del Gargano., p. 1–48.
- BOSELLINI A., MORSILLI M. & NERI C. (1999) - *Long-term event stratigraphy of the Apulia Platform margin (Upper Jurassic to Eocene, Gargano, southern Italy)*: Journal of Sedimentary Research, v. 69, no. 6, p. 1241–1252, doi:10.2110/jsr.69.1241.
- BOSELLINI A. & NERI C. (1995) - *L'Eocene di Monte Saraceno (Promontorio del Gargano, Puglia)*: Annali dell'Università di Ferrara, Nuove Serie, Sezione IX, Scienze Geologiche e Paleontologiche, v. 6, no. 3, p. 27–40.
- BOSELLINI A., NERI C. & LUCIANI V. (1993a) - *Guida ai carbonati cretaceo-eocenici di scarpata e bacino del Gargano (Italia meridionale)*: Annali dell'Università di Ferrara. Sez. Scienze della Terra. Supplemento, v. 4, p. 1–77.
- BOSELLINI A., NERI C. & LUCIANI V. (1993b) - *Platform margin collapses and sequence stratigraphic organization of carbonate slopes: Cretaceous-Eocene, Gargano Promontory, southern Italy*: Terra Nova, v. 5, no. 3, p. 282–297, doi:10.1111/j.1365-3121.1993.tb00259.x.
- BRACCO GARTNER G., MORSILLI M., SCHLAGER W. & BOSELLINI A. (2002) - *Toe-of-slope of a Cretaceous carbonate platform in outcrop, seismic model and offshore seismic data (Apulia, Italy)*: International Journal of Earth Sciences, v. 91, no. 2, p. 315–330, doi:10.1007/s005310100213.
- BRANKMAN C. & AYDIN A. (2004) - *Uplift and contractional deformation along a segmented strike-slip fault system: the Gargano Promontory, southern Italy*: Journal of Structural Geology, v. 26, no. 5, p. 807–824, doi:10.1016/j.jsg.2003.08.018.
- BRONDI A., ANSELMINI G. & FERRETTI O. (1976) - *Studio sulla dispersione dei sedimenti della piattaforma costiera compresa fra Termoli e Barletta mediante l'uso dei detriti della formazione delle "pietre nere" come traccianti naturali*: Bollettino Società Geologica Italiana, v. 95, p. 1347–1363.
- DI BUCCI D. & ANGELONI P. (2013) - *Adria seismicity and seismotectonics: Review and critical discussion*: Marine and Petroleum Geology, v. 42, p. 182–190, doi:10.1016/j.marpetgeo.2012.09.005.
- DI BUCCI D., RAVAGLIA A., SENO S., TOSCANI G., FRACASSI U. & VALENSISE G. (2006) - *Seismotectonics of the southern Apennines and Adriatic foreland: Insights on active regional E-W shear zones from analogue modeling*: Tectonics, v. 25, no. 4, p. 1–21, doi:10.1029/2005TC001898.
- CALDARA M., CAROLI I. & SIMONE O. (2008) - *Holocene evolution and sea-level changes in the Battaglia basin area (eastern Gargano coast, Apulia, Italy)*: Quaternary International, v. 183, no. 1, p. 102–114, doi:10.1016/j.quaint.2007.07.005.
- CALDARA M. & PALMENTOLA G. (1993) - *Lineamenti geomorfologici del Gargano con particolare riferimento al carsismo*: Bonifica, v. 8, p. 43–52.
- CALDARA M. & SIMONE O. (2005) - *Coastal changes in the eastern Tavoliere Plain (Apulia, Italy) during the Late Holocene: Natural or anthropic?*: Quaternary Science Reviews, v. 24, no. 18–19, p. 2137–2145, doi:10.1016/j.quascirev.2004.08.024.
- CAMASSI R., BERNARDINI F., CASTELLI V. & MELETTI C. (2008) - *A 17th Century Destructive Seismic Crisis in the Gargano Area: Its Implications on the Understanding of Local Seismicity*: Journal of Earthquake Engineering, v. 12, no. 8, p. 1223–1245, doi:10.1080/13632460802212774.
- CARELLA R. (1963) - *Eruttivi di S. Giovanni in Pane e della Punta delle Pietre Nere (Gargano)*: Boll. Soc. Geol. It., v. 82, p. 97–109.

