

ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI

ATTI DEI CONVEGNI LINCEI

335

Convegno

**L'EREDITÀ SCIENTIFICA
DI PAOLO SCANDONE, GEOLOGO**

(Roma, 29 marzo 2019)



ROMA 2020

BARDI EDIZIONI
EDITORE COMMERCIALE

© by Accademia Nazionale dei Lincei

*Si ringrazia la «Associazione Amici della Accademia dei Lincei»
per la collaborazione offerta alla edizione del presente volume*

ISSN: 0391-805X

ISBN: 978-88-218-1199-9

FINITO DI STAMPARE NEL MESE DI LUGLIO 2020

Antica Tipografia dal 1876 srl – Corso del Rinascimento 24, 00186 Roma
Azienda con Sistema Qualità certificato ISO 9001-14001 - OHSAS 18001

INDICE

COMITATO ORDINATORE.....	Pag.	5
PAOLO SCANDONE, Breve profilo biografico.....	»	7
PROGRAMMA	»	9
R. CATALANO, G.V. DAL PIAZ, B. D'ARGENIO, A. PRATURLON – Introduzione	»	11
R. CATALANO – Paolo Scandone e la sua eredità scientifica. Motivi di una commemorazione	»	13
B. D'ARGENIO – Paolo Scandone e la rinascita della Geologia napoletana negli anni '60 del secolo scorso.....	»	25
D. BERNOULLI – A portrait of the scientist as a young man: Paolo Scandone fathoms the Triassic seaways.....	»	33
H.C. JENKYNs – The demise and drowning of Early Jurassic (Sinemurian) carbonate platforms: stratigraphic evidence from the Italian peninsula, Sicily and Spain.....	»	55
A. PRATURLON – Paolo Scandone nel fermento culturale delle Geoscienze degli anni '60-'70.....	»	83
G. MOLLI – Paolo Scandone: primo Direttore del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Pisa, docente e col- lega.....	»	97
D. COSENTINO – Paolo Scandone: geologo, maestro e amico.....	»	107
V. PETRINI – Paolo Scandone e il rischio sismico. Anni di colla- borazione e interazione	»	121
G. MANIERI – Paolo Scandone e il rischio sismico. Il rapporto di collaborazione ed interazione con le Istituzioni regionali..	»	127
G.V. DAL PIAZ – Paolo Scandone, il Modello Strutturale d'Ita- lia e le Alpi	»	131

L. CARMIGNANI, P. CONTI, A. PIRRO – Le attività didattiche e scientifiche degli anni più recenti di Paolo Scandone a Siena..	Pag. 149
G.F. PANZA – Paolo Scandone la rivoluzione nelle Geoscienze e nuovi paradigmi: NDSHA e Polarized Plate Tectonics	» 159
G.B. VAI – Dai pascoli irpini allo “sfasciume” calabro-lucano alle coltri delle Alpi, e ritorno: Paolo Scandone.....	» 169
C. DOGLIONI – Struttura dell’Appennino meridionale e il contributo di Paolo Scandone.....	» 187
A. IANNACE – Paolo Scandone e la Geologia a Napoli “senza Scandone”	» 195
F. BARBERI – Il ruolo di Paolo Scandone nel Progetto Finalizzato Geodinamica del CNR	» 203
DISCUSSIONE FINALE – Interventi di Praturlon, Carmignani, Barberi, La Vecchia, Iannace, D’Ambrosio, Doglioni, Catalano .	» 205
BIBLIOGRAFIA DI PAOLO SCANDONE	» 213

COMITATO ORDINATORE:

RAIMONDO CATALANO (Coordinatore)

FRANCO BARBERI

DANIEL BERNOULLI

BRUNO D'ARGENIO

GIORGIO VITTORIO DAL PIAZ

CARLO DOGLIONI

GIULIANO FRANCESCO PANZA

ANTONIO PRATURLON



PAOLO SCANDONE

PAOLO SCANDONE (1939-2016)

Laureato in Scienze Geologiche presso l'Università di Napoli nel luglio 1961 con il massimo dei voti e la lode discutendo una tesi sul Lagonegrese (Appennino Meridionale). Nel dicembre dello stesso anno è stata data alle stampe, sui Rendiconti dell'Accademia di Scienze Fisiche e Matematiche di Napoli, una sintesi dell'argomento della tesi in un articolo dal titolo "Nuove vedute sulla geologia dei dintorni di Lagonegro".

Assistente di Geologia presso la Facoltà di Scienze dell'Università di Napoli dal novembre 1961 al 1975.

Professore incaricato presso l'Università di Napoli, dove ha tenuto ininterrottamente il corso di Rilevamento Geologico, dal 1964 al 1975.

Libero docente in Geologia nel 1970.

Soggiorni di studio in Svizzera tra il 1968 e il 1973. Nel 1968-1969 presso il Politecnico di Zurigo, dedicato all'approfondimento di temi di tettonica teorica e in particolare al problema dell'attrito nei sovrascorimenti (referente K. Hsü) e nel 1973 presso l'Università di Basilea (referente H. P. Laubscher) per apprendere le tecniche della retrodeformazione e dell'analisi cinematica.

Prof. Straordinario (1975) alla Facoltà di Scienze Naturali, Fisiche e Matematiche dell'Università di Napoli, dove ha prestato servizio fino al 1978.

Prof. Ordinario presso l'Università di Pisa dal 1978 al 2010. In questa qualità ha speso la sua attività didattica insegnando varie materie geologiche nel Corso di Laurea in Scienze Geologiche e nel Corso di Laurea Specialistica in Geofisica di Esplorazione ed Applicata. In congedo per raggiunti limiti di età nel 2010, ha tuttavia continuato a tenere, fino al 2015, in qualità di Docente esterno, corsi di insegnamento

Direttore del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Pisa (1981-85) nel primo quadriennio della sua fondazione.

Premio Dal Piaz della Società Geologica Italiana nel 1974. Premio Linco nel 2008.

Socio Corrispondente dell'Accademia dei Lincei (2011).

Responsabile nell'ambito del Progetto Finalizzato Geodinamica del CNR (1976) del Sottoprogetto "Modello Strutturale d'Italia," il cui elaborato finale rappresenta ancor oggi la documentazione più completa in terraferma e in mare della geologia della penisola italiana e regioni adiacenti.

Direttore del Sottoprogetto “CROP 4/89 - Appennino Meridionale” (dal 1989 all’inizio degli anni 2000) nell’ambito del Progetto CROP (Crosta Profonda) L’integrazione tra le conoscenze sulle strutture di superficie derivanti dalla geologia regionale e le conoscenze sulle strutture di sottosuolo derivanti dall’interpretazione di profili sismici a riflessione calibrati da pozzi profondi ha consentito di ricostruire la struttura dell’Appennino fino a profondità superiori ai 20 chilometri.

Responsabile della Linea di Ricerca “Zonazione Sismica e Riclassificazione Sismica” e della Linea di Ricerca “Sismotettonica” del Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti del CNR (GNDT).

Membro della Commissione Grandi Rischi della Protezione Civile (1985-1995).

PROGRAMMA

- 09.30 Saluto della Presidenza dell'Accademia
Raimondo CATALANO (Università di Palermo): *Motivi di una commemorazione. Presentazione*
- 10.00 Bruno D'ARGENIO (Università di Napoli Federico II): *Paolo Scandone e la rinascita della geologia napoletana negli anni '60 del secolo scorso*
- 10.20 Daniel BERNOULLI (Department of Earth Sciences, ETH, Zürich): *A portrait of the scientist as a young man: Paolo Scandone fathoms the Triassic seaways*
- 10.40 Hugh C. JENKYN (University of Oxford): *Early Jurassic evolution of the Tethyan continental margin from the Alps to Sicily*
- 11.00 Intervallo
- 11.20 Antonio PRATURLON (Università di Roma Tre): *Paolo Scandone nel fermento culturale delle Geoscienze degli anni '60-'70*
- 11.40 Franco BARBERI (Università di Roma Tre): *Il ruolo di Paolo Scandone nel Progetto Finalizzato Geodinamica del CNR*
- 12.00 Giancarlo MOLLI (Università di Pisa): *Paolo Scandone: Direttore del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Pisa, docente e collega*
- 12.15 Domenico COSENTINO (Università di Roma Tre): *Paolo Scandone: Geologo, maestro e amico*
- 12.30 Vincenzo PETRINI (Politecnico di Milano): *Paolo Scandone e il rischio sismico – Anni di collaborazione ed interazione*
- 12.50 Giovanni MANIERI (Regione Emilia): *Paolo Scandone e il rischio sismico – Il rapporto di collaborazione ed interazione con le Istituzioni regionali*
- 13.00 Intervallo

- 14.00 Giorgio V. DAL PIAZ (Università di Padova): *Paolo Scandone e il Settore alpino dello Structural Model of Italy and Gravity Map*
- 14.20 Luigi CARMIGNANI (Università di Siena): *Le attività didattiche e scientifiche degli anni più recenti di Paolo Scandone a Siena*
- 14.40 Giuliano F. PANZA (Università di Trieste): *Paolo Scandone la rivoluzione nelle Geoscienze e nuovi paradigmi: NDSHA e Polarized Plate Tectonics*
- 15.00 Gian Battista VAI (Università di Bologna): *Dai pascoli irpini allo “sfasciume” calabro-lucano alle coltri delle Alpi, e ritorno: Paolo Scandone*
- 15.20 Carlo DOGLIONI (Sapienza, Università di Roma): *Struttura dell’Appennino meridionale e il contributo di Paolo Scandone*
- 15.40 Conclusioni

INTRODUZIONE

a cura di

R. CATALANO, G.V. DAL PIAZ, B. D'ARGENIO, A. PRATURLON

Paolo Scandone, Linceo, profondo conoscitore della geologia dell'Appennino, è venuto a mancare anzitempo. Egli è stato per un cinquantennio un protagonista della Geologia in Italia, e svariati sono i campi di ricerca in cui ha lasciato un segno. A lungo è rimasto un riferimento culturale, oltre che scientifico, con cui confrontarsi. Dagli studi iniziali sui bacini Triassici (Lagonegro) alle intuizioni sul significato del Tirreno e sulla struttura profonda dell'Appennino centro-meridionale, Paolo Scandone ha lasciato una traccia significativa nella innovazione dei modelli. Essenziale il suo impegno profuso negli anni della maturità nel Progetto Finalizzato Geodinamica, al cui successo contribuì, con altri, attraverso la realizzazione dello *Structural Model of Italy and Gravity Map*, un elaborato che, a cavallo del nuovo Millennio, concorse a generare in Italia una sostanziale rivoluzione nelle Geoscienze.

Non perdere la memoria di questi contributi significa anche ripensare il nostro passato collettivo di ricercatori per ridisegnare progetti per il Futuro.

La commemorazione proposta per il Convegno ha previsto interventi relativi ai settori delle Geoscienze nei quali Paolo Scandone si è cimentato con successo e intende contribuire a ricordare (sono trascorsi ormai due anni dalla sua scomparsa) la sua attività di ricerca ed il suo insegnamento in vari settori delle Geoscienze. Sulle sue attività di docente universitario e sull'impegno nell'istituzione accademica si sono pronunciati i Dipartimenti di Scienze della Terra delle Università di Napoli e Pisa, che, memori dello straordinario apporto di Paolo, hanno partecipato all'evento con l'unanime patrocinio delle loro strutture.

I colleghi e gli amici coinvolti in questo ricordo hanno illustrato i tratti salienti del suo percorso scientifico ma, come appare dalla varietà dei temi dei loro interventi, hanno ricostruito anche un momento storico nel processo di innovazione che ha investito tutti gli aspetti delle Scienze Geologiche in Italia. È innegabile che le iniziative più significative nel campo delle Ge-

oscienze italiane tra la fine degli anni ottanta del secolo scorso e il 2000 (Progetto Finalizzato Geodinamica, Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, Progetto Crosta Profonda) lo videro fortemente impegnato per molti anni. Furono iniziative capaci di mobilitare e coinvolgere, come mai prima di allora, un grandissimo numero di ricercatori attorno a progetti comuni, di attrarre fondi e soprattutto, ed è questa l'innovazione più importante e sentita da Paolo Scandone, di produrre e trasmettere risultati scientifici con un elevato impatto sociale.

Il convegno che si è svolto in una gremita sala della Classe di Scienze fisiche, matematiche e naturali di Palazzo Corsini, ha visto la presenza della moglie Prof. Etta Patacca, della sorella Marisa e delle figlie Paola, Flavia e Berenice, insieme a quella di numerosi ricercatori, amici, colleghi e allievi.

Tutti i relatori hanno inviato il testo dei loro interventi che, dopo revisione, sono stampati nel presente volume degli Atti dei Convegni che la Presidenza dell'Accademia dei Lincei ha messo a disposizione dell'evento.

L'Accademia dei Lincei, che ha ospitato importanti dibattiti scientifici sulla Geologia italiana (Paolo Scandone fu tra i protagonisti), ha offerto l'occasione per onorare un suo Socio e al tempo stesso consentire una discussione sulle prospettive di future ricerche e nuovi progetti, cui sono chiamate le Scienze Geologiche italiane.

Questo dibattito, avvenuto come previsto al termine delle comunicazioni, ha coinvolto numerosi ricercatori di varie sedi universitarie ed enti di ricerca, impegnati nei loro interventi ad individuare prospettive di sviluppo e di collaborazione scientifica mirate a completare uno degli obiettivi fondamentali dei progetti di Paolo Scandone: la realizzazione, in chiave di cartografia digitale, del Modello strutturale d'Italia e la sua diffusione come prodotto di consultazione multimediale. Gli interventi di questo significativo dibattito sono riportati nella seconda parte di questo volume.

Ringraziamenti – Rivolghiamo un grazie particolare a Etta Patacca, compagna appassionata di Paolo nella vita e nella ricerca. Dopo iniziali e comprensibili perplessità, Etta ci ha fornito un grande sostegno nella preparazione di questo evento e del relativo volume degli Atti, collaborando alla Scheda della produzione scientifica più significativa di Paolo Scandone (v. p. 213).

RAIMONDO CATALANO^(*)

PAOLO SCANDONE E LA SUA EREDITÀ SCIENTIFICA.
MOTIVI DI UNA COMMEMORAZIONE

ABSTRACT. – Paolo Scandone has been a leading figure of the geological community of Italy for almost fifty years. His many achievements in different fields of the Earth sciences reflect a deep insight into geological processes and, in general, the ways of science. Over many years he had a large influence on the evolution of concepts of the geodynamic evolution of the Apennines, its Adriatic foreland and the Tyrrhenian back-arc basin. His scientific biography reflects also our collective past as Earth scientists during the late 20th and early 21st century and his work will have a strong impact for future development. With the proceedings of the conference, the Accademia dei Lincei honours the memory of Paolo Scandone as a great geologist. They include contributions by friends and colleagues illustrating the different faces of his activities from the early years in Naples, devoted to the deciphering of the tectonic evolution of the Southern Apennines and Calabria, to his later research dealing with the geodynamic evolution of the Apenninic-Maghrebide mountain system and its surroundings as a whole. In this larger context, he was one of the driving forces in the Italian national geological projects at the turn of the century, PFG (Progetto Finalizzato Geodinamica) and CROP, the Italian project of deep crustal refraction seismics. As never before these two projects brought together a large number of Italian geoscientists resulting in a new synthesis of the Geology of Italy that yielded also a large impact with respect to societal problems like natural hazards, urban planning and the like. Paolo Scandone collaborated in all these ventures with great enthusiasm, competence and never failing intellectual honesty. His scientific heritage will be one of the foundations for future geological research in Italy.

INTRODUZIONE

Paolo Scandone, collega ed amico ci ha lasciati anzitempo nell'estate del 2016. Insieme a Bruno D'Argenio, Giorgio Vittorio Dal Piaz ed Antonio Pratlun, proponemmo alla Categoria di Geoscienze dei Lincei (che unani-

^(*) Linceo, Università di Palermo.

memente fece propria) una giornata di studi sull'eredità scientifica di Paolo nel campo delle Geoscienze.

Il Convegno in ricordo di Paolo Scandone (protagonista di diversi dibattiti, organizzati nella sede dei Lincei) ha visto una sincera e commossa partecipazione di colleghi, amici e allievi che sono intervenuti numerosissimi nella giornata del ricordo. Con grande entusiasmo ed emozione alcuni di loro hanno presentato interessanti comunicazioni che sono state stampate in questo volume degli Atti dei Convegni dei Lincei.

Nell'accennare ai motivi che sottendono l'importanza dell'evento, cercherò di collegare gli sparsi ricordi di una frequentazione antica con Paolo Scandone ad alcuni momenti critici vissuti nei nostri mondi, a volte paralleli. Farò continuo riferimento anche allo straordinario contributo di notizie ed idee (presenti nelle comunicazioni dei colleghi) che fanno da contrappunto o sostegno al mio personale, e per ciò non sempre condivisibile, laico racconto.

Paolo Scandone è stato per un cinquantennio un protagonista della Geologia in Italia; svariati sono i campi di ricerca in cui ha lasciato un segno: nel dibattito scientifico e nell'approccio metodologico, la valutazione dei suoi risultati da parte dei ricercatori suoi contemporanei o futuri potrebbe risultare varia e/o discorde, ma è indiscutibile il fatto che egli sia stato a lungo un riferimento culturale con cui confrontarsi.

Non perdere la memoria del suo lascito scientifico significa, anche, ripensare il nostro passato collettivo di ricercatori che si interrogano sulla capacità di riconsiderare la ricerca alla luce della loro (a volte) controversa esperienza e di ridisegnare ancora progetti per il futuro.

Sulla base di questa convinzione e senza trascurare i riflessi del contesto storico in cui tutto questo è avvenuto, ci piace ricordarlo e confrontarci con gli eventi e gli esiti che lo videro protagonista (si vedano a questo proposito, nel volume i contributi di Bernoulli, Jenkyns, Doglioni, Panza, Vai).

L'ATTIVITÀ DI RICERCA. LE INFLUENZE CULTURALI

Le originali intuizioni di Paolo Scandone su alcune tematiche, sviluppate nella pratica della ricerca geologica nell'area mediterranea, sono accreditate da una prestigiosa bibliografia⁽¹⁾. I risultati raggiunti ne rivelano

⁽¹⁾ Per chi volesse approfondire i contenuti delle sue ricerche si rimanda alla Scheda bibliografica in questo volume, che riporta alcuni titoli (tra gli oltre duecento della produzione scientifica) ritenuti significativi nel contesto degli studi affrontati da Paolo Scandone. Pur consapevoli dell'esistenza di un motivo conduttore che lega le sue tematiche di ricerca, per semplicità di lettura i lavori sono raggruppati in intervalli temporali accompagnati da brevi note descrittive. Per l'elenco completo si veda il sito <http://www.geotecnologie.unisi.it/scandone>.

la qualità scientifica e ne spiegano la grande influenza esercitata nella comunità scientifica nazionale ed internazionale. Penso ad argomenti come la geologia di Lagonegro, i bacini triassici della Tetide (vedi l'approfondita ricostruzione di Bernoulli in questo volume), lo studio della Catena Calabra (Vai, questo volume), il significato geodinamico dell'evoluzione del Tirreno, la visione perseguita nella costruzione di un nuovo modello stratigrafico e strutturale tridimensionale d'Italia, il fato della litosfera continentale nell'evoluzione geodinamica del sistema Appennino-Tirreno (interessanti notazioni in Panza, questo volume) e l'applicazione nella cultura della prevenzione del rischio sismico e dei rischi naturali.

Con riferimento alla sua formazione culturale e scientifica, nel tempo si sono fatte allusioni diverse ai possibili maestri che lo avrebbero ispirato ed alla sua adesione, integrale o meno, ai canoni della nuova Tettonica Globale. In verità non ci sono evidenze scientifiche che Scandone avesse avuto maestri, ma si può pensare soltanto a feconde influenze, anche ideali: il leggendario Di Lorenzo a Napoli, che spaziava dalla geologia agli studi sul buddismo antico, il geologo del petrolio e tettonista alpino H. Laubscher di Basilea, alcuni prestigiosi geologi alpini italiani della precedente, ma anche della sua generazione. Per i nuovi paradigmi della Tettonica Globale emerge una iniziale laica attenzione, da cui trasparirebbe, tuttavia, perplessità sui primi contributi di geofisici anglosassoni (Dewey, Ryan) sulle ricostruzioni geodinamiche dell'area italiana in termini di *Plate Tectonics*.

Rare ma acute sono, comunque, le sue incursioni nel dibattito teorico (vedi Royden *et al.*, 1987, sulla anomalia dell'avanfossa appenninica, dove il carico della catena risulterebbe insufficiente per spiegare la formazione dell'avanfossa). Dibattito sviluppatosi anche in Italia, dopo gli anni '90, con il contributo di geologi e geofisici (Doglioni, Panza, Chiarabba e vari altri nelle Università e CNR); essenziale si rivelerà l'impulso dato agli studi sulla struttura del sistema litosfera-astenosfera del Mediterraneo centrale tanto nell'ambito del Progetto Geodinamica (PFG) quanto in quello del Progetto CROP (Crosta Profonda).

LA COMUNITÀ GEOLOGICA ITALIANA AGLI INIZI DEGLI ANNI '60

I Relatori del Convegno, nell'illustrare momenti diversi del suo tragitto scientifico, esprimono opinioni originate, inevitabilmente, da culture e sensibilità diverse. Tutte quante, tuttavia, tendono a restituirci la storia univoca di un ricercatore che appare sempre contemporaneo a momenti di innovazione e di sviluppo nel campo delle Geoscienze in Italia, ed in particolare in quello della Geologia e della Geofisica. Al contempo, dai vari contributi

emerge una ricostruzione dell'intreccio tra società del tempo e sviluppo delle Geoscienze in Italia che è una riflessione importante per una storia da scrivere (come ha funzionato la scienza e come hanno lavorato i ricercatori?) sulla nostra comunità geologica nel trascorso cinquantennio (si vedano i contributi di D'Argenio, Panza, Vai e in particolare Praturlon).

Agli inizi degli anni '60, in Italia, buona parte dei ricercatori dell'accademia e degli enti di ricerca, nel campo della Geologia in particolare, manifestava ancora comportamenti di chiusura dentro recinti locali, quasi una forma di "geocentrismo dottrinario", rispetto all'approccio scientifico corrente e al vento di novità legato alla rivoluzione culturale che stava manifestandosi nel resto del mondo geologico (i paradigmi della nuova Tettonica Globale). Comportamenti che erano, a mio parere, eredità dell'atteggiamento tipico della cultura autocratica sviluppatasi nel primo dopoguerra e culminata nel ventennio fascista. Non mancavano atteggiamenti di tollerante anche se ancora "monarchica" conduzione in talune università e si differenziavano alcuni anziani ricercatori di spiccata personalità, prestigiosi ma pur sempre conservatori. Attorno ai loro studi interessanti si sviluppava, a volte, un circoscritto dibattito che rimaneva sempre nel contesto scientifico della "*parental affection for a favorite theory*" (Chamberlin 1890), più o meno imposta con il ricatto della tradizione accademica. Con riferimento ai nuovi paradigmi, poi, si confermava in generale e con poche eccezioni un «atteggiamento di estraneità, se non di resistenza, dell'élite accademica italiana che sembrava osteggiare la teoria della Plate Tectonics con un rifiuto di comprenderne i presupposti» (Gasparini 2016).

Per rappresentare meglio quel tempo è utile fare riferimento anche al disagio (nel campo della Geologia ma direi, in generale, nel mondo accademico) di quei giovani studiosi portatori di nuove idee, inizialmente pochi, che stavano vivendo tanto la difficoltà di emergere, quanto la conflittualità nella società civile di quel tempo. Di questa contraddizione che nasceva, in particolare, nell'Università italiana, tralascio le note lotte per la riforma universitaria o per la democratizzazione dell'Istituzione. Accenno, invece, alle motivazioni e convinzioni che spinsero alla formazione di un idem sentire che avrebbe consentito, tra l'altro, una cauta e progressiva attivazione di collaborazioni tra discipline diverse, operata da giovani geologi che interagivano nelle Università e in strutture pubbliche quali il CNR. Quest'ultimo Ente sarebbe stato negli anni seguenti un volano (non solo economico) insostituibile per i grandi Progetti della Geologia Italiana prima di venire depauperato e/o smembrato (vedi l'affresco, effettuato dall'interno, e la lucida analisi del suo decadimento in Praturlon, questo volume).

Per altro verso, la famosa Legge Sullo (finanziamenti per il completamento della carta geologica d'Italia alla scala di 1:100.000), aveva influito fortemente, ad esempio, sulla formazione di un buon numero di nuove figu-

re (rilevatori ed analisti). Il sistema mise in moto, specie nel Sud, un meccanismo che andava oltre il conseguimento, in concreto, del posto di lavoro e della realizzazione del mero obiettivo tecnico-scientifico della cartografia; generò, infatti, l'entusiasmante consapevolezza della acquisizione del sapere in un contesto di autonomia scientifica. Quello fu, probabilmente, il tempo nel quale si andava costruendo, nella società (ma anche nella ricerca), ciò che i sociologi chiamano "lo stato nascente" di quella che poi diventerà la nuova classe egemone; i gruppi si vanno aggregando e si contrappongono alla esistente Istituzione. Fuori di metafora, mi piace pensare che quello descritto possa essere immaginato come "lo stato nascente" della generazione dei giovani ricercatori in fermento (nelle università meridionali soprattutto) e tra i primi Paolo Scandone con i suoi colleghi della "primavera geologica napoletana" (vedi testimonianza nei contributi di D'Argenio, Praturlon e altri in questo volume).

I CAMBIAMENTI. IL CASO DEL MODELLO STRUTTURALE

I cambiamenti furono, senza dubbio, il risultato dell'impegno di una nuova generazione, formatasi nel contesto della rivoluzione nella scuola e nella società italiana, a partire dalla fine degli anni '60, e nella quale, come sempre avviene nelle cose umane, si realizza una confusa commistione di entusiasmo sincero / buona fede e di cinica e connivente accettazione della trasformazione con nuovi riposizionamenti ed opportunismi.

L'evidenza di questi cambiamenti si ritrova, poi, nelle cose.

Nel nostro campo ed in relazione alle vicende che videro Paolo Scandone protagonista, l'esempio è dato dall'esito cui andò incontro lo *Structural Model of Italy*, progetto nato da una proposta di Ogniben nel 1970 nel contesto di programmi di partecipazione del CNR ai progetti internazionali. La carta alla scala 1:1.000.000 fu distribuita alla comunità scientifica nel 1973, ed un volume contenente numerosi contributi regionali di vari Autori italiani coinvolti in uno sforzo unitario, fu edito da Ogniben *et al.* nel 1975 (vedi memoria e ragioni del suo significato in Praturlon e Dal Piaz in questo volume). La working hypothesis (Ogniben 1975) del Modello (ed implicitamente la rappresentazione sulla carta) era fondata sulla identificazione del concetto di unità (elemento) strutturale con quello di complesso litostratigrafico (costituendo quest'ultimo l'elemento fondamentale di rappresentazione); le unità (elementi) strutturali finivano con il diventare unità di ricostruzione paleogeografica. Il contesto "geodinamico" era ancora quello della classica geosinclinale.

In realtà, la concezione che stava alla base di questo Modello era stata messa in discussione, nell'approccio teorico, già ancor prima dell'uscita

del volume, dalla pubblicazione di varie ricerche ispirate alle nuove vedute [vedi le ipotesi sull'assetto crostale in Appennino e la subduzione in aree come le Alpi (Dal Piaz 1971)].

La proposta di una differente filosofia nella costruzione di un modello strutturale della Regione italiana e dei mari contermini divenne l'obiettivo di un Sottoprogetto del PFG⁽²⁾. I contenuti scientifici e programmatici furono teorizzati (già nello studio di fattibilità), nella presentazione del 1976, con una certa severità "ideologica" e centralismo organizzativo (preziosi anche se un po' autocelebrativi i ricordi di Paolo Gasparini, 2016): quasi una rivoluzione culturale. Non è per avventura che l'architetto ed il responsabile del Sottoprogetto fosse proprio Paolo Scandone, responsabilità che gli consentì di maturare anche un'esperienza interdisciplinare probabilmente irripetibile in altre condizioni.

In un contesto di accettazione dei nuovi paradigmi e nel dissenso sul metodo prima sperimentato, fondato su schemi ritenuti non più corrispondenti alle conoscenze acquisite, il nuovo criterio scientifico si proponeva di rappresentare un unico pattern stratigrafico-strutturale in una carta delle unità tettoniche e dei lineamenti strutturali. Ma soprattutto intendeva fornire valide conoscenze che consentissero, ove possibile, una rappresentazione tridimensionale delle strutture dalla superficie al mantello superiore (Scandone 1978) da utilizzare per lo studio della difesa dagli effetti disastrosi di terremoti e vulcani.

Tutti i risultati scientifici così raccolti diventavano, per la prima volta, elementi essenziali di ricaduta sociale: si delineava una nuova politica della ricerca geologica in Italia.

L'elaborato finale CNR-P.F. GEODINAMICA, 1991. *Structural Model of Italy 1:500.000 and Gravity Map* comprende la carta geologico-strutturale del territorio nazionale e aree limitrofe prodotta in sei fogli alla scala 1:500.000 (la legenda è caratterizzata da un criterio informatore comune all'intero territorio italiano); la carta di sintesi cinematico-strutturale a scala 1:2.000.000 e varie carte tematiche geologico-geofisiche), costituisce, tutt'ora, la documentazione più completa in terraferma e in mare della struttura geologica della Penisola italiana e regioni adiacenti. Nella sua costruzione furono fondamentali le collaborazioni di numerosi gruppi di ricercatori (alcune strategiche come nel caso del gruppo dell'Università di Roma di Antonio Pratlurion) o essenziali per coprire carenze presenti nella precedente Carta al 1:1.000.000 (l'arco alpino, parti dell'Italia Meridionale). Determinante (e in qualche modo sorprendente) risultò il primo, riusci-

⁽²⁾ Il PFG (Progetto Finalizzato Geodinamica) fu uno dei diciotto progetti finalizzati che il CNR, in quel tempo, stava mettendo in campo in varie discipline scientifiche, con lo scopo di realizzare studi multidisciplinari per lo sviluppo della ricerca applicata e della innovazione.

to, tentativo di cooperazione tra geologi e geofisici in termini di condivise elaborazioni ed interpretazioni dei fenomeni e non come sommatoria di contributi specialistici.

L'INCONTRO CON PAOLO SCANDONE

Ritornando al contesto in cui viveva questa generazione degli anni sessanta, appare verosimile come il risveglio sia stato, prima di tutto, culturale.

Chi scrive ha incontrato Paolo Scandone alla fine degli anni '60. Nella profonda periferia siciliana serviva uno sforzo immane per raggiungere lo status privilegiato (collaborazioni, scambi, fondi per la ricerca) in cui ormai agivano le comunità di ricercatori nell'Italia continentale. Tralascio qui le analisi sulla subcondizione socio-culturale, il ritardo dell'estremo Meridione ma anche la colpevole "distrazione" della Ricerca ufficiale che aumentava il *gap* tra nord e sud.

Bruno D'Argenio, un ricercatore-chiave della rinascita della geologia napoletana (vedi Praturlon, questo volume), ed allora già interlocutore privilegiato dei colleghi palermitani, mi fece conoscere Paolo Scandone: "il più bravo fra noi". Paolo, invitato, venne a Palermo, lavorò per qualche anno, avviò collaborazioni e lasciò il segno, pubblicando risultati mai obsoleti (v. nota 1). Dallo studio delle antiche piattaforme carbonatiche e la loro comparazione con le attuali, con cui Bruno tanto ci aveva influenzati, passammo all'analisi dei bacini mesozoici di un appassionato Paolo che trovava in Sicilia la sua "Lagonegro". Di quel tempo mi resta memoria di una escursione nella geologia Lucana, delle belle discussioni sui vecchi geologi (il suo Di Lorenzo ed il mio Gemmellaro), delle sue infatuazioni per le religioni orientali e per Bakunin. In seguito ci perdemmo di vista: il mio anno sabbatico a Princeton nel 1972 (alla scuola del geniale Alfred Fischer), nuovi interessi nella ricerca e umane vicende ci hanno progressivamente allontanato. Ci ritrovavamo nelle concitate discussioni per assemblare i dati raccolti e definire le legende della carta geologica del già citato Modello Strutturale Tridimensionale (vedi, in questo volume, la ricostruzione storica di quella fase in Dal Piaz e Carmignani *et al.*).

Nel Foglio 6 comprendente la Sicilia (di cui Paolo era anche paziente coordinatore e coautore, Bigi *et al.*, 1991), le cartografie riportarono i nostri più moderni e recenti rilevamenti della Sicilia occidentale, mai prima di allora pubblicati, insieme a quelli di Fabio Lentini, compianto collega e instancabile rilevatore che aveva curato la Sicilia orientale. A volte, infine ci trovavamo in rare ma illuminanti discussioni in occasione di incontri scientifici. Pur divergendo in alcuni approcci e soluzioni da lui sostenuti nei

suoi lavori, ero affascinato dalla sua vasta conoscenza geologica dell'intero territorio italiano, sentivo la forza propulsiva dei suoi progetti, ammiravo la continuità impressa alle sue ricerche. E soprattutto l'impegno che aveva profuso nei progetti che riguardavano le attività del PFG ed in particolare del Gruppo Nazionale Difesa dai Terremoti (GNDT) di cui Scandone, negli anni '80 e '90 fu responsabile di importanti Linee di Ricerca.

I PROGETTI NAZIONALI. RICADUTE E CONTRASTI SOCIALI

Le due iniziative più significative nel campo delle Geoscienze a cavallo della fine del '900 [il già ricordato PFG-GNDT ed il CROP-Crosta Profonda, esempio quest'ultimo di collaborazione tra ricerca pubblica ed enti privati (finanziamenti ENEL, ENI)], furono la massima espressione del rinnovamento verificatosi nella strategia del CNR. Queste iniziative impegnarono strenuamente e per molti anni Paolo Scandone che si trovò a gestire responsabilità ad altissimo livello insieme ad altre figure di ricercatori, a volte, purtroppo, ambigualmente ostili. Nel contesto del GNDT, Paolo si prodigò per sviluppare uno degli obiettivi fondamentali di questa esperienza in termini di utilità sociale della ricerca scientifica: la cultura della prevenzione del rischio sismico. Lo fece lavorando alla costruzione di un modello sismo-tettonico e alla conseguente, pionieristica, zonazione sismogenetica (Fig. 1), base essenziale per la valutazione della pericolosità sismica in Italia (si veda la ricostruzione di Panza, questo volume). Obiettivo in parte raggiunto quando la sua straordinaria capacità di coinvolgere sismologi, geologi, ingegneri e matematici (vedasi l'intervento di Petrini in questo volume) riusciva a bilanciare le spinte centrifughe e le scelte individualiste e settoriali degli operatori non geologi.

Se si considerano le ricadute (prima accennate) sulla comunità scientifica italiana, quelle furono iniziative capaci di mobilitare e coinvolgere come mai prima e, purtroppo, come mai dopo un grandissimo numero di ricercatori (come riconosciuto da Barberi, vedi riassunto del suo intervento), di distribuire i fondi (alimentando filoni di ricerca mai prima esplorati), di trasmettere risultati che avevano un elevato impatto sociale.

Non va comunque dimenticato che questi progetti nascevano in una epoca in cui si stava completando un cambio generazionale, ritenuto sempre portatore di energie e valori nuovi ma anche di pressanti ed interessate esigenze di singoli e di gruppi. Nel corso dello svolgimento del Progetto si sviluppa il dibattito sulla ricerca finalizzata (indissolubilmente legata alla ricerca di base) come superamento della dicotomia tra ricerca di base e ricerca applicata e cresce l'esigenza, non rinviabile, della ricerca multidisciplinare.

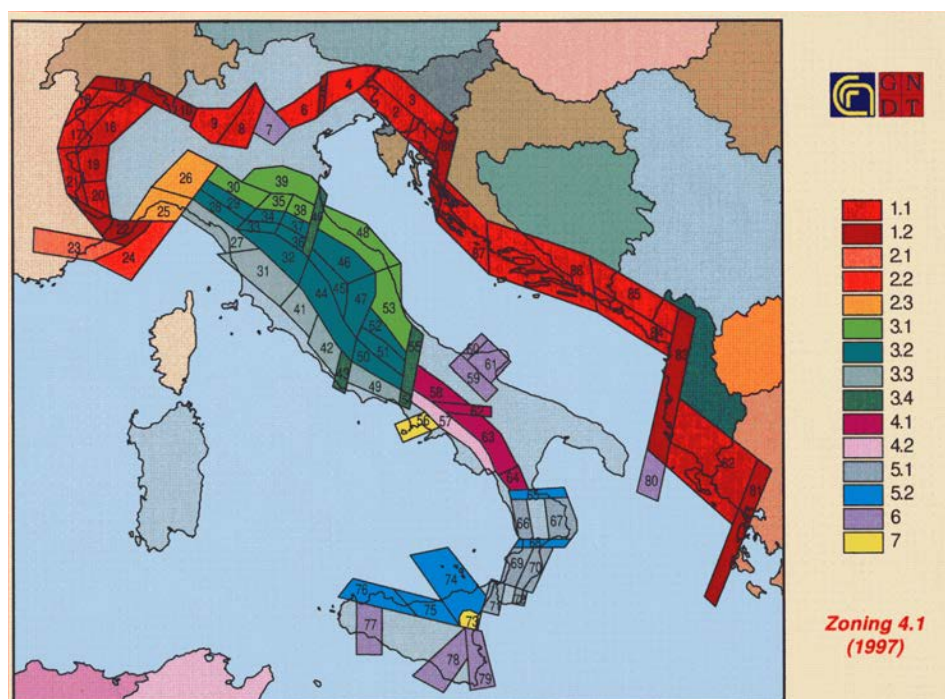


Fig. 1 – Rappresentazione della carta preliminare di Zonazione sismica in Italia, elaborata nel contesto GNDT. (Per i dettagli si rimanda alle Figg. 8, 9 in Meletti *et al.* 2000).

Ma soprattutto, emerse un modo nuovo di coinvolgere i vari ricercatori a partecipare alle ricerche in ragione della forza delle proprie competenze (forse un ricordo critico delle procedure, qualche volta adottate, *ex cathedra*, nella conduzione del precedente Progetto) ed una coraggiosa visione innovativa nell'interpretare i risultati ottenuti come un contributo «ad un processo di produzione di beni sociali» (Scandone 1978). Un simile approccio avrebbe implicato «una crescita della coscienza politica e sociale dei ricercatori» ed un impegno scientifico foriero di «un miglioramento qualitativo della Ricerca».

In questo contesto, maturava (a fatica) la consapevolezza che il ricercatore scienziato dovesse misurarsi con il “che fare” e sapere come gestire gli eventi, anche in un quadro di forze politiche ed ideologiche al potere, spesso discordanti, per non dire avverse. Cioè, nella sostanza, sapere come dire No quando necessario.

Per quello che so, Paolo non perdette mai l'onestà intellettuale (che ampiamente gli veniva riconosciuta nella quotidianità dell'approccio alla ricerca scientifica) e la esercitò con grande coerenza (come si evince anche leggendo i contributi di Carmignani *et al.*, Petrini e Manieri in questo volume)

quando aspri contrasti lo portarono, alla fine degli anni '90, a rassegnare le sue dimissioni da organismi nazionali strategici (GNDT e Commissione Grandi Rischi). Esiste un carteggio di lettere che testimonia la limpidezza e coerenza delle sue posizioni di fronte alla doppiezza "istituzionale" delle ragioni addotte, da parte di alcuni dei responsabili del Progetto, per un mai dimostrato fallimento di taluni obiettivi. Le sue dimissioni, le cui ragioni non erano sconosciute tra i ricercatori (vedi la testimonianza di Petrini in questo volume), non ebbero il giusto risalto (un democratico dibattito) in campo nazionale ed a livello decisionale. Probabilmente, le crisi di sviluppo e di funzionalità di quegli enti strategici, riorganizzati per la prevenzione e lo studio dei terremoti [ovvii i riferimenti al futuro INGV con il suo abnorme sviluppo e alla Protezione civile] sarebbero state evitate o forse risolte (si vedano gli illuminanti interventi di Petrini e Manieri, questo volume). Contestualmente, la sterile discussione sulla dicotomia – previsione dei terremoti piuttosto che prevenzione dei danni dei terremoti o i problemi concreti della sicurezza delle costruzioni in zona sismica – di tanto in tanto abilmente alimentata (con improvvise ma volute dichiarazioni sui giornali), diventava un sottile ed alienante gioco di potere, non solo accademico, al quale Paolo Scandone non poteva non opporsi.

L'EREDITÀ DEL GEOLOGO

Malgrado il riconosciuto impegno nelle diverse tematiche, da lui sviluppate in molti settori della geologia e geofisica dell'intero Mediterraneo centrale, nel sentire comune, Paolo Scandone è indissolubilmente legato alla costruzione del Modello Strutturale Tridimensionale dell'intera Penisola (lo è soprattutto nel ricordo del suo ruolo scientifico e, come già detto, nella capacità di coinvolgere, per tempi così lunghi, un'intera comunità scientifica nazionale). D'altra parte, lo stesso Scandone riteneva che il Modello Strutturale fosse il suo lavoro più importante e che per più tempo lo aveva impegnato (vedi anche Carmignani *et al.*, questo volume).