- CAROLI I. & CALDARA M. (2006) - *Vegetation history of Lago Battaglia (eastern Gargano coast, Apulia, Italy) during the middle-late Holocene: Vegetation History and Archaeobotany*, v. 16, no. 4, p. 317–327, doi:10.1007/s00334-006-0045-y.
- CASOLARI E., NEGRI A., PICOTTI V. & BERTOTTI G. (2000) - *Neogene stratigraphy and sedimentology of the Gargano Promontory (Southern Italy): Eclogae Geologicae Helveticae*, v. 93, no. 1, p. 7–23, doi:10.5169/seals-168804.
- CASTIGLIONI B. & SAURO U. (2005) - *Large collapse dolines in Puglia (southern Italy): the cases of “dolina Pozzatina” in the Gargano plateau and of “puli” in the Murge: Acta Carsologica*, v. 29, p. 83–93.
- CAZZINI F., ZOTTO O. D., FANTONI R., GHIELMI M., RONCHI P. & SCOTTI P. (2015) - *Oil and Gas in the Adriatic foreland, Italy: Journal of Petroleum Geology*, v. 38, no. 3, p. 255–279, doi:10.1111/jpg.12610.
- CHERUBINI C. & ZEZZA F. (1982) - *The effects of seismic activity upon the instability of the calcareous rock slopes in south-east Gargano: Geologia Applicata e Idrogeologia*, v. 17, p. 201–208.
- CHILOVI C., DE FEYTER A. & POMPUCCI A. (2000) - *Wrench zone reactivation in the Adriatic Block: the example of the Mattinata Fault System (SE Italy): Boll. Soc. Geol. It.*, v. 119, no. 1, p. 3–8.
- CIARANFI N. *et al.* (1983) - *Carta Neotettonica dell'Italia meridionale*, Progetto Finalizzato Geodinamica del CNR, Book: 62 p.
- CLAPS M., PARENTE M., NERI C. & BOSELLINI A. (1996) - *Facies and cycles of the S. Giovanni Rotondo Limestone (Lower Cretaceous, Gargano Promontory, Southern Italy): the Borgo Celano section: Annali dell'Università di Ferrara, Nuove Serie, Sezione di Scienze della Terra*, v. 7, p. 1–35.
- COBIANCHI M., LUCIANI V. & BOSELLINI A. (1997) - *Early Cretaceous nannofossils and planktonic foraminifera from northern Gargano (Apulia, southern Italy): Cretaceous Research*, v. 18, no. 2, p. 249–293, doi:10.1006/cres.1996.0058.
- COLANTONI R., TRAMONTANA M. & TEDESCHI D. (1990) - *Contributo alla conoscenza dell'avampaese apulo: struttura del Golfo di Manfredonia: Giornale di Geologia*, v. 52, p. 19–32.
- CONTI M. A., MORSILLI M., NICOSIA U., SACCHI E., SAVINO V., WAGENSOMMER A., DI MAGGIO L. & GIANOLLA P. (2005) - *Jurassic Dinosaur Footprints from Southern Italy: Footprints as Indicators of Constraints in Paleogeographic Interpretation: Palaios*, v. 20, no. 6, p. 534–550, doi:10.2110/palo.2003.p03-99.
- COSENTINO D., CIPOLLARI P., LO MASTRO S. & GIAMPAOLO C. (2005) - *High-frequency cyclicity in the latest Messinian Adriatic foreland basin: Insight into palaeoclimate and palaeoenvironments of the Mediterranean Lago-Mare episode: Sedimentary Geology*, v. 178, no. 1–2, p. 31–53, doi:10.1016/j.sedgeo.2005.03.010.
- DE COSMO P. D. & MORSILLI M. (2002) - *Segnalazione di resti di flora ed ittiofauna fossile del Santoniano superiore nell'area di Apricena (Puglia, Gargano): Gruppo Informale Di Sedimentologia, IX Riunione Annuale*, p. 39–40.
- COTECCHIA V., BELLIS P., LOLLINO P., MONTERISI L. & TRIA C. (2009) - *Geostructural survey and stability analysis of the calcareous cliff of Vieste (Gargano-Southern Italy): Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, v. 68, no. 1, p. 35–45, doi:10.1007/s10064-008-0169-7.
- COTECCHIA V. & MAGRI G. (1966) - *Idrogeologia del Gargano: Geologia Applicata e Idrogeologia*, v. 1, p. 1–86.
- CREMONINI G., ELMI C. & SELLI R. (1971) - *Note illustrative della Carta geologica d'Italia, Foglio 156, S. Marco in Lamis: Roma, Servizio Geologico d'Italia*, 66 p.
- CRESCENTI U. & VIGHI L. (1964) - *Caratteristiche genesi e stratigrafia dei depositi bauxitici cretacici del Gargano e delle Murge: Boll. Soc. Geol. It.*, v. 83, p. 283–350.
- D'ALESSANDRO A., LAVIANO A., RICCHETTI G. & SARDELLA R. (1979) - *Il Neogene del Monte Gargano: Bollettino della Società Paleontologica Italiana*, v. 18, p. 9–116.
- D'ARGENIO B. (1974) - *Le piattaforme carbonatiche periadriatiche. Una rassegna di problemi nel quadro geodinamico mesozoico dell'area mediterranea: Memorie della Società Geologica Italiana*, v. 13, p. 137–160.
- D'ARGENIO B., DE CASTRO P., EMILIANI C. & SIMONE L. (1975) - *Bahamian and Apenninic limestones of identical lithofacies and age: A.A.P.G. Bulletin*, v. 59, p. 524–533.
- D'ARGENIO B., MINDSZENTY A., BARDOSSY G., JUHASZ E. & M. BONI (1987) - *Bauxites of southern Italy revisited: p. 263–268.*
- DOGLIONI C., MONGELLI F. & PIERI P. (1994) - *The Puglia uplift (SE Italy): An anomaly in the foreland of the Apenninic subduction due to buckling of a thick continental lithosphere: Tectonics*, v. 13, no. 5, p. 1309–1321, doi:10.1029/94TC01501.
- DE DOMINICIS A. & MAZZOLDI G. (1989) - *Interpretazione geologico strutturale del margine orientale della Piattaforma Apula: Memorie della Società Geologica Italiana*, v. 38 (1987), p. 163–176.
- DE SANTIS V. & CALDARA M. (2015) - *The 5.5-4.5 kyr climatic transition as recorded by the sedimentation pattern of coastal deposits of the Apulia region, southern Italy: The Holocene*, v. 25, no. 8, p. 1313–1329, doi:10.1177/0959683615584207.
- EBERLI G. P., BERNOULLI D., SANDERS D. & VECSEI A. (1993) - *From Aggradation to Progradation: The Maiella Platform, Abruzzi, Italy, in T. Simo, R. W. Scott & J. P. Masse, eds., Cretaceous Carbonate Platforms: AAPG Memoir 56*, p. 213–232.
- FAVALI P., FUNICIELLO R., MATTIETTI G., MELE G. & SALVINI F. (1993) - *An active margin across the Adriatic Sea (central Mediterranean Sea): Tectonophysics*, v. 219, no. 1–3, p. 109–117, doi:10.1016/0040-1951(93)90290-Z.
- FINETTI I. (1982) - *Structure, stratigraphy and evolution of Central Mediterranean: Bollettino di Geofisica Teorica e Applicata*, v. 24, p. 247–277.