La costruzione di questo documento, cartografico nella forma, ma espressione di una complessa ricostruzione geodinamica della crosta italiana (un monumento che non ha pari nella geologia europea), lo aveva visto impegnato a coordinare, ma anche ad integrare, i dati di campagna di prima mano raccolti da tanti geologi italiani interagendo con loro in molte regioni italiane (dalla Catena Calabra all'intero Appennino). Questa sua attività è continuata nel tempo mentre si è affievolito, nella comunità geologica nazionale, il tradizionale approccio metodologico dell'osservazione diretta (tra cui la raccolta dei dati di campagna) che precede l'interpretazione: un cam-

biamento generazionale nella filosofia della ricerca geologica moderna (il geologo rilevatore, una specie attualmente in estinzione), di cui si cominciano a pagare le conseguenze. Nell'analisi prospettica di Paolo, instancabile *field geologist*, le carte geologiche ritrovano un futuro particolare; la loro centralità ora permane nella tecnologia della cartografia digitale.

Scandone sviluppa una versione informatizzata del Modello strutturale (in collaborazione con Etta Patacca ed il C.G.T. dell'Università di Siena), organizzato omogeneamente in otto livelli gerarchici (vedi dettagli in Carmignani *et al.*, questo volume) presentato, anche se ancora incompleto, in occasione del 32° Congresso Geologico Mondiale del 2004 a Firenze (Scandone *et al.* 2004). L'intenzione di integrare con nuovi contributi i dati esistenti in modo da creare un prodotto di consultazione multimediale, disponibile per la comunità scientifica risponde al nostro iniziale proposito di contribuire a preservare l'eredità scientifica di Paolo Scandone di cui il Modello Strutturale Tridimensionale d'Italia rappresentò certamente la più significativa e duratura esperienza scientifica.

Vorrei ringraziare Giorgio V. Dal Piaz, Antonio Pratlurion, Bruno D'Argenio e Piero Di Stefano per le discussioni e i suggerimenti che mi hanno consentito di dar forma a questo ricordo di Paolo.

BIBLIOGRAFIA

- BIGI G., BONARDI G., CATALANO R., COSENTINO D., LENTINI F., PAROTTO M., SARTORI R., SCANDONE P., TURCO E., 1991. Structural Model of Italy scale 1:500.000, sheet 6. C.N.R., Progetto Finalizzato Geodinamica, SELCA Firenze.
- CHAMBERLIN T.C., 1890. *The method of multiple working hypotheses*. Science (old series), 15, 92 (1890).
- CNR-P.F. GEODINAMICA, 1991. *Structural Model of Italy 1:500.000 and Gravity Map*. Quad. Ric. Sci., 3, n.114, S.EL.CA., Firenze.
- DAL PIAZ G.V., 1971. *Alcune considerazioni sulla genesi delle ofioliti piemontesi e dei giacimenti ad esse associati*. Boll. Ass. Min. Subalpina, 8: 365-388.
- GASPARINI P., 2016. *Quattro cavalli bianchi*. In P.G. Quintasecca.qxd quattro cavalli bianchi, 29-36: 2016.
- MELETTI C., PATACCA E., SCANDONE P., 2000. *Construction of a seismotectonic model: the case of Italy*. Pageoph, 157: 11-35.
- OGNIBEN L., 1975. *Introduction*, in OGNIBEN *et al.* 1975. Structural Model of Italy. Map and Explanatory Notes. Quaderni de La Ricerca Scientifica, CNR, 90: 496 pp.
- OGNIBEN L., PAROTTO M., PRATURLON A., 1975. *Structural Model of Italy. Map and Explanatory Notes*. Quaderni de La Ricerca Scientifica, CNR, 90: 496 pp.
- ROYDEN L., PATACCA E., SCANDONE P., 1987. *Segmentation and configuration of subducted lithosphere in Italy: an important control on thrust-belt and fore-deep-basin evolution*. Geology, 15: 714-717.
- SCANDONE P., 1978. *Relazione introduttiva*. Progetto Finalizzato Geodinamica. Sottoprogetto Modello Strutturale. Mem. Soc. Geol. Ital., 19: 435-436.
- SCANDONE P., PATACCA E., ANTOMPAOLI M.L., CARMIGNANI L., CASTAGNINI G., PIRRO A., FANTOZZI P., FERRI S., GIANNETTI L., GRAZIOSI B., 2004. *A geodatabase for Earth sciences: a new version of the Structural Model of Italy*. 32nd Intern. Geol. Congr. Florence, Session T12.01-Earth imaging: modeling and databanks. Abstr: 779-780.

BRUNO D'ARGENIO^(*)

PAOLO SCANDONE E LA RINASCITA DELLA GEOLOGIA NAPOLETANA NEGLI ANNI '60 DEL SECOLO SCORSO

ABSTRACT. – The war events of the mid-1900s led to profound changes in educational and research activities. It will be necessary to wait until the 1950s for the beginning of a new phase of development of geological knowledge. In these years, geology, in Naples as in all Italian university campuses, had considerable development thanks to the competition of different expectations (not only in the Accademia, but also in the oil industry) and the need to have significant coverage of the detection of dozens of sheets of the Geological Chart of Italy. At this stage the work of Paolo Scandone was of great importance. His work in the development of regional geological knowledge, made him one of the eminent figures of this period, especially in the early stages (the 1960s) and then again from 1978, when he moved to the University of Pisa. An acute intelligence and charisma, played an important role in proposing or refining regional models with particular regard, especially in the early stages, to southern Italy, then extending them to the regional level. These results still represent a significant synthesis of the geological knowledge of the time stimulating the interpretative work of an entire generation.

Gli eventi bellici della metà del '900 determinarono profonde modifiche nelle attività didattiche e di ricerca e bisognerà attendere gli anni '50 per l'inizio di una nuova fase di sviluppo delle conoscenze geologiche. In questi anni, la geologia, a Napoli come in tutte le sedi universitarie italiane, ebbe notevole sviluppo grazie al concorso di diverse esigenze (che si andavano manifestando non solo nel mondo accademico, ma anche nell'industria petrolifera) ed alla necessità di avere una copertura significativa del rilevamento di molte decine di fogli della Carta Geologica d'Italia. In questa fase grande importanza ebbe l'opera di Paolo Scandone. Il suo lavoro nello sviluppo delle conoscenze geologiche regionali, ha fatto di lui una delle figure eminenti di questo periodo, soprattutto nelle fasi iniziali (i primi anni '60) e poi ancora a partire dal 1978, anno in cui si trasferì presso l'università di Pisa. Dotato di un'acuta intelligenza e di carisma, giocò un

^(*) Linceo, Università di Napoli Federico II.



Fig. 1 – Università di Napoli, 1961. Conferimento della Laurea in Geologia. Paolo Scandone è il primo da sinistra. Fra i laureandi si nota Paolo Gasparini (terz'ultimo a destra).

ruolo importante nel proporre o affinare modelli regionali con particolare riguardo, soprattutto nelle fasi iniziali, all'Italia meridionale, estendendoli poi a livello regionale.

Questi risultati rappresentano ancora oggi una significativa sintesi delle conoscenze geologiche dell'epoca stimolando il lavoro interpretativo di un'intera generazione.

I miei primi ricordi di Paolo Scandone (Fig. 1) mi riportano agli inizi degli anni sessanta del secolo scorso quando, sotto i portici di San Marcellino), storica sede della Geologia Napoletana, giocavamo a ruba bandiera con lo stesso entusiasmo con cui nei mesi estivi raccoglievamo dati di campagna che avremmo presentato in autunno, nelle sedute della “Società dei Naturalisti in Napoli”, la nostra palestra scientifica di quegli anni. Eravamo nel 1961 ed era da pochi anni scomparso Giuseppe De Lorenzo, uomo di multiforme ingegno e smisurata cultura, che spaziava dalle varie branche delle scienze geologiche agli studi sul buddismo antico e padre fondatore della geologia dell'Italia meridionale. In quegli anni sbarcò a Napoli Franco Scarsella



Fig. 2 – Francesco Scarsella durante una escursione al Gran Sasso nel 1956.



Fig. 3 – Un gruppo di ricercatori dell'Istituto di Geologia di Napoli agli inizi degli anni '60. Sono visibili Gianni De Marco, Bruno D'Argenio, Italo Sgrosso (in piedi), Massimo Civita, Valeria Zamparelli, Paolo Scandone (seduti). Inizio anni '60.

(Fig. 2) che proveniva dalla Università di Bari e si era formato come rilevatore nel Servizio Geologico d'Italia. Egli assunse la direzione dell'allora Istituto di Geologia, Geografia fisica e Paleontologia, tenuta per incarico da Antonio Lazzari, indimenticato primo maestro di tanti tra noi.

Scarsella più di Lazzari, ci portò sul terreno e con la sua pignoleria metodologica fece di noi degli attenti rilevatori. Ma fu anche un onesto spettatore dei cambiamenti delle vedute dei suoi allievi, sempre più vicine a quelle dei suoi coetanei alloctonisti della fine degli anni trenta, Anelli e Signorini, in fatto di deformazioni compressive e sradicamento dai loro substrati delle grandi unità tettoniche sud-appenniniche. Idee che rispettò senza dividerle.

Quelli erano anche gli anni della cosiddetta "Legge Sullo" che finanziò il completamento della Carta Geologica d'Italia e ciò diede modo a Scarsel-

la di incrementare notevolmente il numero di giovani geologi che operavano nell'Istituto (ed è noto che altrove nel Paese ciò ebbe come conseguenza un balzo in avanti della geologia italiana). In questi anni, la Geologia, a Napoli come in tutte le sedi universitarie italiane, ebbe un notevole sviluppo grazie al concorso di diverse esigenze (che si andavano manifestando non solo nel mondo accademico ma anche nell'industria petrolifera) ed alla necessità di avere una copertura significativa del rilevamento di molte decine di fogli della Carta Geologica d'Italia.

Alla fine degli anni '60 i giovani erano pronti ad assumere un ruolo autonomo nell'attività di ricerca che vide, è vero, la formazione di gruppi anche in forte competizione tra loro.

In questo contesto ricordo che in Istituto c'era competizione ma anche collaborazione tra tutti noi (Fig. 3). Con Paolo scrivemmo insieme diversi lavori il più noto dei quali (e fino a qualche anno fa ancora citato, D'Argenio *et al.*, 1973) fu una sintesi geologica dell'Appennino Meridionale presentata nel 1972 ad un convegno dell'Accademia Nazionale dei Lincei a nome nostro e di Tullio Pescatore (Fig. 4).

Progressivamente, l'orizzonte dei giovani geologi napoletani si andava allargando e molti di noi includevano un soggiorno fuori d'Italia in questa sorta di sprovvincializzazione.

Il suo noviziato Paolo lo compì nella regione più sacra della geologia mondiale – le Alpi – dove strinse buoni legami con diversi colleghi a Zurigo e a Basilea (ricordo tra gli altri Hanspeter Laubscher – Fig. 5 – e Daniel Bernoulli). In questo sforzo di collegarci al mondo geologico che contava, assumemmo insieme con altri colleghi napoletani diverse iniziative comuni in cui Paolo mise in gioco le sue già vaste conoscenze di terreno. Ricordo qui una traversata dell'Appennino meridionale tra Capri e il Matese nella primavera del 1968 durante la quale presentammo ad una cinquantina di geologi italiani e stranieri una prima sintesi sull'analisi delle facies sedimentarie (soprattutto carbonatiche) applicata alla evoluzione tettonica dell'Appennino Meridionale.

Eravamo intanto giunti alla fine degli anni sessanta. Terminava per limiti di età la direzione Scarsella mentre ricompariva sulla scena Felice Ippolito la cui chiamata a Napoli era da noi tutti “assistenti” e “rilevatori precari” fortemente auspicata. Noi giocammo bene le nostre carte e avemmo successo. Ippolito fu chiamato a Napoli e l'inconsapevole Scarsella gli mise a disposizione il suo studio con una grande scrivania sulla quale troneggiava una pila di buste usate che egli conservava accuratamente per avvolgere e numerare i campioni raccolti. Ma quelle buste non furono mai utilizzate perché in breve Ippolito trasformò quello studio in una splendida direzione con un lungo tavolo degno di un consiglio di amministrazione intorno a cui ci riuniva per programmare il futuro. Col nostro impegno e col sostegno di

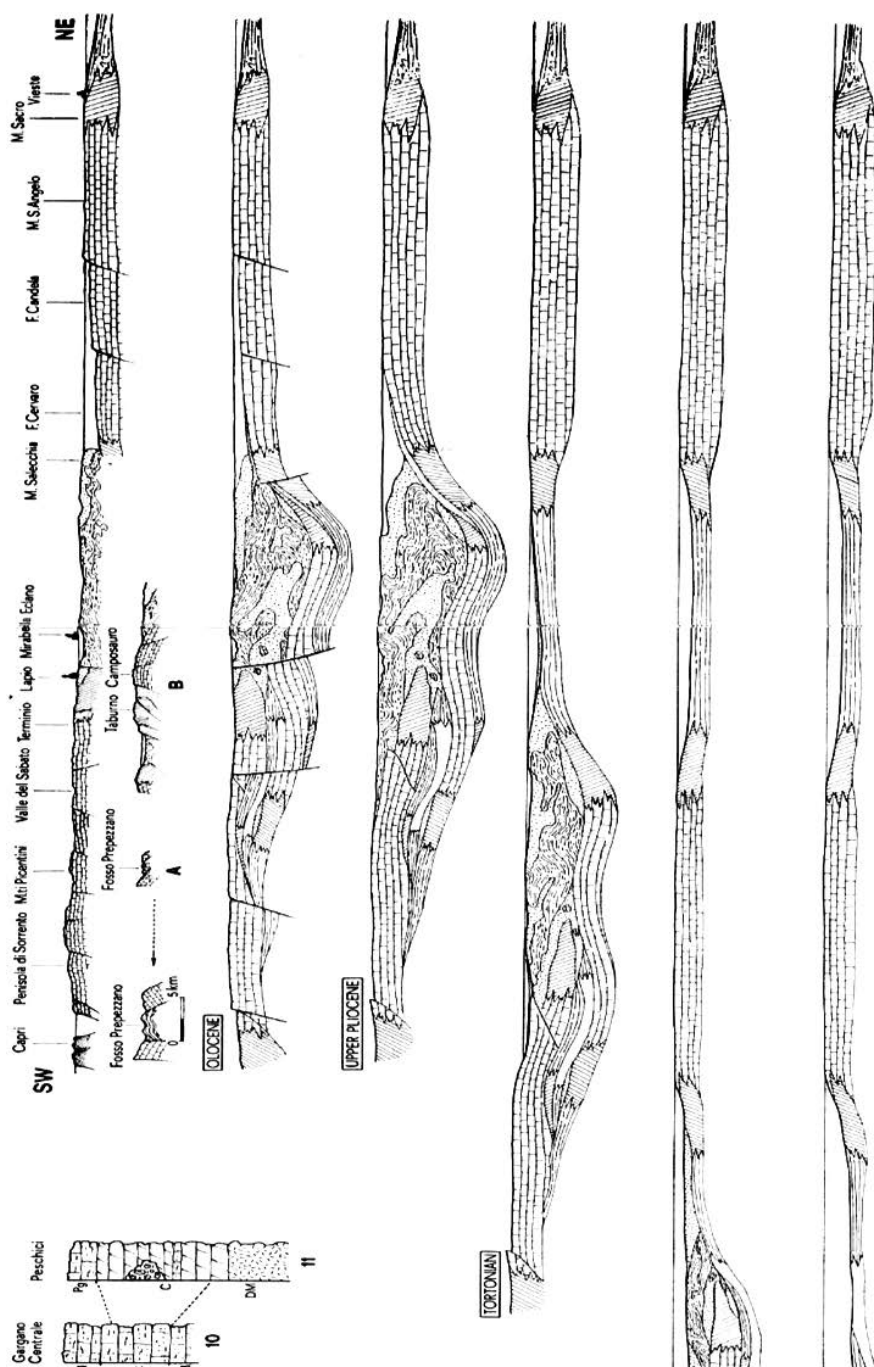


Fig. 4 – Il lavoro di sintesi regionale più noto, e talora ancora oggi citato, che riassume le conoscenze regionali sull'Appennino Meridionale (e in cui convergono le conoscenze dell'intero gruppo napoletano) fu presentato da D'Argenio, Pescatore e Scandone all'Accademia dei Lincei nel febbraio del 1972, ma già nel 1969 il modello Bahamiano come base paleogeografica di riferimento per l'Appennino veniva illustrato a Budapest da Budapest da Paolo Scandone e Bruno D'Argenio ad un Convegno sul Giurassico.



Fig. 5 – Paolo Scandone con Rajka Radoicic e Hanspeter Laubscher ad una escursione nel 1970.

Ippolito Napoli negli anni successivi ben figurò sulla scena geologica italiana e Paolo Scandone seppe fare la sua parte contribuendo ad esempio in modo decisivo al successo del congresso della Società Geologica Italiana del 1976 in Calabria. Tuttavia, la fusione delle tante anime del gruppo geomineralogico e geofisico napoletano creò una miscela di contrastanti interessi che Ippolito non riuscì a ricomporre.

Alla fine degli anni settanta Paolo Scandone decide di lasciare Napoli per Pisa dove ininterrottamente lavorerà per oltre trenta anni. Egli aveva nel frattempo allargato di molto i suoi interessi scientifici, dedicandosi tra l'altro a una serie di grandi progetti nazionali. Fra le tante iniziative scientifiche a cui collaborò Scandone mi limiterò a ricordarne alcune per la loro importanza: il Modello Strutturale d'Italia, parte del Progetto Finalizzato Geodinamica del CNR, di cui egli fu responsabile per circa un decennio, e il sottoprogetto di sismica crostale CROP in Appennino Meridionale. Da queste e consimili iniziative, che si sono talora giovate di uno stretto collegamento con la ricerca industriale, sono derivate interessanti prospettive nella interpretazione incrociata tra geologia di superficie e strutture profonde.

Va inoltre rilevato che, nel suo insieme, questo lavoro di coordinamento si segnala anche per una ampia e fino ad allora non frequente collaborazione scientifica tra geologi e geofisici che fu indubbiamente uno dei meriti di Paolo Scandone. Da questa collaborazione è nato infatti un insieme di carte tematiche e di grande sintesi che rappresenta a tutt'oggi una importante documentazione della geologia del nostro Paese in terraferma e a mare.

A questo punto non posso non menzionare l'importanza che ha avuto nella attività scientifica e organizzativa di Paolo Scandone l'opera costante e discreta di Etta Patacca che in questi anni ha mostrato di avere una profonda conoscenza delle problematiche regionali e una forte volontà di realizzazione che l'ha portata, assieme a Paolo, a significativi risultati scientifici.

Infine, mi piace qui ricordare che Paolo Scandone negli anni della sua maturità ha avuto significativi riconoscimenti per la sua attività scientifica tra cui il riconoscimento, nel 2008, della Accademia Nazionale dei Lincei, istituzione che nel 2011 lo volle anche tra i suoi soci.

Chiudo perciò questo breve ricordo di Paolo Scandone tornando con la mente al 2015 quando i colleghi del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Ambiente e delle Risorse dell'Università Federico II chiesero a Paolo e a me (quasi per presagio) un ricordo di "come eravamo", offrendoci così l'occasione per incontrarci e constatare che gli eventi del passato ci avevano unito più di quanto noi stessi avessimo potuto immaginare.

BIBLIOGRAFIA

- D'ARGENIO B., SCANDONE P., 1971. *Jurassic facies pattern in the southern (Campania-Lucania) Apennines*. In: Colloque du jurassique mediterraneen. Annals of the Hungarian Geological Institute, 54(2), 393-396.
- D'ARGENIO B., PESCATORE T., SCANDONE P., 1973. *Schema geologico dell'Appennino meridionale (Campania e Lucania)*. Atti Convegno Moderne vedute sulla geologia dell'Appennino, Acc. Nazionale Lincei, Quaderno 183, 49-95.
- D'ARGENIO B., PESCATORE T., SCANDONE P., 1975. *Structural pattern of the Campania-Lucania Apennines*. Structural Model of Italy. Map and Explanatory Notes. Quaderni de La Ricerca Scientifica, CNR, 90, 313-327.

DANIEL BERNOULLI^(*)

A PORTRAIT OF THE SCIENTIST AS A YOUNG MAN:
PAOLO SCANDONE FATHOMS THE TRIASSIC SEAWAYS

ABSTRACT. – Paolo Scandone's early work (1961-1975) in Lucania and northern Calabria marks the beginning of modern geology in the area. In an iterative process of unravelling the tectonic intricacies of the thrust sheets and of reconstructing the original sedimentary assemblages, he arrived at the first synthesis of the area that was based on solid field observations. His reconstruction of the anatomy of the Mesozoic basin of the Lagonegro Zone and its palinspastic position in the palaeogeographic/palaeotectonic context of the central and eastern Mediterranean area is still valid today. He realized at an early stage that the Triassic Lagonegro Zone was related to a system of east-Mediterranean seaways along the northern margin of Gondwana, kinematically independent from the evolution of the younger, Jurassic-Cretaceous Atlantic-Alpine Tethys ocean system to the west. The resulting interpretation of the Triassic seaways as fingers extending into the central Mediterranean from an evolving east-Tethyan ocean system (including the eastern Mediterranean) ultimately led to a new understanding of the Molise Zone and of the Southern Apennines in general.

INTRODUCTION

In Italy, the nineteen-sixties were a time of awakening and of cultural and societal breaking-up after the lull of the aftermath of World War II and before the *anni di piombo* of the seventies. In the geological sciences the new paradigm of plate tectonics revived old concepts of continental drift, large-scale displacements of crustal blocks and of far-travelled thrust sheets in Alpine-type mountain ranges. Deep-water sediments in mountain ranges could now be compared to age-equivalent Mesozoic and Cenozoic sediments brought to light by the Deep Sea Drilling Project in the Atlantic shortly after 1970. In particular, the interpretation of the ophiolites as relics of ancient oceanic lithosphere became the Ariadne's thread to reconstruct

^(*) Linceo, Swiss Federal Institute of Technology (ETH), Zürich, Switzerland.

the outlines of the different branches of the Tethyan Ocean and of its continental margins. During the early years of the 'revolution' and in this context, Paolo Scandone began to work in the southern Apennines. It was the beginning of modern geology in the area.

Ever since the 1960s and 1970s a huge amount of regional geological literature concerning the Southern Apennines, the eastern Mediterranean and the Near East has been assembled. Today, a plethora of plate-tectonic models for the different branches of the Tethys exists. In this short contribution I shall not try to discuss the palaeotectonic, palinspastic and palaeoceanographic intricacies of this huge area but shall limit myself to cite the relevant literature available around the time of Scandone's early work in their historical context with some excursion to more recent publications.

THE GEOLOGY OF THE SOUTHERN APENNINES BEFORE 1962

In the Southern Apennines (Fig. 1), the maze created by the evolving thrust sheets and their subsequent dismembering by extensional and trans-current faults hampered for a long time the understanding of their structural evolution. In the 19th century, geological research concentrated mainly on dating of the sediments. Early work by G.G. Gemmellaro in Sicily and by G. De Lorenzo in Lucania discovered Permian and Triassic fossils that were described, particularly by Gemmellaro, in lavish fashion. However, before the advent of the 'nappe theory' in the Alps, rocks were deemed to be autochthonous and were found more or less where they had been deposited or emplaced, at the most displaced by folding and thrusting over small distances. In the sections drafted by De Lorenzo (Fig. 2A; De Lorenzo 1895, pp. 24–25), the folds in the Lagonegro succession are beautifully illustrated; however, major thrusts were not recognized. As a consequence, the sediments were, according to their fossil content, arranged in *one* stratigraphic column including shallow-water and deep-sea deposits from different tectonic units (Fig. 3; De Lorenzo 1895, p. 23).

Indeed, in Lucania and northern Calabria, Mesozoic shallow-water limestones and dolomites, deposited on Bahamian-type carbonate platforms, occur in the immediate neighbourhood of coeval deep-water deposits of the Lagonegro succession without intervening slope deposits, the juxtaposition of which could only be explained by large-scale thrusting. In spite of the sharp morphological contrast of the different tectonic units, the existence of a regional nappe edifice in Lucania was detected relatively late in the 1930s by Anelli, (1939, Fig. 2D) and Signorini (1939, Fig. 2C). Signorini (1939) clearly described the late normal faults and the associated catacla-

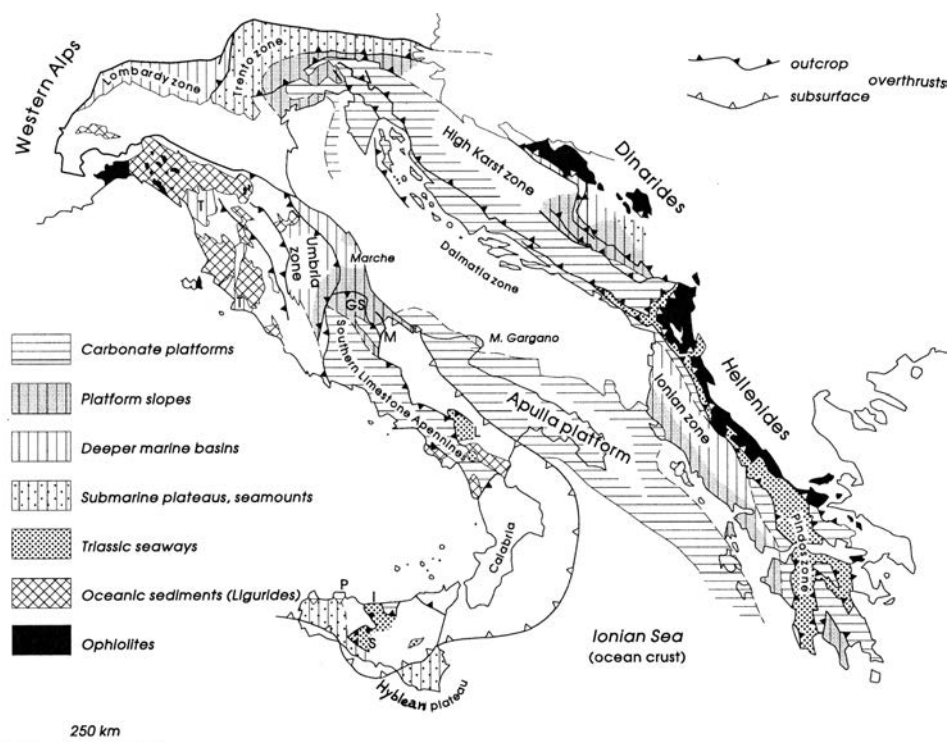


Fig. 1 – Tectonic units, Mesozoic palaeogeography and locations of the remnants of the Triassic seaways in the peri-Adriatic area. No palinspastic correction was attempted. GS, Gran Sasso d'Italia; I, Imerese Basin; L, Lagonegro Basin; M, Montagna della Maiella; P, Panormic Platform; S, Sicani Basin; T, Toscanides. From: Bernoulli (2001).

sites [*avant la lettre*] along the base of the thrust dolomites, whereas Anelli (1939) depicted a regional thrust sheet, the 'Limestone Apennines' overlying the 'Middle Triassic' siliceous sediments and the 'flysch' of the Lagonegro succession. These views were later confirmed by the occurrence of tectonic windows of the Lagonegro succession below the dolomites of the 'Limestone Apennines' in the Monti Picentini (De Castro 1962; Ietto 1963; Scandone *et al.* 1967), and on a regional scale by Ricchetti (1961), Scandone (1961), Selli (1962) and Grandjaquet (1963). In contrast to the other interpretations, Selli (1962) postulated a far-travelled Lagonegro thrust nappe, originating to the west of the platform carbonates and subsequently enveloped below the platform. Most important in this context is the discovery by Scandone (1967a) of two different thrust sheets *within* the Lagonegro units, whereby the upper one includes proximal re-sediments derived from a coeval carbonate platform, whereas the lower one is characterized by deep-water deposits yielding only sparse re-deposited sediments and rep-

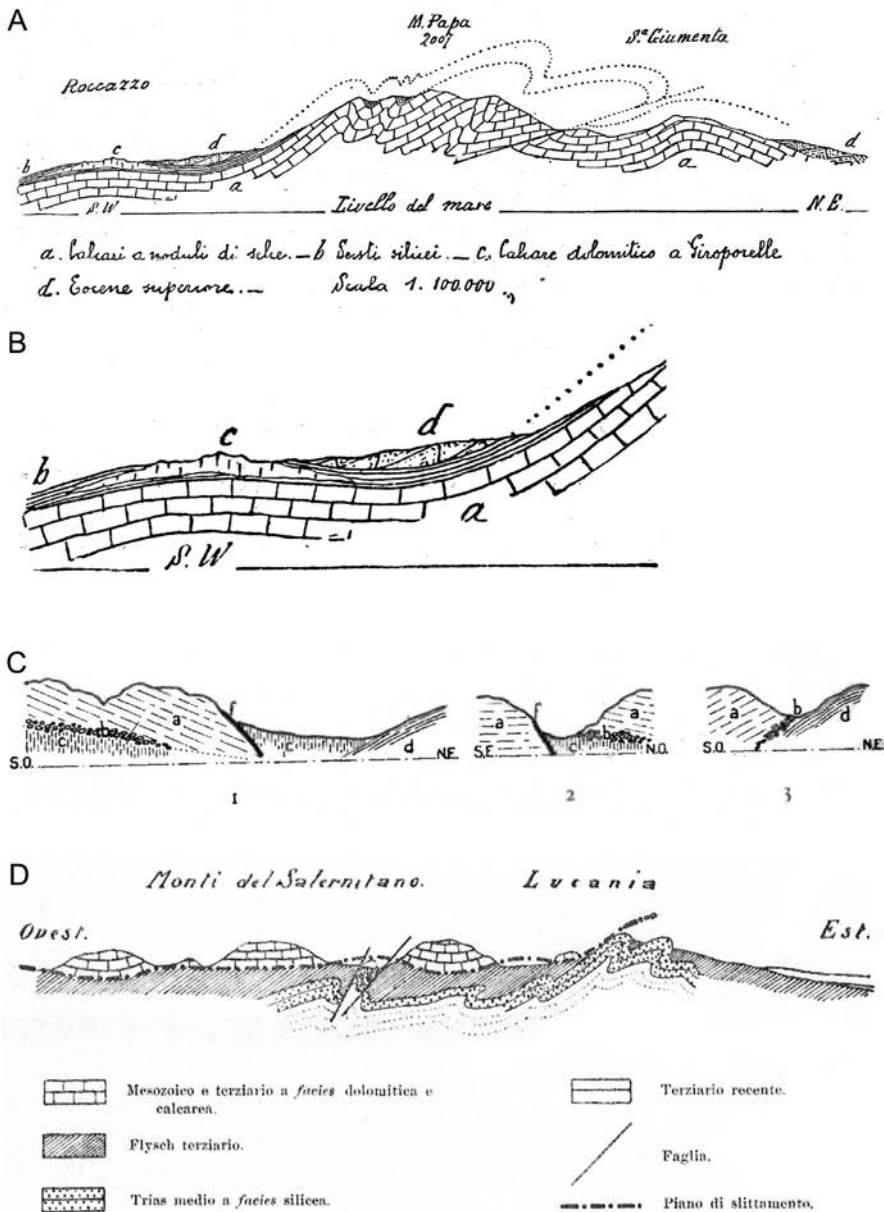


Fig. 2 – Sections across the Lagonegro area. **A:** Section across M. Papa by De Lorenzo (1895) showing the east-vergent folding and thrusting of the Calcarei silicei. **B:** Detail of A, showing the inferred lateral facies change between the [Jurassic] Scisti silicei (b) and the dolomitic limestones with *Gyroporella* (Hauptdolomit, Upper Triassic) (c) as interpreted by De Lorenzo (1895). **C:** Tectonic interpretation of the Lagonegro area by Signorini (1939), a: calcari e dolomie; b: breccie [tettoniche]; c: flysch; d: scisti silicei; f: specchi di faglia. **D:** “Schematic cross-section across southern Italy” by Anelli (1939). The Mesozoic and Tertiary limestones are shown as a large thrust sheet above the ‘Middle Triassic siliceous sediments’ and the Tertiary Flysch of the Lagonegro succession.

QUADRO COMPRENSIVO
DEI TERRENI COSTITUENTI
L'APPENNINO DELLA BASILICATA MERIDIONALE

Pleistocene Neocene		Depositi continentali (lacustri, alluvionali, glaciali e di frana) nel versante tirreno. Depositi continentali e marini (argille azzurre e sabbie gialle) nel versante jonio.		Mari bassi nel versante jonio.
Durante l'Eocene superiore cominciano i grandi movimenti orogenici del periodo terziario, che si continuano lungo tutto il Neocene e il Pleistocene e tuttora durano.				
Eocene	SUPERIORE	Flysch	Rocce eruttive: Gabbri, dioriti, diabasi, noriti, serpentine lherzolitiche.	Transgressione. Mari piuttosto profondi con eruzioni sottomarine.
	MEDIO	Calcari brecciati nummulitici, conglomerati di rocce antiche, arenarie grossolane e scisti argillosi.		Mari molto bassi con terre emerse vicine.
Mancano per emersione e denudazione i terreni equivalenti al Garumnien e al piano Liburnico.				
Creta	SUPERIORE	Calcari ippuritici rappresentanti il Turoniano e forse anche qualche livello del Senoniano.		Mari poco profondi con faune di rudiste.
	INFERIORE	Calcari a requienie e marne a orbitoline rappresentanti i vari terreni dalla base dell'Urgoniano alla parte più alta del Cenomaniano.		Transgressione sui terreni preesistenti.
Mancano per denudazione, o sono scarsamente rappresentati, i terreni del Dogger, del Malm e del Neocomiano inferiore.				
Lias	SUPERIORE	Marne a cefalopodi, calcari a crinoidi e diaspri.		Mari generalmente poco profondi e transgressione sui terreni preesistenti.
	MEDIO	Calcari grigi molto potenti, calcari brecciati, calcari a noduli di selce e scisti marnosi, con fossili della zona a <i>Terebratula Aspasia</i> .		
	INFERIORE	Calcari neri e bigi e calcari dolomitici con la fauna di Taormina, rappresentanti una porzione piuttosto elevata del Lias inferiore.		
Mancano per denudazione, o sono scarsamente rappresentati, gli equivalenti degli strati di Kössen e delle zone più profonde del Lias.				
Trias	SUPERIORE	Hauptdolomit	Dachsteinkalk	Mari bassi.
		rappresentante inferiormente anche gli strati di Raibl.		
	MEDIO (parte superiore)	Scisti silicei a radiolarie.	Espansioni amigdaloidi di calcare dolomitico a giroporelle.	Mari di profondità crescente dai calcari più bassi ai più alti diaspri.
		Calcari a noduli di selce.		

Fig. 3 – Stratigraphy of the Lagonegro area according to De Lorenzo (1895).

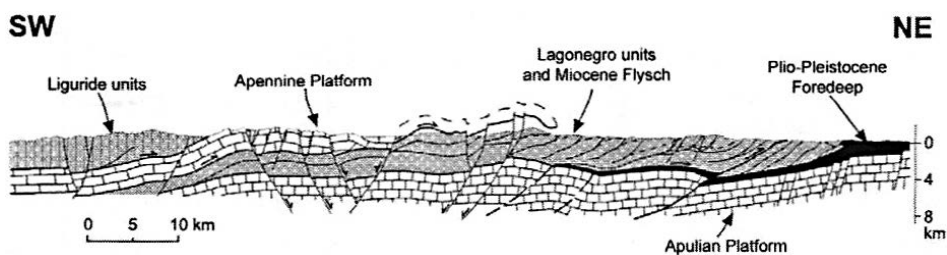


Fig. 4 – Schematic cross-section across the Southern Apennines. The section shows the carbonate-platform deposits of the autochthonous Apulian Platform underlying the nappe edifice of the Southern Apennines consisting, from bottom to top, of the Lagonegro–Molise units, the thrust-sheet of the ‘Southern Limestone Apennines’ and the Liguride units. From Parotto and Praturlon (2004) after Monaco *et al.* (1998).

representing the central part of a near-oceanic basin. As a consequence, a carbonate platform originally to the west of Lagonegro must still be assumed that precludes a more western (Liguride or Sicilide) origin of the Lagonegro units (Selli 1962). Newer sections across the Southern Apennines show the Lagonegro units ‘rooting’ below the ‘Southern Limestone Apennines’ and sandwiched between this unit and carbonate platform deposits of the Apulian foreland (Fig. 4; e.g. Mostardini, Merlini 1986).

STRATIGRAPHY AND SEDIMENTOLOGY OF THE LAGONEGRO SUCCESSION

The 1950s and the early 1960s brought much local stratigraphic data that allowed for a general, simplified stratigraphy of the Lagonegro succession including, from top to bottom, the following units with their corresponding approximate ages (Scarsella 1957; Radina 1957a, b, 1958; Selli 1962):

Scisti argillosi galestrini	Lower to middle Cretaceous
Scisti silicei	Jurassic
Calcari con liste e noduli di selce	Upper Triassic
Dolomie e calcari	Middle Triassic

It was left, however, to Paolo Scandone to establish a coherent frame for the scattered data and to present a synthesis that is still the foundation for future work (Scandone, 1967a, 1967b, 1972, 1975a). Scandone (1967a, b; Fig. 5) documented the different facies observed in the two thrust sheets in detail. In particular, he defined the lowermost formation, the Monte Facito Formation, which occurs only in the upper tectonic unit that previously

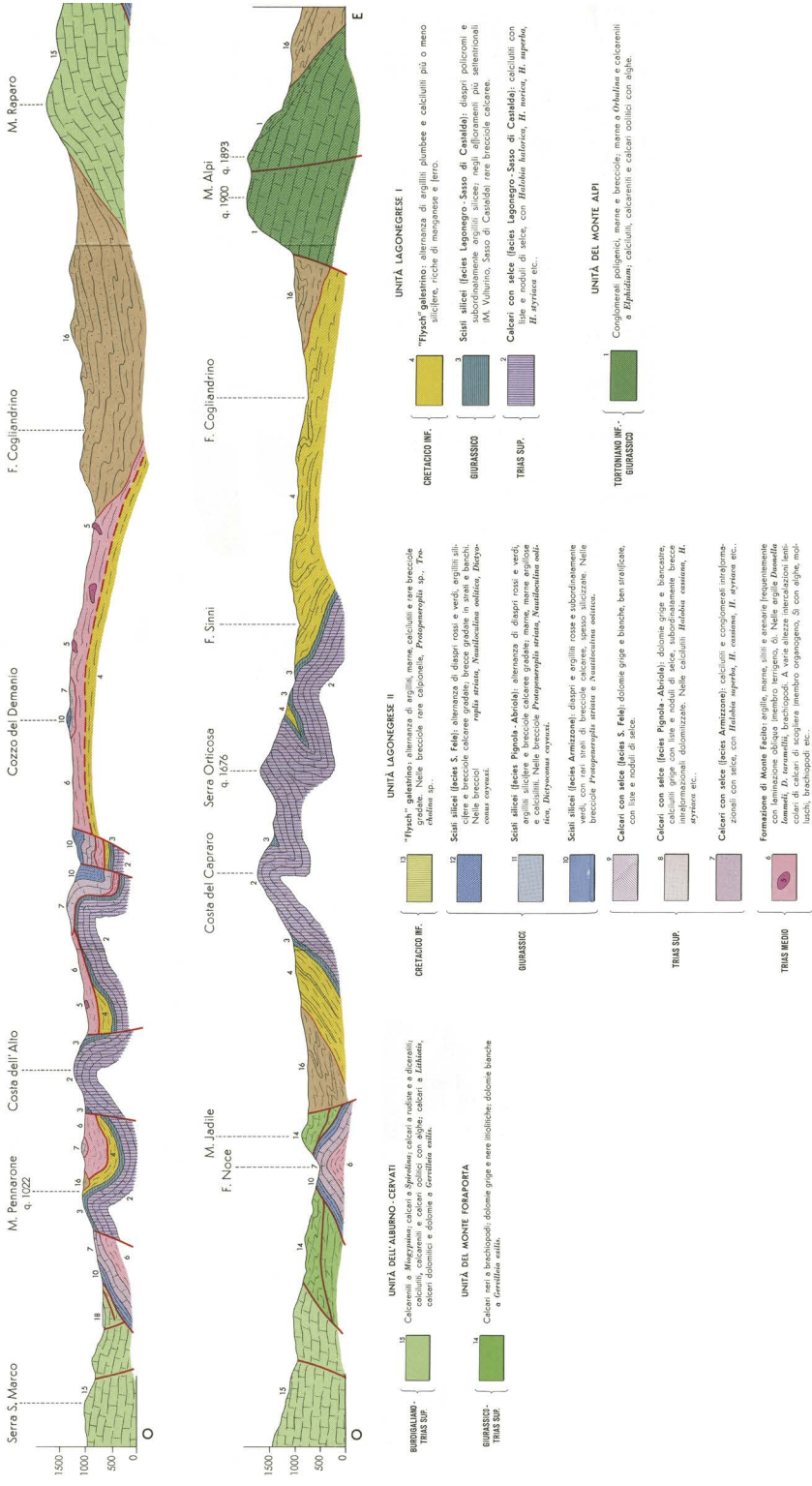


Fig. 5 – Cross-sections across the area of Lagonegro, showing the 'Southern Limestone Apennines' tectonically overlying the two Lagonegro units and the related flysch units. From Scandone (1972).

had only been summarily described as Middle Triassic dolomites and limestones. He showed that its lower member was composed of a very heterogeneous assemblage of argillites, siltites, turbiditic sandstones, marls and 'brecciole' including limestone blocks of late Permian (Azzaroli 1962; Donzelli, Crescenzi 1970) and early Triassic age (Ciarapica *et al.* 1990a) and, in the upper member, biogenic 'reef' limestones with Middle Triassic fossils, embedded in terrigenous sediments that contain thin-shelled pelagic bivalves (*Daonella*). The Monte Facito Formation, at the base of the individual tectonic imbricates, appears to be tectonically dismembered to form a 'broken formation' or tectonic melange, in which different lithofacies of essentially early-middle Triassic age are assembled (Passeri, Ciarapica 2010). Scandone already documented an Anisian-Ladinian age of [part of] the Monte Facito Formation with a wealth of fossils; however, the co-occurrence in the same formation of shelfal limestones and such with a pelagic fauna was puzzling. Because of the ductility contrast, most contacts between the 'reef' limestones and the enclosing terrigenous sediments are tectonized, and only in places do the terrigenous sediments appear to onlap onto the 'reefs'. Scandone (1967a, pp. 17-18, p. 37) discussed the possibility that the limestones, which he compared to the Cipit Limestones of the Dolomites (Scandone 1967, p. 32), were olistoliths embedded in the terrigenous basinal sediments (Wood 1981); however, finally he was inclined to interpret most of the 'reefs' as more or less in place, interfingering with the terrigenous sediments, but without excluding the first hypothesis *a priori*; however, an autochthonous, *in situ*-growth of some of the build-ups cannot be safely excluded (Ciarapica *et al.* 1990b). Overall it appears now that a deepening-upward succession of a Triassic rift basin may be reconstructed from the different fragments present (Passeri, Ciarapica 2010), including scattered boulders and blocks of calcirudites yielding reworked Permian foraminifera, coastal and shallow-marine limestones and clastics, in part enveloping shallow-water carbonate buildups (Spathian-Anisian); overlain by Rosso Ammonitico limestones, radiolarian cherts, both with intercalated breccias, and pelagic limestones (Ladinian) passing upward into the *Calcari con liste e noduli di selce*. The similar close association of blocks of Permian shallow-water limestones with terrigenous, Permian to Middle Triassic deep-water sediments in Sicily (Catalano *et al.* 1991, 1992; Di Stefano, Gullo 1997) suggests an analogous evolution of the Lagonegro Basin beginning in the late Permian.