- FINETTI I., BRICCHI G., DAL BEN A., PIPAN M. & ZIYAN X. (1989) - *Geophysical study of the Adria Plate*: Memorie Società Geologica Italiana, v. 38 (1987), p. 335–344.
- DE FINO M., LA VOLPE L. & PICCARRETA G. (1983) - *Mafic Minerals from Punta delle Pietre Nere Subvolcanites (Gargano, Southern Italy)*: Their Petrological Significance: *TMPM Tschermarks Min. Petr. Mitt.*, v. 32, no. 1, p. 69–78.
- FRACASSI U., DI BUCCI D., RIDENTE D., TRINCARDI F. & VALENSISE G. (2012) - *Recasting Historical Earthquakes in Coastal Areas (Gargano Promontory, Italy)*: Insights from Marine Paleoseismology: *Bulletin of the Seismological Society of America*, v. 102, no. 1, p. 1–17, doi:10.1785/0120110001.
- FREUDENTHAL M. (1971) - *Neogene vertebrates from the Gargano peninsula, Italy*: *Scripta Geologica*, v. 3, p. 1–10.
- FREUDENTHAL M. (1976) - *Rodent stratigraphy of some Miocene fissure fillings in Gargano (prov. Foggia, Italy)*: *Scripta Geol.*, v. 37, p. 1–23.
- FREUDENTHAL M., VAN DEN HOEK OSTENDE L. W. & MARTÍN-SUÁREZ E. (2013) - *When and how did the Mikrotia fauna reach Gargano (Apulia, Italy)*: *Geobios*, v. 46, no. 1–2, p. 105–109, doi:10.1016/j.geobios.2012.10.004.
- FREUDENTHAL M. & MARTÍN-SUÁREZ E. (2010) - *The age of immigration of the vertebrate faunas found at Gargano (Apulia, Italy) and Scontrone (l'Aquila, Italy)*: *Comptes Rendus Palevol*, v. 9, no. 3, p. 95–100, doi:10.1016/j.crpv.2009.12.004.
- FUNICIELLO R., MONTONE P., SALVINI F. & TOZZI M. (1990) - *Caratteri strutturali del Promontorio del Gargano*: Memorie della Società Geologica Italiana, v. 41 (1988), p. 861–868.
- FUSILLI C. (2003) - *Grotte del Gargano*: Grenzi Editore - Foggia, 208 p.
- GAMBINI R. & TOZZI M. (1996) - *Tertiary geodynamic evolution of the Southern Adria microplate*: *Terra Nova*, v. 8, no. 6, p. 593–602, doi:10.1111/j.1365-3121.1996.tb00789.x.
- DEL GAUDIO V., PIERRI P., FREPOLI A., CALCAGNILE G., VENISTI N. & CIMINI G. B. (2007) - *A critical revision of the seismicity of Northern Apulia (Adriatic microplate — Southern Italy) and implications for the identification of seismogenic structures*: *Tectonophysics*, v. 436, no. 1–4, p. 9–35, doi:10.1016/j.tecto.2007.02.013.
- GIANFREDA F., MASTRONUZZI G. & SANSÒ P. (2001) - *Impact of historical tsunamis on a sandy coastal barrier: an example from the northern Gargano coast, southern Italy*: *Natural Hazards and Earth System Sciences*, v. 1, no. 2001, p. 213–219.
- GRASSI D., ROMANAZZI L., SALVEMINI A. & SPILOTRO G. (1982) - *Grado di evoluzione e ciclicità del fenomeno carsico in Puglia in rapporto all'evoluzione tettonica*: *Geologia Applicata e Idrogeologia*, v. 17, p. 55–73.
- GRASSI D. & TADOLINI T. (1992) - *La circolazione idrica sotterranea dell'ammasso carbonatico mesozoico del Gargano*: *CNR-GNDCI - Pubbl. n° 537*, p. 333–374.
- GRAZIANO R. (2013) - *Sedimentology, biostratigraphy and event stratigraphy of the Early Aptian Oceanic Anoxic Event (OAE1a) in the Apulia Carbonate Platform Margin – Ionian Basin System (Gargano Promontory, southern Italy)*: *Cretaceous Research*, v. 39, p. 78–111, doi:10.1016/j.cretres.2012.05.014.
- GRAZIANO R. (2000) - *The Aptian–Albian of the Apulia Carbonate Platform (Gargano Promontory, southern Italy): evidence of palaeoceanographic and tectonic controls on the stratigraphic architecture of the platform margin*: *Cretaceous Research*, v. 21, no. 1, p. 107–126, doi:10.1006/cres.2000.0201.
- GRAZIANO R. (2001) - *The Cretaceous megabreccias of the Gargano Promontory (Apulia, southern Italy): their stratigraphic and genetic meaning in the evolutionary framework of the Apulia Carbonate Platform*: *Terra Nova*, v. 13, no. 2, p. 110–116, doi:10.1046/j.1365-3121.2001.00325.x.
- GRAZIANO R., RASPINI A. & SPALLUTO L. (2013) - *High-resolution - 13 C stratigraphy through the Selli Oceanic Anoxic Event (OAE1a) in the Apulia carbonate platform: the Borgo Celano section (western Gargano Promontory, Southern Italy)*: *Italian Journal of Geosciences*, v. 132, no. 3, p. 477–496, doi:10.3301/IJG.2013.16.
- GUERRICCHIO A. (1986) - *Strutture di blocco lungo la faglia trascorrente di Mattinata*: *Geologia Applicata e Idrogeologia*, v. 21, p. 25–36.
- GUERRICCHIO A. (1983) - *Strutture tettoniche di compressione nel Gargano evidenziate da immagine da satellite*: *Geologia Applicata e Idrogeologia*, v. 17, p. 491–505.
- GUERRICCHIO A. & WASOWSKI J. (1992) - *Some remarks on the tectonic significance of the paleomagnetic data from Gargano*: Memorie della Società Geologica Italiana, v. 41 (1988), p. 1263–1269.
- GUERZONI S. (2016) - *Analisi delle facies di piattaforma interna del Promontorio del Gargano nell'intervallo Barremiano superiore - Aptiano inferiore e confronto con le piattaforme tetidee durante l'Evento Anossico OAE1a*: PhD Thesis - Università di Ferrara, 294 p.
- GUIDO A., PAPAZZONI C. A., MASTANDREA A., MORSILLI M., LA RUSSA M. F., TOSTI F. & RUSSO F. (2011) - *Automicrite in a “nummulite bank” from the Monte Saraceno (Southern Italy): evidence for synsedimentary cementation*: *Sedimentology*, v. 58, no. 4, p. 878–889, doi:10.1111/j.1365-3091.2010.01187.x.
- GUIDOBONI E. & TINTI S. (1988) - *A review of the historical 1627 tsunamis*: *Science of Tsunami Hazards*, v. 57, p. 11–22.
- HAIRABIAN A., BORGOMANO J., MASSE J. P. & NARDON S. (2015) - *3-D stratigraphic architecture, sedimentary processes and controlling factors of Cretaceous deep-water resedimented carbonates (Gargano Peninsula, SE Italy)*: *Sedimentary Geology*, v. 317, p. 116–136, doi:10.1016/j.sedgeo.2014.11.001.
- HAIRABIAN A., FOURNIER F., BORGOMANO J. & NARDON S. (2014) - *Depositional facies, pore types and elastic properties of deep-water gravity flow carbonates*:

Journal of Petroleum Geology, v. 37, no. 3, p. 231–249, doi:10.1111/jpg.12581.

IURINO D. A., PROFICO A., CHERIN M., VENEZIANO A., COSTEUR L. & SARDELLA R. (2015) - *A lynx natural brain endocast from ingarano (Southern Italy; late pleistocene): Taphonomic, morphometric and phylogenetic approaches*: *Hystrix*, v. 26, no. 2, p. 110–117, doi:10.4404/hystrix-26.2-11465.

KASTELIC V., VANNOLI P., BURRATO P., FRACASSI U., TIBERTI M. M. & VALENSISE G. (2013) - *Seismogenic sources in the Adriatic Domain*: *Marine and Petroleum Geology*, v. 42, p. 191–213, doi:10.1016/j.marpetgeo.2012.08.002.

LAVIANO A. & MARINO M. (1996) - *Biostratigraphy and paleoecology of Upper Cretaceous carbonate successions in the Gargano Promontory*: *Memorie della Società Geologica Italiana*, v. 51, p. 685–701.

LONGHITANO S., DELLA LUNA R., MILONE A. L., CILUMBRIELLO A., CAFFAU M. & SPILOTRO G. (2016) - *The 20,000-years-long sedimentary record of the Lesina coastal system (southern Italy): From alluvial, to tidal, to wave process regime change*: *The Holocene*, v. 26, no. 5, p. 678–698.

LÓPEZ-GARCÍA J. M., LUZI E., BERTO C., PERETTO C. & ARZARELLO M. (2015) - *Chronological context of the first hominin occurrence in southern Europe: the *Allophaiomys ruffoi* (Arvicolinae, Rodentia, Mammalia) from Pirro 13 (Pirro Nord, Apulia, southwestern Italy)*: *Quaternary Science Reviews*, v. 107, p. 260–266, doi:10.1016/j.quascirev.2014.10.029.

LUCIANI V. & COBIANCHI M. (1994) - *Type section of the Mattinata Formation (Lower Cretaceous, Gargano Promontory, southern Italy): new biostratigraphic data (calcareous nannofossils and planktonic foraminifers)*: *Memorie di Scienze Geologiche*, v. 46, p. 283 – 301.

LUCIANI V., COBIANCHI M. & FABBRI S. (2007) - *The regional record of Albian oceanic anoxic events at the Apulian Platform Margin (Gargano Promontory, southern Italy)*: *Revue de Micropaléontologie*, v. 50, no. 3, p. 239–251, doi:10.1016/j.revmic.2006.06.001.

LUCIANI V., COBIANCHI M. & JENKYN H. C. (2001) - *Biotic and geochemical response to anoxic events: the Aptian pelagic succession of the Gargano Promontory (southern Italy)*: *Geological Magazine*, v. 138, no. 3, p. 277–298, doi:10.1017/S0016756801005301.

LUCIANI V., COBIANCHI M. & LUPI C. (2006) - *Regional record of a global oceanic anoxic event: OAE1a on the Apulia Platform margin, Gargano Promontory, southern Italy*: *Cretaceous Research*, v. 27, no. 6, p. 754–772, doi:10.1016/j.cretres.2006.01.003.

LUPERTO SINNI E. (1996a) - *Schema stratigrafico del Cretacico del Gargano basato su risultati di recenti ricerche*: *Mem. Soc. Geol. It.*, v. 51, no. 2, p. 1019–1036.

LUPERTO SINNI E. (1996b) - *Sintesi delle conoscenze biostratigrafiche del Cretaceo del Gargano e delle Murge*: *Memorie della Società Geologica Italiana*, v. 51, p. 995–1018.