The distinction of the two thrust sheets of the Lagonegro Zone was mainly based on their geometrical relationships but it became clear that the two nappes represented also different parts of the Lagonegro Basin (Fig. 5). The upper Lagonegro unit includes a wealth of gravity-flow re-sediments interbedded with the basinal pelagic sediments of the *Calcari con liste e*

noduli di selce (late Ladinian-Rhaetian, Passeri *et al.*, 2005 and references therein), that suggests a carbonate-platform source in the west or north-west. In addition, much of the slope sediment was dolomitized during late diagenesis, possibly by brines derived from Upper Triassic evaporites (Passeri *et al.* 2005). In the lower Lagonegro unit, re-deposited sediments are scarce; this unit represents the axial zone of the Lagonegro Basin, whereas an eastern basin margin is unknown. Up-section, the Upper Triassic pelagic limestones gradually pass through a transitional interval into the *Scisti sili-cei* of Jurassic age (Rhaetian-Tithonian). Likewise, redeposited sediments occur along the basin margin, whereas in the axial zone *diaspri*, radiolarites, and argillites were deposited. From the Middle Triassic to the Lower Cretaceous, including the *Scisti argilloso galestrini*, the sediments of the Lagonegro Zone record an upward deepening of the sea floor, sinking below the CCD at the end of the Triassic (Scandone 1967a, 1975a, b). This evolutionary pattern distinguishes the Triassic seaways from the younger margins of the Alpine, Ligurian-Piemontese Tethys, where radiolarite deposition occurred only from the middle Jurassic onward (Bill *et al.* 2001).

THE TRIASSIC SEAWAYS

Permian and Triassic deep-water deposits, pelagic limestones, radiolarian cherts, carbonate turbidites and submarine volcanics, similar to those in the Lagonegro Zone, are known from many places along the Alpine-Himalayan chains (e.g. Bernoulli, Jenkyns 1974, 2009). As already noted by Suess (1893) and his followers (Mojsisovics *et al.* 1895), these ‘Tethyan’ deeper-marine realms did not reach the [younger] Atlantic nor the Alpine Tethys, but were restricted to the eastern Mediterranean region and areas to the east of it, belonging to a ‘Palaeozoic, Mesozoic and Tertiary ocean [system] in southern-western Eurasia’ (Suess, 1893, pp. 185-186; Fig. 6). Indeed, the Permo-Triassic deep-water sediments of the eastern Mediterranean testify to the former existence of deeper basins between the extensive carbonate platforms along the Gondwana margin of Tethys. Some of these basins were small and short-lived, but others were more extensive and persisted through most of the Mesozoic Era. At an early stage, Scandone recognized the similarities between sediments of the Lagonegro Zone and those of the Triassic basins in the eastern Mediterranean area; indeed the Lagonegro succession became the blueprint for the successions of the Triassic seaways. Without referring to the historical context mentioned above, Scandone (1975b) clearly realized that these *east*-Mediterranean basins, his ‘Triassic seaways’ evolved independently from and at different times than the Atlantic-Alpine

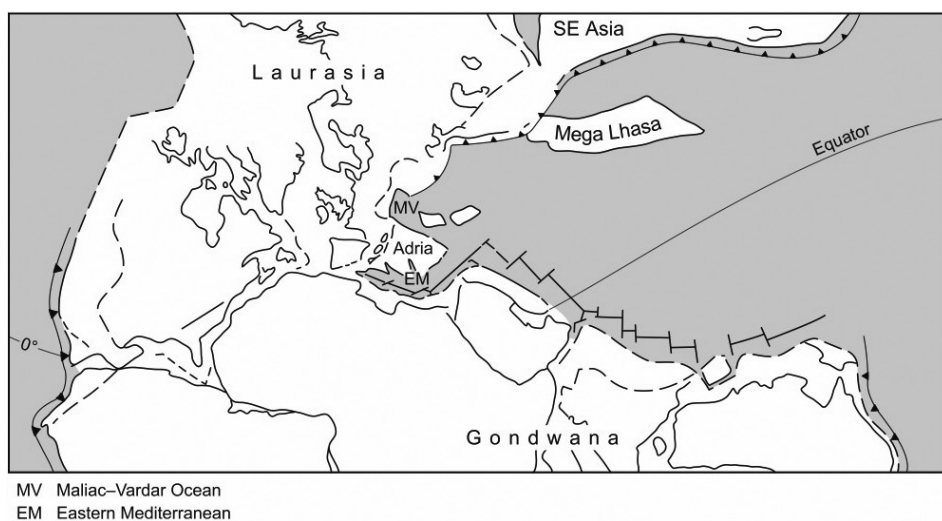


Fig. 6 – Triassic palaeogeography of the Atlantic-Tethyan area, after Ricou (1994), modified; from Bernoulli, Jenkyns (2009).

Tethys (Scandone's 'central Tethys') and were not related to it, as his maps very clearly show (Scandone 1975b, his figg. 1 and 2, Fig. 7).

Scandone's map (Fig. 7A) of Triassic basins includes central Sicily (Monti Sicani, Imerese), the Lagonegro Zone, Triassic pelagic sediments of Slovenia, the 'Budva-Kotor Zone' of Montenegro that extends across the Cukali Zone of Albania to link up with the Pindos Zone in Greece, the pelagic facies zones of the Austroalpine nappes (Hallstatt) including the Gernerides in the west Carpathians and the Balaton area in Hungary, and finally the 'Subpelagonian' [Maliac] occurrences in continental Greece. In most of these places, 'the Upper Triassic is represented by *Halobia* limestones interbedded with rare mafic lavas and hyaloclastites, and locally nodular limestones like Ammonitico Rosso' (Scandone 1975b, p. 117); indeed, the thin-shelled pelagic bivalve *Halobia* appears to be a useful index fossil of the Triassic seaways (Scandone, De Capoa 1966; Scandone 1975a; De Capoa Bonardi 1984; Fig. 8). From the Budva-Cukali-Pindos Zone, which extends for about 1200 km along the external zones of the Dinaride-Hellenide chain, the Triassic deep-water deposits in the internal Hellenides are separated by the Pelagonian continental fragment; we relate these Triassic deep-water deposits to the early (Triassic) evolution of the Meliata-Maliac Ocean and its continental margins.

Scandone states that 'the outcrops of *Halobia* limestones form narrow belts, more or less disconnected, along the circum-Adriatic chains from Greece to Sicily' and that 'the complete Triassic sequence containing the

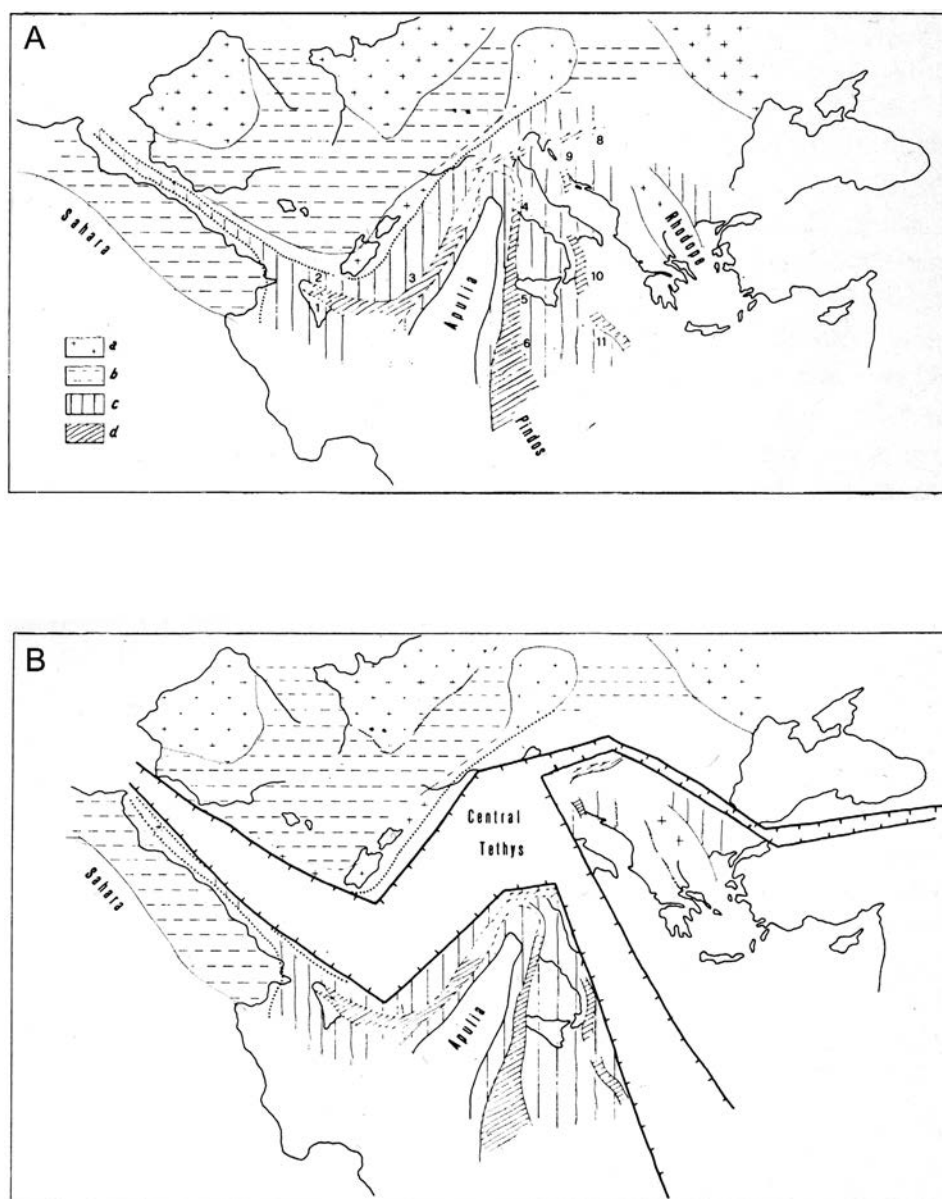


Fig. 7 – The Triassic seaways: A. Palinspastic restoration of Late Triassic palaeogeography in the central Mediterranean area. a, Stable areas with slight subsidence; b, subsided basins of Germano-Andalusian facies; c, shallow-water carbonates of Alpine facies; d, 'seaways'; 1, Sicani Zone; 2, Imerese Zone; 3, Lagonegro Zone; 4, Triassic pelagic sediments of Slovenia; 5, Budva-Kotor Zone; 6, Pindos Zone; 7, Austroalpine of Hallstatt; 8, Austroalpine of the Gemerides; 9, Austroalpine of the Balaton Lake; 10, Subpelagonian Triassic pelagic limestones of Serbia; 11, Subpelagonian Triassic pelagic limestones of Northern Pindos and Othrys. B. The Tethys Ocean in the central Mediterranean area. From Scandone (1975b).



Fig. 8 – Typical *Halobia* limestone. Zulla Formation, Upper Triassic, Norian. Hawasina nappes, Wadi Bani Khalid, Oman Mountains. Coin is 20 mm across.

Halobia limestones is not much varied in the whole Mediterranean region' (Scandone 1975b, p. 117). Indeed, the late Triassic-Jurassic succession of the Budva-Cukali-Pindos Zone is nearly identical with the Lagonegro succession including Carnian-Norian *Halobia* limestones, and Jurassic radiolarites. The earlier, pre-Carnian sequences are less well defined but include Ladinian radiolarites and mafic volcanics overlying older clastic and carbonate sediments, including Carboniferous limestone blocks. In Sicily, the sequence of Carnian-Norian *Halobia* limestones overlies a succession of Permian turbiditic deep-water clastics (so-called 'flysch') and olistostromes with blocks of Permian reefal limestones and pelagic siliceous limestones (Catalano *et al.* 1992). In the Lagonegro and the Budva-Cukali-Pindos Zones, the axial basin (Lagonegro lower nappe) was flanked by active carbonate platforms shedding shallow-water material to the basin (Lagonegro, upper nappe, Scandone 1967b; Goričan 1994).

Scandone's reconstruction of the Triassic seaways was based on his own work in Sicily, Lagonegro and the Budva-Pindos Zone in Greece, and his reconstruction does not go farther than continental Greece, but there is ample evidence that his Triassic seaways can be followed along the North-Gondwanian margin into the eastern Mediterranean area and beyond

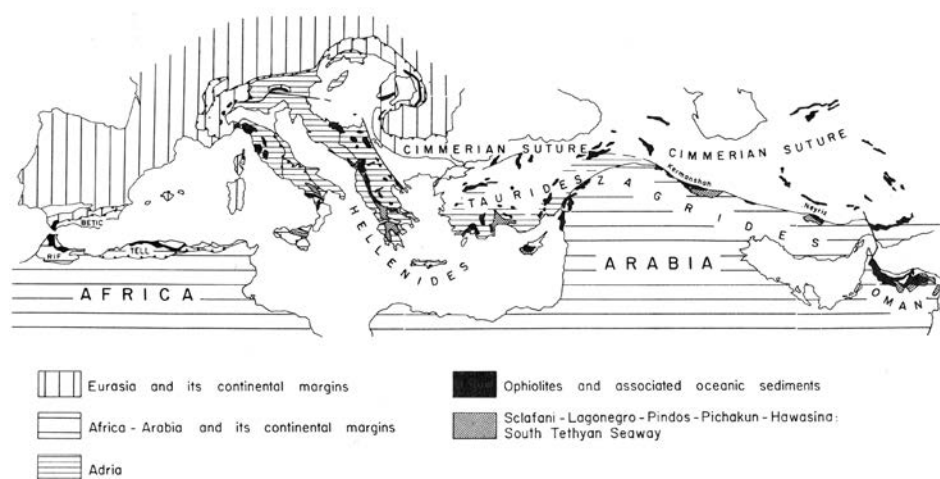


Fig. 9 – The remnants of the Triassic South-Tethyan seaways. From Bernoulli *et al.* (1990).

(Bernoulli *et al.*, 1990; Fig. 9). On Cyprus, Carnian-Norian *Halobia* limestones occur together with older Triassic plant-bearing sandstones, Jurassic radiolarites and mass-flow deposits, including calcareous turbidites with shallow-water fossils, and alkaline volcanics in the Mamonia Complex, particularly the Petra tou Romiou Unit (Lapierre 1975; Robertson, Woodcock 1979). A near-identical succession, including plant-bearing sandstones, Triassic *Halobia* limestones and Jurassic radiolarites associated with Triassic tholeiitic volcanics with an alkaline tendency is found in the Baër-Bassit unit of northern Syria (Delaune-Mayère, Parrot 1976). A further stepping stone is found in the Pichakun Basin in the area of Neyriz of central Iran with the occurrence of Jurassic radiolarites (Ricou 1976) and finally in the Hawasina nappes of the Oman Mountains, where Permo-Triassic radiolarites and Upper Triassic *Halobia* limestones overlie mafic volcanic rocks (Béchenec 1988; De Wever *et al.* 1988; Bernoulli *et al.* 1990).

All along the *croissant ophiolitique péri-arabe* (Ricou 1971), the belt of Cretaceous ophiolites that extends from Cyprus to Oman, the remnants of the Triassic seaways are always clearly separated from those ultramafic and mafic rocks (e.g. Lapierre 1975; Ricou 1976; Béchenec 1988). They occur within tectonic units generally underlying the large ophiolitic nappes (Troodos, Hatay, Semail), emplaced during the Maastrichtian on the Arabian foreland or within the eastern Mediterranean (Cyprus). As in the central Mediterranean area (Sicily, Lagonegro, Pindos), the sediments and volcanic rocks of the Permo-Triassic basins invariably have been sheared off their substratum so that their original underpinnings are unknown. The Permian and Triassic volcanics associated with them are typically alkalic

to MORB-type basalts; however, how much oceanic lithosphere was generated already in the Triassic remains uncertain. In the central Mediterranean area, Scandone (1975b) thought the basement of the seaways to be underlain by thinned continental crust and the seaways to be aborted rift basins, distinct from and unrelated to the ‘central Tethys’, that was ‘a real ocean’. Another important element of Scandone’s (1975, p. 117) argumentation is the consideration that ‘a lot of *continental* crust must have disappeared in the asthenosphere [by subduction]’, and that the disappearance of large crustal areas had important implications for palinspastic restorations, a phenomenon that was not considered by earlier plate-tectonic reconstructions of the Mediterranean area (e.g. Smith 1971; Dewey *et al.* 1973). The only remnant of Triassic oceanic lithosphere preserved in the eastern Mediterranean might be present in the Antalya nappes of southern Turkey (Dumont *et al.* 1972; Juteau *et al.* 1977).

The Permo-Triassic basins are very similar in terms of facies and time-space relationships. Permian radiolarites in Sicily (Catalano *et al.* 1991, 1992) and in the Hawasina sequences in Oman (Béchenec 1988; De Wever *et al.* 1988; Blendinger *et al.* 1990) show that these basins existed already in Late Palaeozoic time. Deep-water clastics with intercalated megabreccias and olistoliths of Permian shallow-water limestones are reported from the Permian to middle Triassic sequences of the Sicani Mountains of central Sicily (Masclé 1967), Lagonegro (Azzaroli 1962; Donzelli, Crescenti 1970) and the Hawasina Basin (Béchenec 1988). The onset of radiolarite deposition appears to be diachronous along the South-Tethyan seaway (De Wever, Dercourt 1985), possibly due to differences in bathymetry or oceanographic conditions. Similar Permian and Mesozoic deep-water facies including Triassic *Halobia* limestones and Jurassic radiolarites and red claystones occur along the northern Gondwanian margin of Gondwana as far east as Timor and Rotti (e.g. Molengraaff 1915, p. 423; Charlton *et al.* 2009).

From the Early to ‘middle’ Cretaceous onwards, a pronounced change in relative motions between Eurasia and the different Gondwanian fragments ended the common sedimentary and palaeo-environmental history of the different basins of the south-Tethyan seaways. From that time onward, sedimentation was largely determined by a tectonic regime of convergence, finally integrating the sediments of the former basins into the growing Alpine-Mediterranean nappe systems; however, up to the Miocene the Lagonegro Basin appears to have been connected through the eastern Mediterranean to the African continent as suggested by the quartz-arenitic turbidites of the Numidian ‘Flysch’ of the Molise Basin which carry a signature of African provenance (Patacca *et al.* 1992; Fornelli *et al.* 2019).

ORIGIN OF THE LAGONEGRO NAPPES

The origin of the Lagonegro nappes has been a matter of dispute for a long time. The apparently oceanic nature of the sediments had led Selli (1962) and other authors (Marsella *et al.* 1995) to consider a more internal, western origin, close to the later evolving Alpine Tethys. This interpretation that favours the former existence of one single carbonate platform extending from Apulia towards the west including the entire ‘Southern Limestone Apennines’, calls for a complex emplacement history of the Lagonegro nappes that were, in this view, after early thrusting, enveloped below the carbonate-platform units. This interpretation places the Lagonegro Basin palinspastically near the Liguride units with their ophiolites and Cretaceous flysch sediments, i.e. near the *Alpine* Tethys. In contrast to this opinion, Scandone (1975b, figg. 1, 2; Fig. 7) could convincingly show that the basins of the Triassic seaways evolved independently from the younger, Jurassic, Atlantic-Alpine Tethyan system.

In his early reconstructions, Scandone (1972, 1975a) separated the Lagonegro Basin from an external, younger Molise Basin, from which it was separated by an additional carbonate platform. However, reflection seismic data (Mostardini, Merlini 1986) and new field work have shown that the Lagonegro succession extends far to the north into the Molise area and is the original substratum of at least part of the flysch successions of the Molise (Flysch Rosso, Numidian Flysch) where it occurs in a number of culminations below the younger flysch units (Bertinelli *et al.* 2005; Passeri *et al.* 2005; Patacca *et al.* 2012, Fig. 7). In turn, the chaotic deposits (Argille scagliose, Argille varicolori) associated with the Molise successions may be compared to Upper Cretaceous-Lower Tertiary Argille scagliose or Argille varicolori of the accretionary wedges of the Mediterranean Ridge (Cita *et al.* 1981) and the Calabrian external arc (Morlotti *et al.* 1982) and of southwest Cyprus (personal observation). Ultimately, the Lagonegro-Molise successions, together with their central Sicilian equivalents, are best interpreted as western rift propagations of the eastern Mediterranean (or Ionian) oceanic basin (Fig. 10; Ciarapica, Passeri 2002; Passeri *et al.* 2005; Patacca, Scandone 2007, fig. 6; Patacca *et al.* 2012). This interpretation is in line with the original descriptions of the Triassic seaways by Scandone (1975b) as an ocean system independent from the evolution of the Atlantic and the Alpine [Liguria-Piedmont] Tethys and connected to the eastern Mediterranean, part of which is underlain by oceanic crust in the Ionian and Levantine Basins (De Voogt *et al.* 1992; Catalano *et al.* 2001). The concept of a Permo-Triassic ocean, terminating to the west is confirmed by the faunal connections to an eastern oceanic realm that

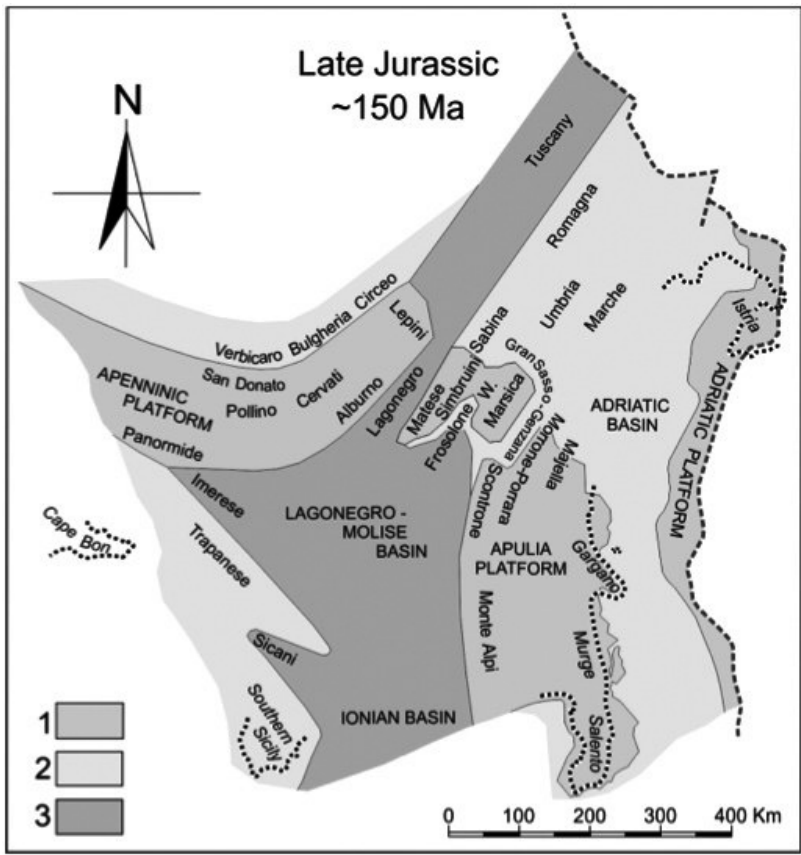


Fig. 10 – Palinspastic restoration of the Apenninic realm and surrounding areas. Late Jurassic. 1. Rimmed carbonate platforms. 2. Deep marine domains above the CCD. 3. Deep-marine domains below the CCD. From Patacca *et al.* (2012).

disappeared in its greatest part during subduction along the Asia-Gondwana boundary zone and around the Pacific (Catalano *et al.* 1991).

With the departure of Scandone from Naples to Pisa in 1978, his interest shifted to the younger geodynamic evolution of the Apennines and the central Mediterranean, and particularly the kinematic evolution of the external parts of the Apennines. However, his early work in Lucania and northern Calabria is still the guideline for research in this area. Scandone recognized at an early date the fundamental palaeotectonic differences between the Triassic seaways and the western part of his Jurassic Central Tethys, our Atlantic-Alpine branch of Tethys, and was correct in the tectonic analysis of the Southern Apennines, placing the Lagonegro Basin between two Mesozoic carbonate platforms and linking it to the eastern Mediterranean, concepts that are still valid today. Personally, I owe much to Pao-

lo Scandone, who in 1964 introduced me to the geology of the Southern Apennines and discussed all aspects of Mediterranean geology with me during his stays in Zürich and during later excursions to the Basilicata and Calabria. His and Etta Patacca's cooperation and friendship during many years have enriched my scientific and personal life. This short account is dedicated to Etta Patacca.

Acknowledgments. – The author thanks the Accademia Nazionale dei Lincei for the kind invitation to present this paper at the Convegno 'L'eredità scientifica di Paolo Scandone, Geologo', Roma, 29 Marzo 2019. He is grateful to Raimondo Catalano, Giorgio V. Dal Piaz, Carlo Doglioni, Hugh Jenkyns, and Leonsevero Passeri for critical reading of the manuscript, and Michael Meiling and Nicolas Pflimlin for help with the illustrations.

REFERENCES

- ANELLI M., 1939. *Sulla presenza di falde di ricoprimento nell'Italia meridionale*. Atti Soc. Natur. Mat., Modena. 70: 1-13.
- AZZAROLI A., 1962. *Affioramento di calcare permiano presso Abriola*. Boll. Soc. Geol. Ital., 81: 85-86.
- BÉCHENNEC F., 1988. *Géologie des nappes Hawasina dans les parties orientale et centrale des montagnes d'Oman*. Ed. Bureau Rech. Géol. Min., 126, 474 p.
- BERNOULLI D., 2001. *Mesozoic-Tertiary carbonate platforms slopes and basins of the external Apennines and Sicily*. In: Vai, G.B., Martini, I.P. (eds), *Anatomy of an Orogen: the Apennines and Adjacent Mediterranean Basins*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London, pp. 307-325.
- BERNOULLI D., JENKYN H.C., 1974. *Alpine, Mediterranean and central Atlantic Mesozoic facies in relation to the early evolution of Tethys*. In: DOTT, R.H., SHAVER, R.H. (eds), *Modern and Ancient Geosynclinal Sedimentation*. Soc. Econ. Paleont. Mineral. Spec. Publ. 18: 129-160.
- BERNOULLI D., JENKYN H.C., 2009. *Ancient oceans and continental margins of the Alpine-mediterranean Tethys: deciphering clues from Mesozoic pelagic sediments and ophiolites*. Sedimentology, 56: 149-190.
- BERNOULLI D., WEISSERT H., BLOME C.D., 1990. *Evolution of the Triassic Hawasina basin, Central Oman Mountains*. In: ROBERTSON, A.H.F., SEARLE, M.P., RIES, A.C. (eds), *The Geology and Tectonics of the Oman Region*. Geol. Soc. (London) Spec. Publ. 49: 189-202.
- BERTINELLI A., CIARAPICA G., PASSERI L., 2005. *Late Triassic-Jurassic basinal successions in Molise and northern Basilicata: the northernmost witness of the Ionian Ocean*. Boll. Soc. Geol. Ital., 124: 177-188.
- BILL M., O'DOHERTY L., GUÉX J., BAUMGARTNER P.O., MASSON H., 2001. *Radiolarite ages in Alpine-Mediterranean ophiolites: Constraints on the oceanic spreading and the Tethys-Atlantic connection*. Geol. Soc. Amer. Bull., 113: 129-143.

- BLENDINGER W., VAN VLIET A., HUGHES CLARKE M.W., 1990. *Updoming, rifting and continental margin development during the Late Palaeozoic in northern Oman*. In: Robertson A.H.F., Searle M.P., Ries A.C. (eds.), *The Geology and Tectonics of the Oman Region*. Geol. Soc. (London) Spec. Publ. 49: 27-37.
- CATALANO R., DI STEFANO P., KOZUR H., 1991. *Permian circumpacific deep-water faunas from the eastern Tethys (Sicily, Italy)-new evidences for the position of the Permian Tethys*. Palaeogeogr., Palaeoclimat. Palaeoecol., 87: 75-108.
- CATALANO R., DI STEFANO P., KOZUR H., 1992. *New data on Permian and Triassic stratigraphy of Western Sicily*. N. Jb. Geol. Paläont. Abh., 184/1: 25-61.
- CATALANO R., DOGLIONI C., MERLINI S., 2001. *On the Mesozoic Ionian Basin*. Geophys. J. Intl., 144: 49-64.
- CHARLTON T.R., BARBER A.J., MCGOWAN A.J., NICOLL R.S., RONIEWICZ E., COOL S.E., BARKHAM S.T., BIRD P.R., 2009. *The Triassic of Timor: Lithostratigraphy, chronostratigraphy and palaeogeography*. J. Asian Earth Sci., 36: 341-363.
- CIARAPICA G., PASSERI L., 2002. *The palaeogeographic duplicity of the Apennines*. Boll. Soc. Geol. Ital., Vol. Spec. 1: 67-75.
- CIARAPICA G., CIRILLI S., MARTINI R., PANZANELLI FRATONI R., ZANINETTI L., SALVINI-BONNARD G., 1990a. *Reworked foraminifera in the Triassic Monte Facito Formation aucc., Lagonegro Basin (Southern Apennines, Italy)*. Boll. Soc. Geol. Ital., 109: 143-149.
- CIARAPICA G., CIRILLI S., MARTINI R., RETTORI R., ZANINETTI L., SALVINI-BONNARD G., 1990b. *Carbonate buildups and associated facies in the Monte Facito Formation (Southern Apennines)*. Boll. Soc. Geol. Ital., 109: 151-164.
- CITA M.B., RYAN W.B.F., PAGGI L., 1981. *Prometheus Mud Breccia, an example of shale diapirism in the western Mediterranean Ridge*. Ann. Géol. Pays Héliéniques, 30/2: 543-570.
- DE CAPOA BONARDI P., 1984. *Halobia zones in the pelagic Late Triassic sequences of the central Mediterranean area (Greece, Yugoslavia, Southern Apennines, Sicily)*. Boll. Soc. Paleont. Ital., 23: 91-102.
- DE CASTRO P., 1962. *Nota preliminare sulla presenza del Lias negli scisti silicei di Giffoni Valle Piana e dei rilievi ad ovest della Valle dell'Irno e della Piana di Montoro*. Boll. Soc. Natur. Napoli, 70: 152-155.
- DELAUNE-MAYÈRE M., PARROT J.-F., (1976). *Evolution du Mésozoïque de la marge continentale méridionale du Bassin Téthysien orientale d'après l'étude des séries sédimentaires de la région ophiolitique du SW syrien*. Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Géol. 8: 173-183.
- DE LORENZO G., 1895. *Osservazioni geologiche nell'Appennino della Basilicata meridionale*. Atti R. Accad. Sci. fis. mat. Napoli, vol. 7, s. 2, n. 8, 31 p.
- DE VOOGD B., TRUFFERT C., CHAMOT-ROOKE N., HUCHON P., LALLEMANT S., LE PICHON X., 1992. *Two-ship seismic soundings in the basins of the Eastern Mediterranean Sea (Pasiphae cruise)*. Geophys. J. Intl. 119: 536-552.
- DE WEVER P., BOURDILLON-DE GRISSAC, BÉCHENNEC F., 1988. *Permian age from radiolarites of the Hawasina nappes, Oman Mountains*. Geology, 16: 912-914.
- DE WEVER P., DERCOURT J., 1985. *Les Radiolaires triasico-jurassiques: marqueurs stratigraphiques et paléogéographiques dans les chaînes alpines périméditerranéennes: une revue*. Bull. Soc. Géol. France, s. 8, 1: 653-662.

- DEWEY F., PITMAN W.C. III, RYAN W.B.F., BONNIN J., 1973. *Plate tectonics and the evolution of the Alpine System*. Geol. Soc. Amer. Bull., 84: 3137-3180.
- DI STEFANO P., GULLO, M. 1997. *Permian deposits of Sicily: a review*. In: Crasquin-Soleau S., De Wever, P. (eds). *Péri-Tethys: stratigraphic correlations*. Geodiversitas 19: 193-202.
- DONZELLI G., CRESCENTI U., 1970. *Segnalazione di una microbiofacies permiana, probabilmente rimaneggiata, nella Formazione di Monte Facito*. Boll. Soc. Natur. Napoli, 79: 13-19.
- DUMONT J.F., GUTNIC M., MARCOUX J., MONOD O., POISSON A., 1972, *Le Trias des Taurides occidentales (Turquie). Définition du bassin pamphylylien; Un nouveau domaine à ophiolithes à la marge externe de la chaîne taurique*. Z. D. Geol. Ges., 123: 385-409.
- FORNELLI A., GALLICCHIO S., MICHELETTI F., 2019. *U-Pb detrital zircon ages and compositional features of Bifurto quartz-rich sandstones from Southern Apennines (Southern Italy): comparison with Numidian Flysch sandstones to infer source area*. Ital. J. Geosci., 138: 216-230.
- GORIČAN S., 1994. *Jurassic and Cretaceous radiolarian biostratigraphy and sedimentary evolution of the Budva Zone (Dinarides, Montenegro)*. Mém. Géol. (Lausanne), 18, 120 p.
- GRANDJACQUET C., 1963. *Schéma structural de l'Apennin campano-lucanien (Italie)*. Rev. Geogr. Phys. Géol. Dynam. s. 2, 5: 185-202.
- IETTO A., 1963. *I rapporti tettonici fra "scisti silicei" e dolomia nei dintorni di Giffoni Valle Piana (Salerno)*. Mem. Soc. Geol. Ital. 4/2, 15 pp.
- JUTEAU T., NICOLAS A., DUBESSY J., FRUCHARD J.C., BOUCHEZ J.L., 1977. *Structural relationships in the Antalya ophiolite complex, Turkey: Possible model for an oceanic ridge*. Geol. Soc. Amer. Bull., 88: 1740-1748.
- LAPIERRE H. (1975). *Les formations sédimentaires et éruptives des Nappes de Mamonia et leurs relations avec ler Massif du Troodos (Chypre occidentale)*. Mém. Soc. Géol. France, 123: 1-132.
- MARSELLA E., BALLY A.W., CIPPITELLI G., D'ARGENIO B., PAPPONE G., 1995. *Tectonic history of the Lagonegro Domain and Southern Apennine thrust belt evolution*. Tectonophysics, 252: 307-330.
- MASCLE, G., 1967. *Remarques stratigraphiques et structurales sur la région de Palazzo Adriano, monts Sicani (Sicile)*. Bull. Soc. Géol. France, s. 7, 9: 104-110.
- MOLENGRAAFF G.A.F., 1915. *On the occurrence of nodules of manganese in mesozoic deep-sea deposits from Borneo, Timor and Roti, and their significance and mode of formation*. Konkl. Akad. Wetensch. Amsterdam, Proc. 1915, 415-430.
- MONACO C., TORTORICI L., PALTRINIERI W., 1998. *Structural evolution of the Lucanian Apennines, southern Italy*. J. Struct. Geol., 20: 617-638.
- MORLOTTI E., SARTORI R., TORELLI L., BARBIERI F., RAFFI I., 1982. *Chaotic deposits from the External Calabrian Arc (Ionian Sea, Eastern Mediterranean)*. Boll. Soc. Geol. Ital., 24: 261-275.
- VON MOJSISOVICS E., WAAGEN W., DIENER C., 1895. *Entwurf einer Gliederung der pelagischen Sedimente des Trias-Systems*. Sitzungsber. K. Akad. Wien, Math.-natwiss. Kl. 104/1: 1273-1302.

- MOSTARDINI F., MERLINI S., 1986. *Appennino meridionale-centrale. Sezioni geologiche e proposta di modello strutturale*. Mem. Soc. Geol. Ital., 35: 177-202.
- PAROTTO M., PRATURLON A., 2004. *The Southern Apennine Arc*. In: CRESCENTI U., D'OFFIZI S., MERLINO S., SACCHI L. (eds), *Geology of Italy*. Spec. Vol. Ital. Geol. Soc. IGC 32 Florence-2004: 33-58.
- PASSERI L., CIARAPICA G., 2010. *Le litofacies permiane e triasiche della formazione di M. Facito auctt. nell'area di M. Facito (successione di Lagonegro, Appennino meridionale)*. Ital. J. Geosci., 129: 29-50.
- PASSERI E., BERTINELLI A., CIARAPICA G., 2005. *Palaeogeographic meaning of the Late Triassic-Early Jurassic Lagronegro units*. Boll. Soc. Geol. Ital., 124: 231-245.
- PATACCA E., SCANDONE P., 2007. *Geology of the Southern Apennines*. Boll. Soc. Geol. Ital., Spec. issue. 7: 75-119.
- PATACCA E., SCANDONE P., DE MARTINO V., 2012. *Upper Triassic basinal carbonates between the Molise and Sannio Nappes near Frosolone (Duronio, Molise): geological implications*. Rend. Online Soc. Geol. Ital., 23: 83-89.
- PATACCA E., SCANDONE P., BELLATALLA M., PERILLI N., SANTINI U., 1992. *The Numidian-sand event in the Southern Apennines*. Mem. Sci. Geol. (Padova), 43: 297-337.
- RADINA B., 1957a. *Appunti preliminari al rilevamento geologico della zona compresa tra S. Fele, Bella e Muro Lucano (Tav. 187-II-NE)*. Boll. Soc. Geol. Ital. 75: 60-62.
- RADINA B., 1957b. *Sulla geologia di S. Fele (Potenza)*. Boll. Serv. Geol. Ital., 79: 749-755.
- RADINA B., 1958. *Rilievo geologico della zona compresa tra S. Fele, Bella e Moro Lucano*. Boll. Soc. Geol. Ital. 77: 183-203.
- RICCHETTI G., 1961. *Geologia del nucleo mesozoico di Pignola e Abriola (Potenza)*. Boll. Soc. Geol. Ital., 80: 247-268.
- RICOU E., 1971. *Le croissant ophiolitique péri-arabe, une ceinture de nappes mise en place au Crétacé supérieur*. Rev. Géogr. Phys. Géol. Dyn., 13: 327-349.
- RICOU E., 1976. *Evolution structurale des Zagrides: la region clef de Neyriz (Zagros iranien)*. Mém. Soc. Géol. France, 125: 1-140.
- RICOU E., 1994. *Tethys reconstructed: plates, continental fragments and their boundaries since 260 Ma from Central America to South-eastern Asia*. Geodin. Acta, 7: 169-218.
- ROBERTSON A.H.F., WOODCOCK N.H., 1979. *Mamonia Complex, southwest Cyprus: Evolution and emplacement of a Mesozoic continental margin*. Geol. Soc. Amer. Bull., part I, 90: 651-665.
- SCANDONE P., 1961. *Nuove vedute sulla geologia dei dintorni di Lagonegro*. Rend. Accad. Sci. Fis. Mat. Napoli, S. 4, 28: 436-344.
- SCANDONE P., 1967a. *Studi di geologia lucana: la serie calcareo-silico-marnosa e i suoi rapporti con l'Appennino calcareo*. Boll. Soc. Natur. Napoli, 76: 301-469.
- SCANDONE P., 1967b. *Sul significato dei "calcari con liste e noduli di selce" di S. Fele e delle brecciole calcaree negli scisti silicei della Lucania*. Boll. Soc. Natur. Napoli, 76:189-197.