LUPERTO SINNI E. & BORGOMANO J. (1994) -

*Stratigrafia del Cretaceo superiore in facies di scarpata di Monte Sant'Angelo (Promontorio del Gargano, Italia Meridionale)*: *Boll. Soc. Geol. It.*, v. 113, no. 2, p. 355–382.

LUPERTO SINNI E. & MASSE J.-P. (1993) - *Biostratigrafia dell'Aptiano in facies di piattaforma carbonatica delle Murge baresi (Puglia -Italia meridionale)*: *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, v. 98, p. 403–424.

LUPERTO SINNI E. & MASSE J. P. (1986) - *Données nouvelles sur la stratigraphie des calcaires de plate-forme du Crétacé inférieur du Gargano (Italie méridionale)*: p. 33–66.

MARAMAI A., GRAZIANI L. & TINTI S. (2007) - *Investigation on tsunami effects in the central Adriatic Sea during the last century? a contribution*: *Natural Hazards and Earth System Science*, v. 7, p. 15–19.

DE MARTINI P. M., BURRATO P., PANTOSTI D., MARAMAI A., GRAZIANI L., ABRAMSON H., MARCO P. & MARTINI D. (2003) - *Identification of tsunami deposits and liquefaction features in the Gargano area (Italy): paleoseismological implication*: *Annals of Geophysics*, v. 46, p. 883–902.

MARTINIS B. (1965) - *Osservazioni sulla tettonica del Gargano orientale*: p. 45–93.

MARTINIS B. & PAVAN G. (1967) - *Note illustrative della carta geologica d'Italia, Foglio 157 "Monte S. Angelo"*: 56 p.

MARTINO S. & MAZZANTI P. (2014) - *Integrating geomechanical surveys and remote sensing for sea cliff slope stability analysis: the Mt. Pucci case study (Italy)*: *Natural Hazards and Earth System Science*, v. 14, no. 4, p. 831–848, doi:10.5194/nhess-14-831-2014.

MARZOCCHI A., FLECKER R., VAN BAAK C. G. C., LUNT D. J. & KRIJGSMAN W. (2016) - *Mediterranean outflow pump: an alternative mechanism for the Lago-Mare and the end of the Messinian Salinity Crisis*: *Geology*, v. 44, no. 7, p. 523–526, doi:10.1130/G37646.1.

MASINI F., RINALDI P. M., PETRUSO D. & SURDI G. (2010) - *The Gargano terre rosse insular faunas: An overview*: *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, v. 116, no. 3, p. 421–435.

MASSE J. P. & BORGOMANO J. (1987) - *Un modèle de transition plate-forme-bassin carbonatés contrôlé par des phénomènes tectoniques: le Crétacé du Gargano (Italie Méridionale)*: *Comptes Rendus - Academie des Sciences*, v. 304, p. 521–526.

MASTRONUZZI G. & SANSÒ P. (2002) - *Holocene coastal dune development and environmental changes in Apulia (southern Italy)*: *Sedimentary Geology*, v. 150, no. 1–2, p. 139–152, doi:10.1016/S0037-0738(01)00272-X.

MASTRONUZZI G. & SANSÒ P. (2012) - *The role of strong earthquakes and tsunamis in the Late Holocene evolution of the Fortore River coastal plain (Apulia, Italy): A synthesis*: *Geomorphology*, v. 138, no. 1, p. 89–99, doi:10.1016/j.geomorph.2011.08.027.

MATEU-VICENS G., POMAR L. & TROPEANO M. (2008) - *Architectural complexity of a carbonate transgressive systems tract induced by basement physiography*:

Sedimentology, v. 55, no. 6, p. 1815–1848, doi:10.1111/j.1365-3091.2008.00968.x.

MAZZA P. P. & RUSTIONI M. (2008) - *Processes of island colonization by Oligo–Miocene land mammals in the central Mediterranean: New data from Scontrone (Abruzzo, Central Italy) and Gargano (Apulia, Southern Italy)*: Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, v. 267, no. 3–4, p. 208–215, doi:10.1016/j.palaeo.2008.06.018.

MERLA G., ERCOLI A. & TORRE D. (1969) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, Foglio 164 "Foggia"*: Roma, Servizio Geologico d'Italia, 22 p.

MILANO G., DI GIOVAMBATTISTA R. & VENTURA G. (2005) - *Seismic constraints on the present-day kinematics of the Gargano foreland, Italy, at the transition zone between the southern and northern Apennine belts*: Geophysical Research Letters, v. 32, no. 24, p. 2–5, doi:10.1029/2005GL024604.

MONGELLI G., BUCCIONE R., GUEGUEN E., LANGONE A. & SINISI R. (2016) - *Geochemistry of the apulian allochthonous karst bauxite, Southern Italy: Distribution of critical elements and constraints on Late Cretaceous Peri-Tethyan palaeogeography*: Ore Geology Reviews, v. 77, p. 246–259, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.oregeorev.2016.03.002.

MONGELLI G., BUCCIONE R. & SINISI R. (2015) - *Genesis of autochthonous and allochthonous Apulian karst bauxites (Southern Italy): Climate constraints*: Sedimentary Geology, v. 325, no. JUNE, p. 168–176, doi:10.1016/j.sedgeo.2015.06.005.

MONGELLI F. & RICCHETTI G. (1970) - *Heat flow along the candelaro fault—Gargano headland (Italy)*: Geothermics, v. 2, p. 450–458.

MORETTI M., CIARANFI N., PIERI P. & UNIVERSITÀ G. (2010) - *Evoluzione geologica del settore settentrionale del Tavoliere di Puglia (Italia meridionale) nel Pleistocene medio e superiore: Il Quaternario*, v. 23, no. 2, p. 181–197.