- SCANDONE P., 1972. *Studi di geologia lucana: Carta dei terreni della serie calcareo-silico-marnosa e note esplicative*. Boll. Soc. Natur. Napoli, 81: 225-300.
- SCANDONE P., 1975a. *The preorogenic history of the Lagonegro Basin (Southern Apennines)*. In: Squyres, C. (ed.) *Geology of Italy*. Earth Sci. Soc. Libyan Arab. Republ.: 305-315.
- SCANDONE P., 1975b. *Triassic seaways and the Jurassic Tethys Ocean in the central Mediterranean area*. Nature, 256: 117-119.
- SCANDONE P., DE CAPOA P., 1966. *Sulla posizione stratigrafica e l'età dei livelli a Daonella ed a Halobia in Lucania*. Boll. Soc. Natur. Napoli, 75: 30-39.
- SCANDONE P., SGROSSO I., VALLARIO A., 1967. *Finestra tettonica nella serie calcareo-silico-marnosa lucana presso Campagna (Monti Picentini, Salerno)*. Boll. Soc. Natur. Napoli, 76: 247-254.
- SCARSELLA F., 1957. *Sulla posizione stratigrafica degli scisti silicei attribuiti al Trias medio dell'Appennino meridionale*. Boll. Soc. Geol. Ital., 75: 53-59.
- SELLI R., 1962. *Il Paleogene nel quadro della geologia dell'Italia meridionale*. Mem. Soc. Geol. Ital., 3: 737-790.
- SIGNORINI R., 1939. *Sulla tettonica dei terreni mesozoici nell'Appennino lucano*. Rend. Acc. Lincei, Cl. Sci. fis., s. 6, 29: 558-652.
- SMITH A.G., 1971. *Alpine Deformation and the Oceanic areas of the Tethys, Mediterranean and Atlantic*. Geol. Soc. Amer. Bull., 82: 2039-2070.
- SUESS E., 1893. *Are great ocean depth permanent?* Nat. Sci., 2: 180-187.
- WOOD A.W., 1981. *Extensional tectonics and the birth of Lagonegro Basin (Southern Italian Apennines)*. N. Jb. Geol. Paläont. Abh. 161: 93-131.

HUGH C. JENKYN^(*)

THE DEMISE AND DROWNING OF EARLY JURASSIC (SINEMURIAN) CARBONATE PLATFORMS: STRATIGRAPHIC EVIDENCE FROM THE ITALIAN PENINSULA, SICILY AND SPAIN

RIASSUNTO. – I dati biostratigrafici esistenti sui carbonati di tipo Bahamiano della Tetide di età giurassica dell'Italia e della Spagna indicano una cessazione dei fenomeni sedimentari e di accumulo nell'ultima parte del Sinemuriano (Giurassico Inferiore). Nel caso della Sicilia occidentale, l'età corrisponde con tutta probabilità alla zona a *raricostatum*, un intervallo che può essere generalmente esteso a tutta la regione. I sedimenti post-piattaforma possono essere datati localmente come Pliensbachiano o Toarciano, ma nella maggior parte dei casi, se non in tutti, si osserva una lacuna stratigrafica non calibrata tra la parte superiore dei carbonati di acque basse e la facies sovrastante, depositata in un ambiente di mare aperto o pelagico. La fine della produzione di carbonati di acqua bassa è stata determinata probabilmente da due fattori: l'attività tettonica, che produceva l'innalzamento della superficie della piattaforma con conseguente esposizione subaerea e dissoluzione, e un abbassamento eustatico del livello del mare, il quale ha potuto produrre il medesimo risultato. Il fatto che molte piattaforme carbonatiche della Tetide non hanno ripreso la loro produttività carbonatica in seguito al definitivo annegamento suggerisce un grado di deterioramento ambientale diffuso durante l'ultima parte del Sinemuriano, che probabilmente è perdurato nella prima parte del Pliensbachiano. Un'escursione negativa degli isotopi del carbonio di questa età, riconosciuta in diverse località europee, è compatibile con la presenza di un sistema oceanico e atmosferico relativamente ricco di CO₂. Questo fenomeno, che ha interessato il limite Sinemuriano Pliensbachiano avrebbe impedito la produzione di sedimenti carbonatici di acqua bassa fino a quando la subsidenza non ha portato la superficie deposizionale ad una profondità troppo elevata per la precipitazione e la secrezione dei minerali carbonatici.

INTRODUCTION

The carbonate platform represents one of the key palaeogeographic elements of Mesozoic Alpine-mediterranean (Tethyan) palaeogeography and finds a modern analogue in the Blake-Bahama region of the continental

(*) Lincoo, University of Oxford.

margin off eastern North America. In both areas, kilometres-thick successions of identical facies and age were developed and diachronous episodes of drowning are recorded, particularly in the Early Jurassic of the European area, with the subsequent deposition of a pelagic cover (e.g. D'Argenio, 1970, 1974, D'Argenio *et al.* 1975; Bosellini 1973, 1989; Bernoulli 2001; Bernoulli, Jenkyns 1974; Bosence *et al.* 2009; Franceschi *et al.* 2019). An important distinction exists between the demise of the carbonate platform, dated by the age of its topmost stratigraphic level assuming no substantial loss to solution and erosion, and drowning and foundering during which the shallow-water succession was typically mantled by open-marine and ultimately pelagic sediment. The change in facies, typically but not invariably knife-sharp, from platform carbonate to pelagic is manifestly diachronous across the Italian peninsula and elsewhere, a phenomenon classically attributed to extensional tectonics related to progressive rifting of the area lying between Africa and Europe (e.g. Bosellini, 1973; Bernoulli, Jenkyns, 1974; Bertotti *et al.* 1993).

Final emergence of a carbonate platform has been suggested in some cases as a cause for its demise, based on the presence of possible karstic features immediately below the pelagic cover in Sicily (Jenkyns 1970a) but more recently major disturbances in the global carbon cycle, such as Oceanic Anoxic Events (OAEs) and other excursions in the carbon-isotope record, have been suggested as possibly important in adversely influencing the shallow-water sediment factory (e.g. Zempolich 1993; Wilmsen, Neuweiler 2008; Merino-Tomé *et al.* 2012; Léonide *et al.* 2012; Masetti *et al.* 2017). The proposed mechanisms generally involve some degree of eutrophication related to excess nutrient supply, thought to characterize OAEs, which suppressed shallow-water carbonate production, allowing subsidence to outpace sedimentation (Schlager 1981; Hallock, Schlager, 1986). Ocean acidification is another suggested player in the mix of potential variables (Trecalli *et al.* 2012). However, as far as the Toarcian Oceanic Event is concerned, the stratigraphic patterns of Tethyan platform carbonates indicate that, in most cases, demise and drowning took place prior to this event (Fig. 4) and, in a number of instances, particularly in the peri-Adriatic region, this pattern of shallow-water sedimentation continued well into the Cretaceous (D'Argenio 1970, 1974; Bosellini 1973).

Detailed sedimentology and facies analysis of Tethyan platform carbonates has been the object of numerous studies and is not repeated here. In this account, the focus is on the stratigraphy of Lower Jurassic shallow-water limestones in the Italian peninsula, from the Southern Alps to Sicily, to evaluate the evidence for a regional late Sinemurian event or events that could have affected the demise of a number of Tethyan carbonate platforms. Additional data from southern Spain and adjacent regions are also examined.

Interspersed between these Early Jurassic platforms were deeper marine basins containing pelagic radiolarian-rich clays that received re-deposited shallow-water material from time to time, a palaeogeographic configuration that was established by Scandone as early as the late nineteen-sixties (Scandone 1967; D'Argenio, Scandone 1971).

SINEMURIAN CARBONATE PLATFORMS IN THE SOUTHERN ALPS

The Southern Alps comprise a number of Mesozoic palaeogeographic elements (Fig. 1), amongst which the carbonate platform was particularly important during the Early Jurassic period (e.g. Gaetani 1975; Winterer, Bosellini 1981; Woodfine *et al.* 2008; Masetti *et al.* 2012). Dating of the various shallow-water successions (Calcari Grigi Group) has generally not been possible using ammonite biostratigraphy because of a lack of these key fossils, except for some rare examples that indicate the presence of Pliensbachian and Toarcian levels in the Rotzo and Tenno Formations, respectively (Sarti 1981; Mietto 1985; Geyer *et al.* 1986; Sarti, Ferrari 1999; Sturani 1971). However, strontium- and carbon-isotope stratigraphy together with some occurrences of benthonic foraminifera (*Paleomayncina termieri*) and bivalves (*Gervillia*) has helped elucidate a complex behaviour of Early Jurassic carbonate platforms (Woodfine *et al.* 2008; Franceschi *et al.* 2014; Masetti *et al.* 2017). The south-western sector of the Trento Platform/Plateau (Fig. 1) illustrates continued shallow-water sedimentation through into the Aalenian (*opalinum* to *concaum* Zones) with the development of the highly ammonitiferous and pink to white crinoid-rich San Vigilio Oolite in outcrops around the Garda Lake (Vacek 1886; Sturani 1964, 1971; Clari, Marelli 1983; Barbujani *et al.* 1986; Callomon *et al.* 1994; Dietze *et al.* 2017): the micritic oolites in the upper part of this formation contain included nannofossils that, together with the presence of some brown to black mineralized hardgrounds (Fe-Mn oxyhydroxides), indicate some open-marine influence at the edge of the Trento Plateau during the early middle Jurassic (Jenkyns 1972). The impact of the early Toarcian Oceanic Anoxic Event (T-OAE), characterized by the deposition of organic-rich sediments and accompanying redox changes in a global context (Jenkyns 1988), was manifestly not such as to 'kill' the carbonate platform, although a facies change from relatively massive to more thin-bedded clay-rich and cherty, spiculitic limestones across the interval is locally developed as the Tenno Formation (Barbujani *et al.* 1986: Fig. 1). The presence of some Toarcian nannofossils (*tenuicostatum* Zone) and some ammonites, locally accompanied by rhynchonellid brachiopods, in this unit suggests a more open-ma-

rine influence that, however, was only transient before deposition of the San Vigilio Oolite took place (Sturani 1971; Barbujani *et al.* 1986; Geyer *et al.* 1986; Picotti, Cobianchi 1996; Cobianchi, Picotti, 2001; Woodfine *et al.* 2008).

The north-eastern sector of the Trento Plateau is characterized by carbonate-platform facies of the Monte Zugna Formation in the Calcarei Grigi Group, being overlain either by crinoidal sands of Pliensbachian age or, with considerable unconformity, by Middle Jurassic condensed red limestones of Rosso Ammonitico facies (Fig. 1). Evidence from faunal elements together with the development of a characteristic negative carbon-isotope excursion in the Monte Zugna Formation dates the succession as no younger than the upper Sinemurian (Masetti *et al.* 2012, 2017), an interval that presumably records the termination of platform-carbonate deposition in this particular area. In part of the Friuli Platform, lying to the east of the Trento Plateau, carbon-isotope stratigraphy and benthonic foraminifera similarly date the Monte Zugna Formation to the latest Sinemurian. The bulk of the Friuli Platform, however, maintained its shallow-water Bahamian character through to the Late Cretaceous (e.g. Cuvillier *et al.* 1968; Vlahović *et al.* 2005).

SINEMURIAN CARBONATE PLATFORMS IN UMBRIA-MARCHE

The palaeogeographic evolution of Early Jurassic carbonate platforms in the Apennines of Umbria–Marche was controlled by different fault-bounded units, each with its own stratigraphy, and transitions between shallow- and deeper water facies are complex. The pattern, however, is essentially bimodal (Fig. 2). As detailed by Centamore *et al.* (1971), Bosellini (1973), Passeri, Venturi (2005) and Marino, Santantonio (2010), cessation of platform-carbonate deposition (manifested by the light-coloured so-called Calcare Massiccio) took place at two principal intervals: one, around the Hettangian–Sinemurian boundary (*bucklandi* Zone or earlier) and another towards the close of the Sinemurian. However, dating generally relies on the presence of ammonites in the overlying pelagic cover of the platform carbonates that only supply a minimum age, given the possible presence of an unconstrained stratigraphic gap atop the Calcare Massiccio. In those areas characterized by the early cessation of platform-carbonate deposition, basinal pelagic environments developed, allowing the accumulation of relatively thick grey limestones and marls with planktonic biota, known locally as Corniola and typically containing redeposited material of pelagic and shallow-water character, the latter derived from co-existing carbonate platforms (e.g. Bernoulli 1967, 1971). By contrast, in those areas possessed of more

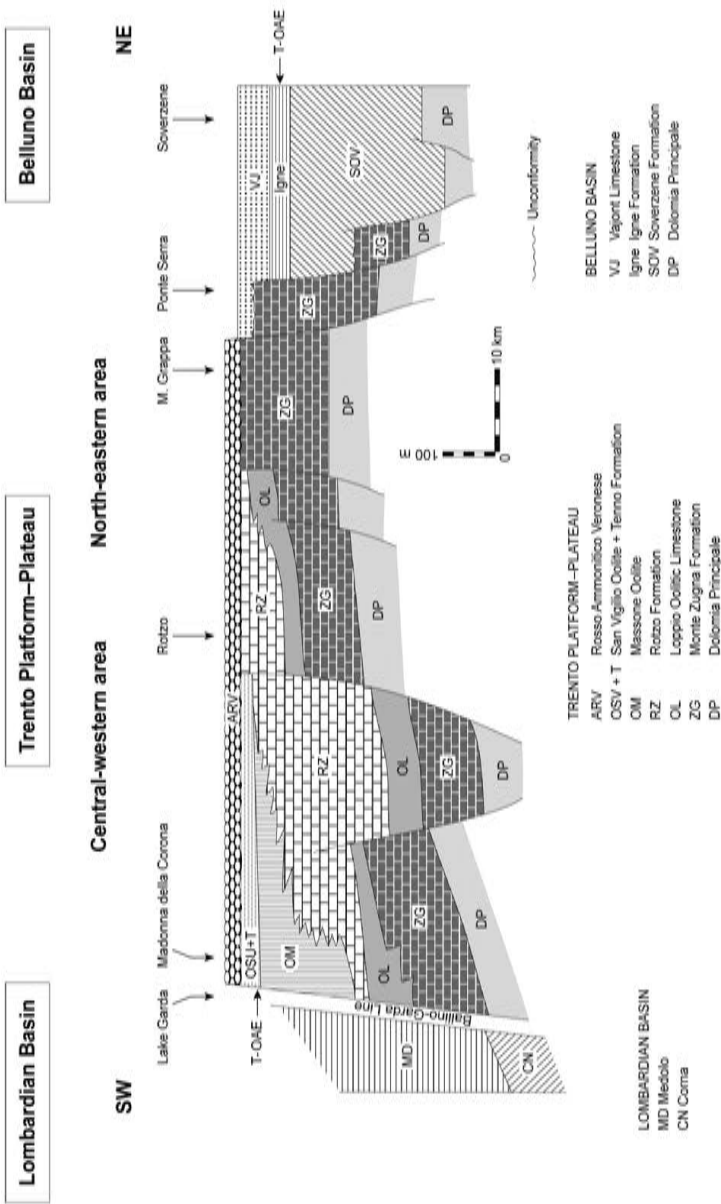


Fig. 1 – Reconstruction of the Trento Platform-Plateau of the Southern Alps showing suggested relationships between the various Jurassic formations: modified after Masetti *et al.* (2012, 2017). The sedimentary record of the Toarcian Oceanic Anoxic Event (T-OAE) is registered in the western margin of the Trento Platform as the Tenno Formation and within the Igne Formation of the Belluno Basin (Jenkyns *et al.* 1985; Woodfine *et al.* 2008). Close to the Garda Lake, the age of the San Vigilio Oolite extends into the Aalenian (e.g. Sturani 1964). The summit of the Monte Zugna Formation in the north-eastern sector of the Platform is dated as late Sinemurian (Masetti *et al.* 2017). The middle part of the Rotzo Formation has locally yielded the ammonite *Protogrammoceas* indicative of the *margaritatus* Zone of the upper Pliensbachian (Sarti, Ferrari 1999). Detailed sedimentary evolution of the area is given by Bosellini *et al.* (1981), Winterer, Bosellini (1981) and Cobianni, Picotti (2001).

	Ammonite Zones	LITHOSTRATIGRAPHY	
		Structural lows	Structural highs (seamounts)
PLIENSBACHIAN	<i>spinatum</i>	EXPANDED CORNIOLA	CONDENSED CORNIOLA
	<i>margaritatus</i>		
	<i>davoei</i>		
	<i>ibex</i>		
	<i>jamesoni</i>		
SINEMURIAN	<i>raricostatum</i>		CALCARE MASSICCIO
	<i>oxynotum</i>		
	<i>obtusum</i>		
	<i>turneri</i>		
	<i>semicostatum</i>		
	<i>bucklandi</i>		
HETTANGIAN	<i>angulata</i>		
	<i>liasicus</i>		
	<i>planorbis</i>		
	<i>tilmanni</i>		

Fig. 2 – Interpretative Lower Jurassic stratigraphy of the Marche-Umbrian region, central Italy. Cessation of deposition of the Calacare Massiccio was diachronous, affecting more highly subsident areas earlier, around or before *bucklandi* Zone time and less subsident areas probably in latest Sinemurian time. Adapted from Centamore *et al.* (1971), Passeri, Venturi (2005) and Marino, Santantonio (2010). The proposed stratigraphic gap in the *jamesoni* Zone is conjectural. The ammonite fauna pertaining to the *bucklandi* Zone is variably estimated to sit between 50 and 80 metres below the top of the Calcare Massiccio (Passeri, Venturi 2005). Zones of the Hettangian follow those recognized at the Global Stratotype Section and Point (GSSP) for the base of the Jurassic System in Tyrol, Austria (von Hillebrandt *et al.* 2013).

persistent carbonate platforms, subsequent pelagic facies were stratigraphically condensed (Fig. 2).

As elsewhere, ammonites are extremely uncommon in these massive platform carbonates but one roadside locality (by Monte Nerone) that exposes the longer lived Calcare Massiccio has yielded, several tens of metres (somewhere between 50 and 80 metres) below the top of the formation, an oolitic limestone containing gastropods and ammonites, including an *Arietites*, indicative of an early Sinemurian age, specifically *bucklandi* Zone (Passeri, Venturi 2005). Given the relatively non-subsident history of this area, the sedimentary thickness of Calcare Massiccio between the ammonite level and the top of the formation must equate to a depositional interval of several million years, placing the carbonate-platform top in the late Sinemurian. The age of the oldest pelagic cover to the platform carbonates in this and similar sections is early Pliensbachian (*ibex* Zone: Marino, Santantonio 2010), which is also compatible with a latest Sinemurian age for the top of the Calcare Massiccio in these instances, allowing for a putative stratigraphic gap (Fig. 2). Overall facies patterns are very similar to those of the Monte Zugna Formation of the Southern Alps.