MORSILLI M. (2004) - *Coeval drowning and emersion of a carbonate platform (Apulia, southern Italy): implication for the stratigraphic reconstructions*, in 32nd IGC Florence 2004 - Scientific Sessions 268–21.

MORSILLI M. (2000a) - *La Geologia del Pantano di S. Egidio*, in: La valorizzazione del Pantano di S. Egidio e la Via Sacra Langobardorum: San Giovanni Rotondo, Grafiche Quadrifoglio, p. 31–49.

MORSILLI M. (2000b) - *Nel Gargano sulle orme dei Dinosauri*: Gargano Parco, v. 2, no. 8, p. 1–7.

MORSILLI M. (1994) - *Rilevamento geologico-geomorfologico dell'area ad Est del Lago di Varano (FG)*: Tesi di Laurea - Università di Bologna, 145 p.

MORSILLI M. (2005a) - *Soft-sediment deformation structures in the Lago-Mare unit (Late Messinian, Gargano Promontory, Apulia, southern Italy)*: Epitome - Geoitalia 2005, 5° forum italiano di Scienze della Terra, v. 1, p. 84.

MORSILLI M. (1998) - *Stratigrafia e sedimentologia del margine della Piattaforma Apula nel Gargano (Giurassico*

*Superiore–Cretaceo Inferiore)*: Tesi di Dottorato - Università di Bologna, 203 p.

MORSILLI M. (2005) - *The Oligo-Miocene of the Gargano Promontory: new insights on the paleoenvironmental evolution of the Apulia domain (southern Italy)*, in European Science Foundation LESC Exploratory workshop- Berlin.

MORSILLI M. & BOSELLINI A. (1997) - *Carbonate facies zonation of the Upper Jurassic-Lower Cretaceous Apulia Platform Margin*: Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia, v. 103, no. 2, p. 193–206.

MORSILLI M., BOSELLINI A. & NERI C. (2017) - *Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 384 Vico del Gargano*: Rome, APAT Servizio Geologico d'Italia, 195 p.

MORSILLI M., BOSELLINI A. & RUSCIADELLI G. (2004) - *The Apulia carbonate platform margin and slope, Late Jurassic to Eocene of the Maiella and Gargano Promontory: physical stratigraphy and architecture*, in 32nd International Geological Congress - Field Trip Guidebook: APAT ed. Roma, p. 1–44.

MORSILLI M., DE COSMO P. D., BOSELLINI A. & LUCIANI V. (2003) - *Late Santonian partial drowning of the Apulia Carbonate Platform (Gargano promontory, southern Italy): new data for paleogeographic reconstructions*, in 22nd I.A.S. Regional Meeting: p. 135.

MORSILLI M. & FURLANIS S. (2005) - *Fan delta to alluvial fans of Messinian age in the Gargano Promontory (Apulia, southern Italy)*: Epitome, v. 1, p. 84.

MORSILLI M., HAIRABIAN A., BORGOMANO J., NARDON S., ADAMS E. W. & BRACCO GÄRTNER G. L. (2017) - *The Apulia Carbonate Platform In The Gargano Promontory (Upper Jurassic To Eocene - Southern Italy)*: AAPG Bulletin (in press).

MORSILLI M. & MORETTI M. (2011) - *Gli slumps del Gargano: paleofrane sottomarine del Cretaceo Inferiore*: Geoitalia, v. 36, p. 47–51.

MORSILLI M. & MORETTI M. (2009) - *Soft-sediment deformation structures in a tidal-dominated lagoonal deposits of the Gargano Promontory (late Messinian?, Apulia, southern Italy)*, in 27 th IAS Meeting of Sedimentology: p. 54.

MORSILLI M. & MORETTI M. (2007) - *Trigger mechanism recognition of the soft-sediment deformation in the upper Messinian deposits of the Gargano Promontory (Apulia, southern Italy)*, in GEOSSED Abstract Book: p. 64–65.

MORSILLI M. & NOFERINI M. (2005) - *The Neogene carbonate succession of the Gargano Promontory (Apulia, southern Italy): a record of paleoenvironmental changes*, in Geoitalia 2005, 5 forum italiano di Scienze della Terra.

MORSILLI M., RUSCIADELLI G. & BOSELLINI A. (2002) - *Large-scale gravity-driven structures: control on margin architecture and related deposits of a Cretaceous Carbonate Platform (Montagna della Maiella, Central Apennines, Italy)*: Bollettino della Società Geologica Italiana, v. s. 1, p. 619–628.

MORSILLI M. & SCIROCCO G. (2000) - *Le lagune di*

*Lesina e Varano (Promontorio del Gargano): introduzione alla geologia dei sistemi isola barriera-laguna*: in Atti del convegno nazionale “Verso il piano del parco: le lagune di Lesina e Varano, qualità ambientale e sviluppo sostenibile”, p. 1–15.

MORSILLI M., SCIROCCO G. & CIAVOLA P. (2017) - *Il Lago di Varano*, in Morsilli M., Bosellini A., eds., Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla Scala 1:50.000. Foglio 384 “Vico del Gargano”: Roma, APAT - Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici, p. 159–166.

NERI C. (1993) - *Stratigraphy and Sedimentology of the Monte Acuto Formation: Upper Cretaceous-lower Paleocene, Gargano Promontory, Southern Italy*: Annali dell'Università di Ferrara, Nuove Serie, Sezione IX, Scienze Geologiche e Paleontologiche, v. 4, p. 13-44.

NERI C. & LUCIANI V. (1994) - *The Monte S. Angelo Sequence (Late Cretaceous–Paleocene, Gargano Promontory, southern Italy): physical stratigraphy and biostratigraphy*: Giornale di Geologia, v. 56, p. 149–165.

NICOLAI C. & GAMBINI R. (2007) - *Structural architecture of the Adria platform-and-basin system*: Boll. Soc. Geol. It., v. 7, no. 7, p. 21–37.

ORSZAGSPERBER F. (2006) - *Changing perspectives in the concept of “Lago-Mare” in Mediterranean Late Miocene evolution*: Sedimentary Geology, v. 188–189, p. 259–277, doi:10.1016/j.sedgeo.2006.03.008.

ORTOLANI F. & PAGLIUCA S. (1992) - *Il Gargano (Italia meridionale): un settore di avampaese deformato tra le catene appenninica e dinarica*: Memorie della Società Geologica Italiana, v. 41 (1988), p. 1245–1252.

ORTOLANI F. & PAGLIUCA S. (1989) - *Tettonica transpressiva nel Gargano e rapporti con le catene Appenninica e Dinarica*: Mem. Soc. Geol. It, v. 38 (1987), p. 205–224.

PASCULLI A., SCIARRA N. & CALISTA M. (2008) - *Static and dynamic stability analyses of Peschici cliff (Southern Italy)*: Georisques, Geohazard.

PATACCA E. & SCANDONE P. (2004) - *The 1627 Gargano earthquake (Southern Italy): Identification and characterization of the causative fault*: Journal of Seismology, v. 8, no. 2, p. 259–273, doi:10.1023/B:JOSE.0000021393.77543.1e.

PATACCA E., SCANDONE P., DI LUZIO E., CAVINATO G. P. & PAROTTO M. (2008) - *Structural architecture of the central Apennines: Interpretation of the CROP 11 seismic profile from the Adriatic coast to the orographic divide*: Tectonics, v. 27, no. 3, p. 1–36, doi:10.1029/2005TC001917.

PATACCA E., SCANDONE P. & MAZZA P. (2008) - *Oligocene migration path for Apulia macromammals: the Central-Adriatic bridge*: Bollettino della Società geologica italiana, v. 127, no. 2, p. 337–355.

PAVAN G. & PIRINI C. (1966) - *Stratigrafia del Foglio 157 “Monte S. Angelo”*: Bollettino del Servizio Geologico d'Italia, v. 86, p. 123–189.

PAVIA M. ET AL. (2012) - *Stratigraphical and palaeontological data from the Early Pleistocene Pirro 10*

*site of Pirro Nord (Puglia, south eastern Italy)*: Quaternary International, v. 267, p. 40–55, doi:10.1016/j.quaint.2010.12.019.

PAVIA G., BERTOK C., CIAMPO G., DI DONATO V., MARTIRE L., MASINI F., PAVIA M., SANTANGELO N., TADDEI RUGGIERO E. & ZUNINO M. (2010) - *Tectono-sedimentary evolution of the Pliocene to Lower Pleistocene succession of the Apricena-Lesina-Poggio Imperiale quarrying district (western Gargano, southern Italy)*: Italian Journal of Geosciences, v. 129, no. 1, p. 132–155, doi:10.3301/IJG.2009.11.

PETTI F. M., CONTI M. A., PORCHETTI S. D. O., MORSILLI M., NICOSIA U. & GIANOLLA P. (2008) - *A theropod dominated ichnocoenosis from late hauterivian-early barremian of Borgo Celano (Gargano Promontory, Apulia, southern Italy)*: Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia, v. 114, no. 1, p. 3–17.

PICCARDI L. (2005) - *Paleoseismic evidence of legendary earthquakes: The apparition of Archangel Michael at Monte Sant'Angelo (Italy)*: Tectonophysics, v. 408, no. 1–4, p. 113–128, doi:10.1016/j.tecto.2005.05.041.

POLEMIO M., DI CAGNIO M. & VIRGA R. (2000) - *Le acque sotterranee del Gargano*: Acque Sotterranee, no. 68.

POMAR L. & TROPEANO M. (2001) *The Calcarenite di Gravina Formation in Matera (southern Italy): New insights for coarse-grained, large-scale, cross-bedded bodies encased in offshore deposits*: AAPG bulletin, v. 85, no. 4, p. 661.

POSENATO R., M. DE FINO, LA VOLPE L. & PICCARRETA G. (1994) - *L'affioramento del Trias superiore delle Pietre Nere (calcari e gessi) e i prodotti del vulcanesimo basico paleogenico, in Geologia delle aree di avampaese*: 77° Congresso della Società Geologica Italiana. Guida all'escursione: Società Geologica Italiana, p. 19–23.

POSENATO R. & MORSILLI M. (1999) - *New species of Peregrinella (Brachiopoda) from the Lower Cretaceous of the Gargano Promontory (southern Italy)*: Cretaceous Research, v. 20, no. 5, p. 641–654, doi:10.1006/cres.1999.0171.

RICCHETTI G., CIARANFI N., SINNI E. L. & MONGELLI F. (1992) - *Geodinamica ed evoluzione sedimentaria e tettonica dell'avampaese apulo*: Mem. Soc. Geol. It, v. 41 (1988), p. 57–82.

RICCHETTI G. & MONGELLI F. (1980) - *Flessione e campo gravimetrico della micropiastra apula*: Boll. Soc. Geol. It., v. 99, p. 431–436.

RICCI LUCCHI M., FIORINI F., COLALONGO M. & CURZI P. (2006) - *Late-Quaternary paleoenvironmental evolution of Lesina lagoon (southern Italy) from subsurface data*: Sedimentary Geology, v. 183, no. 1–2, p. 1–13, doi:10.1016/j.sedgeo.2005.09.003.

RUSSO M. (2008) - *I minerali delle vulcaniti nel Gargano (Lésina, Foggia, Puglia)*: Micro, p. 227–244.

RUSSO A. & MORSILLI M. (2007) - *New insight on architecture and microstructure of Ellipsactinia and Sphaeractinia (demosponges) from the Gargano*

*promontory (southern Italy)*: *Geologica Romana*, v. 40, p. 215–225.

SALVI S. ET AL. (1999) - *A multidisciplinary approach to earthquake research: implementation of a Geochemical Geographic Information System for the Gargano site, Southern Italy*: *Natural Hazards*, v. 20, no. 2, p. 255–278.

SALVINI F., BILLI A. & WISE D. U. (1999) - *Strike-slip fault-propagation cleavage in carbonate rocks: the Mattinata Fault Zone, Southern Apennines, Italy*: *Journal of Structural Geology*, v. 21, no. 12, p. 1731–1749, doi:10.1016/S0191-8141(99)00120-0.

SARDELLA R., PALOMBO M., PETRONIO C., BEDETTI C. & PAVIA M. (2006) - *The early Middle Pleistocene large mammal faunas of Italy: An overview*: *Quaternary International*, v. 149, no. 1, p. 104–109, doi:10.1016/j.quaint.2005.11.023.

SELLI R. & ZECCHI R. (1981) - *Sismotettonica dell'Italia meridionale fra il 40° e 42° parallelo*: *Rendiconti della Società Geologica Italiana*, v. 4, p. 623–628.

SIMEONI U., MAZZINI E., TESSARI U. & CIAVOLA P. (1999) - *Valutazione integrata, a fini gestionali, delle dune costiere: metodologia e caso studio*: *Studi Costieri, Dinamica e difesa dei litorali*, v. 1, p. 85–102.

SPALLUTO L. & PIERI P. (2008) - *Carta geologica delle unità carbonatiche mesozoiche e cenozoiche del Gargano sudoccidentale: nuovi vincoli stratigrafici per l'evoluzione tettonica dell'area*: *Mem. Descr. Carta Geologica d'Italia*, v. LXXVII, p. 147–176.

SPALLUTO L., PIERI P. & RICCHETTI G. (2005) - *Inner platform carbonate facies of the Gargano Promontory: implications for paleoenvironments and correlation with the coeval succession of the Murge area (Southern Italy, Puglia)*: *Bollettino della Società Geologica Italiana*, v. 124, p. 675–690.

SUHADOLC P., ZADRO M. & PANZA G. F. (1982) - *Seismic behavior of the Gargano region: a statistical analysis*: *Geologia Applicata e Idrogeologia*, v. 27, p. 195–200.

TAVERNE L. & DE COSMO P. D. (2008) - *Les poissons du Santonien (Cretace superieur) d'Apricena (Italie du Sud). 1°. Chanoides weberi sp. nov. (Teleostei, Ostariophysii, Otophysi, Chanoididae)*: *Bollettino del Museo Civico di Storia Naturale di Verona: Geologia Paleontologia Preistoria*, v. 32, p. 29–38.

TINTI S. & ARMIGLIATO A. (2003) - *The use of scenarios to evaluate the tsunami impact in southern Italy*: *Marine*

*Geology*, v. 199, no. 3–4, p. 221–243, doi:10.1016/S0025-3227(03)00192-0.

TINTI S. & MARAMAI A. (1999) - *Large tsunamis and tsunami hazard from the new Italian tsunami catalog*: *Physics and Chemistry of the Earth, Part A: Solid Earth and Geodesy*, v. 23, no. 2, p. 151–156.

TINTI S., MARAMAI A. & FAVALI P. (1995) - *The Gargano promontory: an important Italian seismogenic-tsunamigenic area*: *Marine Geology*, v. 122, no. 3, p. 227–241.

TINTI S. & PIATANESI A. (1996) - *Numerical simulations of the tsunami induced by the 1627 earthquake affecting Gargano, Southern Italy*: *Journal of Geodynamics*, v. 21, no. 2, p. 141–160.

TONDI E., PICCARDI L., CACON S., KONTNY B. & CELLO G. (2005) - *Structural and time constraints for dextral shear along the seismogenic Mattinata Fault (Gargano, southern Italy)*: *Journal of Geodynamics*, v. 40, no. 2–3, p. 134–152, doi:10.1016/j.jog.2005.07.003.

TRAMONTANA M., MORELLI D. & COLANTONI P. (1995) - *Tettonica Plio-Quaternaria del sistema sud-garganico (settore orientale) nel quadro evolutivo dell'Adriatico centro-meridionale*: *Studi Geologici Camerti, volume speciale*, p. 467–473.

VALLERI G. (1984) - *New data on planktic foraminifera biostratigraphy from the Neogene of the Gargano peninsula (Foggia, Southern Italy)*: *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, v. 90, p. 375–406.

ZAPPATERA E. (1994) - *Source-rock distribution model of the Periadriatic region*: *AAPG Bulletin*, v. 78, no. 3, p. 333–333, doi:10.1306/BDF90A0-1718-11D7-8645000102C1865D.

ZEZZA F. (1975) - *Le facies carbonatiche della Puglia ed il fenomeno carsico ipogeo*: *Geologia Applicata e Idrogeologia*, v. 10, p. 1–31.

ZEZZA F., MACRI F. & POLEMIO M. (1998) - *Nuove conoscenze idrogeologiche del Gargano centrale*: *Memorie della Società Geologica Italiana*, v. 51 (1996), p. 1037–1043.

ZUNINO M., PAVIA M., FERNANDEZ-LOPEZ S. R. & PAVIA G. (2012) - *Taphonomic Analysis of the Lower Pleistocene Pirro Nord Fossil Locality (Pirro 10 Site, Puglia, Southern Italy)*: *a Depositional Model for Vertebrate Assemblages in a Karstic Environment*: *Palaios*, v. 27, no. 1, p. 3–18, doi:10.2110/palo.2011.p11-029r.