SINEMURIAN CARBONATE PLATFORMS IN WESTERN SICILY AND THE OFFSHORE

The Lower Jurassic Inici Formation of western Sicily, being a stratigraphic element of the so-called Trapanese Domain, represents a typical Bahamian-style platform-carbonate succession bearing a range of shallow-water indices, both sedimentary and palaeontological, with thicknesses in the hundreds-of-metres range. The formation is in every way similar to the Calcare Massiccio of the Marche-Umbrian Apennines, but crops out in relatively sheer-sided mountains rising above a gently undulating plain (e.g. Jenkyns 1970a; Catalano *et al.* 1976; Catalano, D'Argenio, 1982; Giacometti, Ronchi, 2000; Di Stefano *et al.*, 2002a; Basilone 2009; Wendt 1963, 2017: Figs 3, 4). The formation typically manifests itself as a hard white limestone from which body fossils are notoriously difficult to extract, even though their outlines may be visible at outcrop or in fallen blocks. Identifiable ammonites have, however, been retrieved from this formation at Montagna del Casale, better known as Rocca Busambra, and initially described by Gemmellaro (1878). Gemmellaro's account mostly illustrates gastropods accompanied by bivalves (that include *Gervillia* as recorded later by Merciai, 1904, who incidentally describes his novel method of fossil extraction involving heating the rock sample till it glowed red then dropping it into cold water) and brachiopods, with only a handful of ammonites (including an *Ar-*

ietites) figured and described. However, his extensive ammonite collection in the Palermo Museum, numbering 158 examples in all, was later studied by Gugenberger (1936*a,b*), who was also able to examine an additional 69 specimens: 41 from a collection in the Pisa Museum and 28 from a collection in the Catania Museum. Even though many of the ammonites were preserved only as internal moulds and, in more complete specimens, the suture lines could not always be readily revealed, the abundance of identifiable fossils explains Arkell's (1956) enthusiastic comment that Rocca Busambra had yielded "a wonderful fauna ... from a white marble-like crystalline limestone ... representing the whole of the Hettangian and Sinemurian from the Planorbis Zone to the Raricostatum Zone". The fauna, initially attributed by Gugenberger (1936*a*) to a generic 'lower Lias' interval, is dominated by Phylloceratids, Lytoceratids and Arietitids with subordinate Schlotheimiids, Psiloceratids, Eoderoceratids and other Tethyan genera (Arkell 1956) and is of unusual biostratigraphic value, particularly as it derives from an unfavourable lithological host for ammonite fossils.

On current timescales, the Hettangian-Sinemurian interval in its entirety represents ~10 m.y. (Ogg, Hinnov 2012), which would translate into a sedimentary thickness of at least 200-300 metres, assuming typical accumulation rates of Lower Jurassic Tethyan platform carbonates (Bosscher, Schlager 1993; Woodfine *et al.* 2008). Although the exact stratigraphic whereabouts of the Rocca Busambra fauna is not recorded, these thicknesses suggest that the ammonite faunas from the Inici Formation were collected over a considerable stratigraphic thickness of outcrop, presumably from small quarries, whose workers could be persuaded by financial or other incentives to pass the fossils to Gemmellaro. It is notable that no Pliensbachian forms are recorded, suggesting that the Inici Formation, as far as ammonite biostratigraphy is concerned, extends no higher than the ultimate stage of the Sinemurian on Rocca Busambra. Other ammonite finds of Hettangian-Sinemurian age, without specific determinations, are briefly reported from an abandoned quarry at the nearby Rocce Maranfusa (Fig. 3) by Jenkyns (1970*a*) and Jenkyns, Torrens (1971), but the recognition of the *raricostatum* Zone in the Gemmellaro fauna from Rocca Busambra by Arkell (1956) extends the age of the Inici Formation well beyond the *angulata* and *bucklandi* zones originally suggested (cf. Gugenberger 1936*a*; Wendt 1969). A calcareous algal assemblage of dascycladaleans including *Palaeodascycladus mediterraneus*, *Palaeodascycladus heraki* and *Fanesella* sp. from the Inici Formation at the type-locality (Fig. 3) is similarly dated as mid-Hettangian to Sinemurian in age (Barattolo, Romano 2005). From Rocca Busambra itself, calcareous algae (*Cayeuxia* sp., *Thaumatoporella parvovesiculifera* and *Paleodascycladus mediterraneus*) are also reported: floras that are entirely compatible with the age determinations given by the ammonites (Basilone 2009).

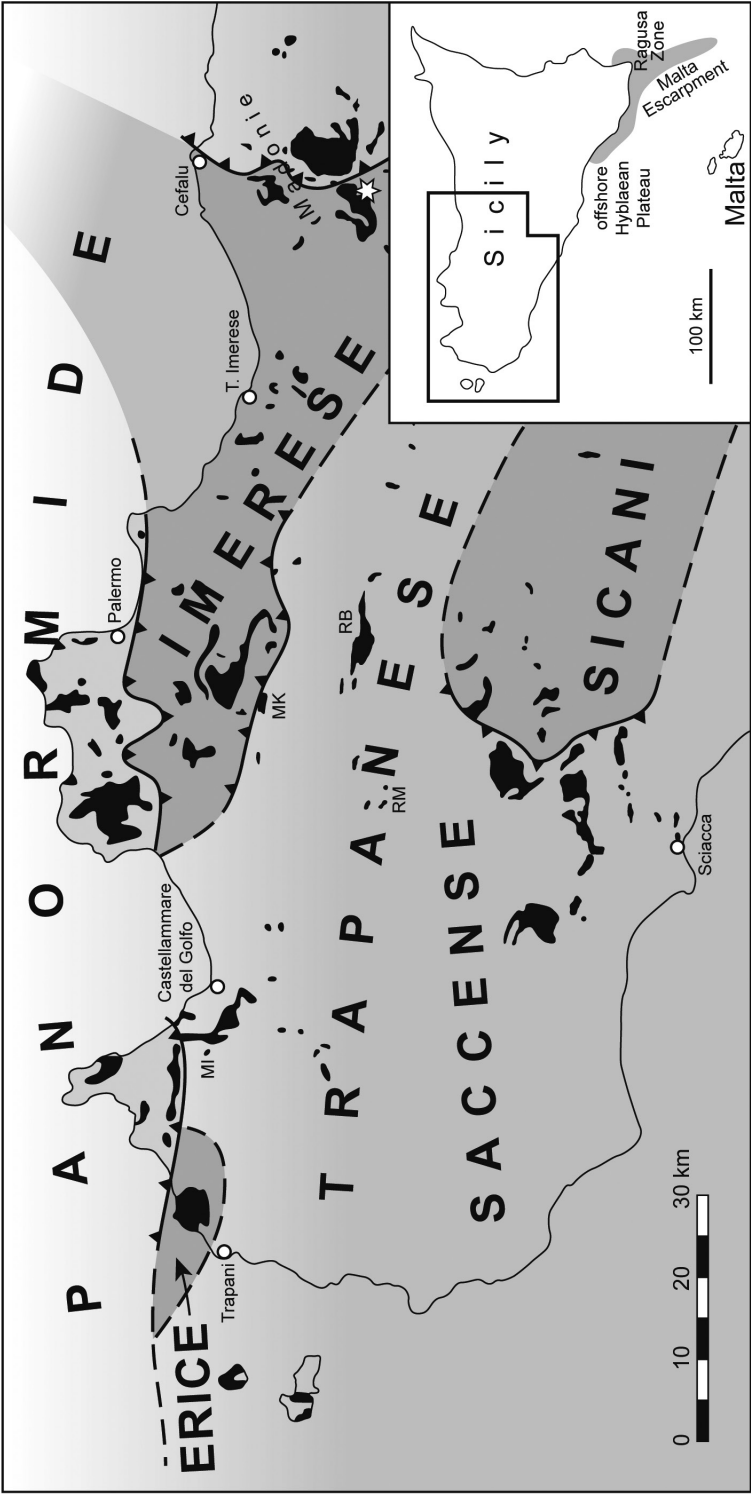


Fig. 3 – Map illustrating the position of Jurassic outcrops (black) in western Sicily in the context of the principal facies domains. Modified after Catalano, D’Argenio (1982) and Wendt (2017). ME = Monte Erice; MI = Monte Inici; MK = Monte Kumeta; RB = Rocca Busambra; RM = Rocce Maranfusa. The youngest sediments identified in the Inici Formation (platform carbonate) are of *rivicostatum*-Zone age, based on ammonite faunas (Arkell, 1956). Boreholes from the offshore Hyblaean Plateau, the Ragusa Zone and dredgings from the Malta Escarpment reflect the stratigraphy of the Trapanese Zone, with the summit of the Inici Formation also likely to be of latest Sinemurian age (Patacca *et al.* 1979; Scandone *et al.* 1981; Ronchi *et al.* 2000).

The alternative approach to dating the top of the Inici Formation is to use the biostratigraphic constraints provided by overlying open-marine or pelagic facies. Regionally developed across the Trapanese Zone (Fig. 3) are Toarcian ammonite-bearing pink, yellow, red and brown pelagic carbonates, typically enriched in iron and manganese oxyhydroxides and locally containing fragments of sanidine trachyte, that rest on an irregular surface of the platform carbonates or occur as neptunian dykes and sills therein (Jenkyns 1970b; Jenkyns, Torrens 1971; Wendt 1971a, 2017; Sulli, Interbartolo 2016; Basilone 2009). However, there is clearly an uncalibrated stratigraphic gap between the top of the Inici Formation and the overlying pelagic cover. Some of these heavily mineralized Toarcian sediments contain abundant crinoidal debris but in one locality these disarticulated fossil remains are particularly well developed as relatively clean-washed metre-scale pink-coloured lenticular accumulations of grainstone/biosparite whose upper surface is locally filled in irregular hollows by fine-grained yellow-stained pelagic carbonates dated as Toarcian (Jenkyns 1971; Di Stefano *et al.* 2002a; Mallarino *et al.* 2002). The locality in question is Monte Kumeta (Fig. 3) and the crinoidal limestones exposed atop this mountain have yielded a useful brachiopod fauna, a reflection of the common association between these two faunal elements. Initially considered to be of possible late Pliensbachian age based on their general stratigraphic position, detailed collecting and identification of the fauna has shown instead that most of the species point to the early part of the stage (Di Stefano *et al.* 2002a). However, one identified brachiopod species (*Liospiriferina angulata*) is known only from the Upper Sinemurian which, taken at face value, suggests that elements of the crinoidal facies date to this age. Similar facies found locally on Rocca Busambra are probably coeval (Basilone 2009). Hence, the age of the top of the Inici formation in the Trapanese Domain, if constant across the region of western Sicily and uneroded, should be no younger than *raricostatum* Zone. Reference to possible Pliensbachian faunas in the Inici Formation in some localities, if correctly identified, may derive from a deeper marine semi-drowning or post-drowning facies locally identified in the Trapanese domain (cf. Wendt 1969; Jenkyns, Torrens 1971; Di Stefano *et al.* 2002a).

Wells offshore southern Sicily (Hyblaean Plateau: Fig. 3) have penetrated the Inici Formation within which a neptunian dyke has yielded a monospecific nannofloral assemblage (*Crepidolithus crassus*), a taxon whose earliest occurrence is late Sinemurian, either *oxynotum* or *raricostatum* Zone (Ronchi *et al.* 2000; cf. Mattioli *et al.* 2013). However, this species ranges through the Pliensbachian and becomes more common in the Toarcian (Mattioli, Erba 1999), suggesting that, in contrast to the suggestion of Ronchi *et al.*, the nannofossils do not necessarily indicate a

Sinemurian age for the top of the Inici Formation penetrated by the sedimentary fissure. Furthermore, Sinemurian neptunian dykes and sills containing sediment of open-marine character that could potentially contain calcareous nannofossils are not described from the Trapanese Domain of onshore western Sicily that otherwise strongly resembles the overall stratigraphy of the offshore Hyblaean Plateau (cf. Wendt 1971a 2017). Although it seems likely that the top of the Inici Formation in the offshore can indeed be ascribed to the uppermost Sinemurian, based on the reconstructed palaeogeographic configuration of the area, the biostratigraphic constraints are not definitive. Extensions of the same stratigraphic pattern as that characterizing the Hyblaean Plateau area further south-east to the offshore Ragusa Zone and Malta Escarpment (Fig. 3) are recorded from boreholes and dredges offering further evidence for the local presence of Sinemurian platform carbonates, even though the dating is inexact (Patacca *et al.* 1979; Scandone *et al.* 1981).

SINEMURIAN CARBONATE PLATFORMS IN SOUTHERN SPAIN, MALLORCA AND GIBRALTAR

In the Subbetic Zone of southern Spain an extensive carbonate platform developed during the Early Jurassic (Rey, 1997; Ruiz-Ortiz *et al.* 2004). Referred to as the Gavilán Formation, its top platform-carbonate levels locally date to close to the Sinemurian-Pliensbachian boundary, after which time an extensional tectonic phase that dissected the platform is recognized, leading to considerable palaeogeographic complexity in terms of basin-seamount-persisting carbonate platform physiography (Andreo *et al.* 1991; Garcia-Hernandez *et al.* 1980, 1986-87; Ruiz-Ortiz *et al.* 2004; Bosence *et al.*, 2009). Dating of the top of the formation as earliest Pliensbachian in some outcrops has been primarily achieved using strontium-isotope values of calcitic brachiopod shell material by reference to the reference curve of Jones *et al.* (1994) and Jenkyns *et al.* (2002). Typical shallow-water biotic elements in the Gavilán Formation of general stratigraphic worth that are locally present include the alga *Palaeodasycladus mediterraneus* (Rey 1997). A very similar palaeogeographic configuration is described from the Balearic Island of Mallorca, where the so-called Es Barraca Member (Fig. 4) of the Soller Formation is represented by an evolving Bahamian-style platform carbonate whose age ranges into the top Sinemurian, illustrated by a relatively abundant fauna of calcareous algae and benthonic foraminifera, including *Palaeodasycladus mediterraneus*, *Cayeuxia*, *Paleomayncina termieri*, and the microproblematicum *Thaumatoporella parvovesiculifera* in

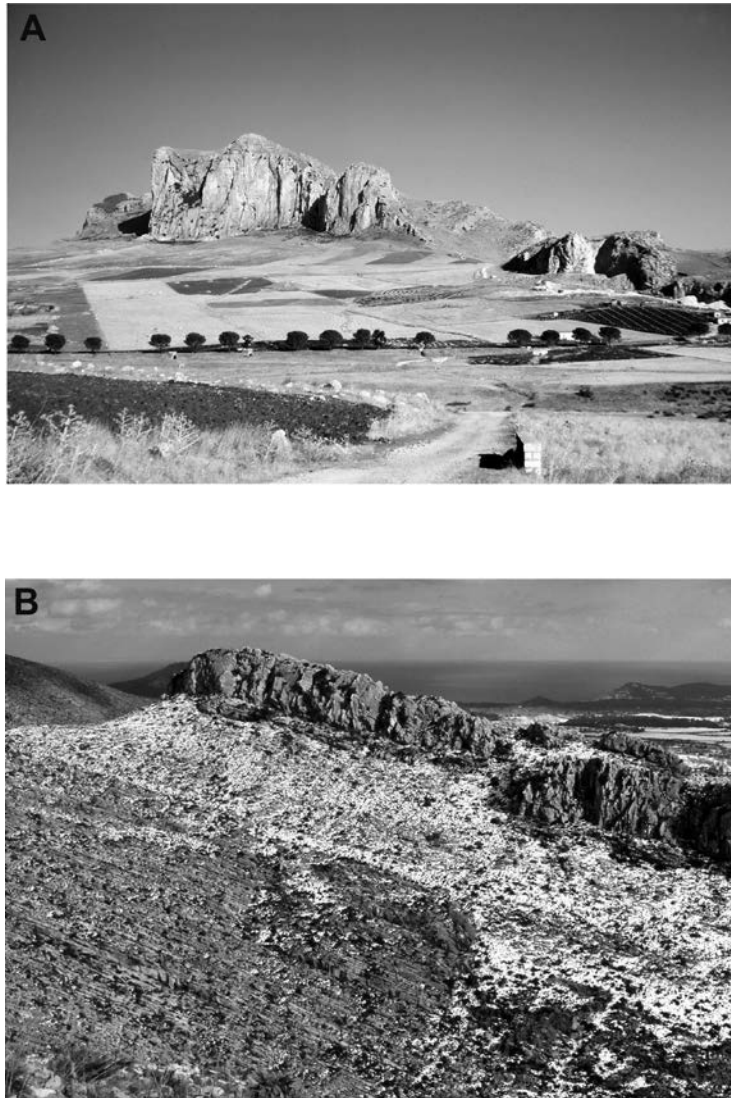


Fig. 4 – A: Rocca Busambra, also known as Montagna del Casale, western Sicily. The mountain is dominantly constituted by the light-coloured platform carbonates of the Inici Formation dated as Hettangian and Sinemurian by an abundant ammonite fauna. These shallow-water sediments are capped by a pink to red pelagic cover whose oldest sediments, predominantly found as sedimentary fissure fills, are dated to the early Toarcian (Arkell 1956; Jenkyns 1970*b*; Wendt 2017). B: Cutri, Sierra di Levante, Mallorca, Balearic Islands. The lower, regularly bedded unit is constituted by the light-coloured platform carbonates of the Es Barraca Member of the Soller Formation and ascribed to the Sinemurian. The stratigraphically higher pink to grey thinner bedded limestones, accentuated by the effects of a (rare) snowfall, are of pelagic character and have yielded ammonites of early Toarcian to Bajocian age. The prominent ridge, offset by a simple fault, is composed of re-deposited oolites (?Bathonian in age) derived from an adjacent carbonate platform (Álvaro *et al.* 1989; Jenkyns *et al.* 1990; Sevillano *et al.* 2018).

its highest levels (Colom 1970; Álvaro *et al.* 1989; Sevillano *et al.* 2019). Although no ammonites have been recorded from the Es Barraca Member, the local presence of these molluscs in overlying deeper water facies dates the post-carbonate-platform environment to the *jamesoni* Zone of the earliest Pliensbachian.

The Rock of Gibraltar, of similar palaeogeographic character to coeval facies in Mallorca and in mainland southern Spain, represents a klippe of Lower Jurassic platform carbonate (Gibraltar Limestone Formation: Bosence *et al.* 2000), tectonically inverted, and overlain stratigraphically by deeper marine pelagic sediments dated by ammonites (now lost) as Pliensbachian (Bailey 1952). The microbiota comprises benthonic foraminifera and calcareous algae, including *Palaeodasycladus ?mediterraneus*, that together suggest a Sinemurian age for the upper part of the >460-metres-thick sequence (Boudagher-Fadel *et al.* 2001). Although no determinable ammonites are available from the sequence (brief mention is made by Ansted (1859) of one such fossil in a footnote to his paper but the whereabouts of the specimen is unknown), a number of gastropods, bivalves and brachiopods have been found, the latter being of biostratigraphic significance (Owen, Rose 1997). The brachiopod fauna available at the present time, primarily derived from quarried material, includes rhynchonellids, a spiriferid, a terebratulid and a zelleriid and indicates a secure late Sinemurian age for the uppermost part of the platform carbonate, perfectly in accordance with the age of the overlying pelagic sediments. Additional confirmation of this age for the Gibraltar Formation derives from strontium-isotope stratigraphy carried out on unaltered brachiopod shell material when cross-calibrated against a global reference curve (Bosence *et al.* 2009; cf. Jones *et al.* 1994; Jenkyns *et al.* 2002).

Taken together, the bio- and chemostratigraphic data suggest the demise of various platforms in the Subbetic Zone just before and just after the Sinemurian–Pliensbachian stage boundary.

A SINEMURIAN EVENT?

The demise and drowning of Mesozoic Tethyan carbonate platforms was manifestly diachronous, as has long been appreciated, beginning at around the Triassic–Jurassic boundary in some areas, such as the Eastern Alps of Austria and Hungary (Bernoulli, Jenkyns 1974). In many places, cessation of platform-carbonate deposition manifestly preceded the Toarcian Oceanic Anoxic Event (Fig. 5) and, in the central western area of the Trento Plateau in the Southern Alps, its effect was only registered by a slight

change from less massive to more thin-bedded sedimentary successions and the local presence of sponge-spicule cherts prior to re-establishment of the oolitic sediment factory in the early mid-Jurassic that preceded final drowning (Barbujani *et al.* 1986; Woodfine *et al.* 2008). By contrast, in parts of the peri-Adriatic region, carbonate platforms continued to flourish through much of the Jurassic and Cretaceous Periods, surviving a number of major episodes of environmental change (e.g. D'Argenio 1974; Jenkyns 1991; Vlahović *et al.* 2002; Sabatino *et al.* 2013).

As detailed above, the late Sinemurian, in some cases where more rigorous dating is possible, the latest Sinemurian (i.e. *ruricostatum* Zone) seems to have witnessed the demise of a number of platform-carbonate factories across the Italian peninsula and beyond, even if accumulation of any subsequent pelagic record (syn- or post-drowning) was delayed. The role of tectonics in locally uplifting large tracts of carbonate platforms above sea level would seem to be a potent mechanism for terminating the sediment factory and finds some support in the sculptured surface with depressions and pinnacles that are locally present at the top of the Inici Formation in Sicily: features that could have been caused by subaerial erosion and dissolution, albeit modified by wave action as drowning commenced (Warman and Arkell, 1954; Jenkyns 1970a; Di Stefano *et al.* 2002a; Wendt 2017; cf. Schlager 1998). Furthermore, the local presence of angular unconformities between the Inici Formation and overlying open-marine facies in some localities in western Sicily indicates a degree of syn-sedimentary tilting (Wendt 1963, 1971b; di Stefano *et al.* 2002b).

Detailed relative sea-level curves for the Sinemurian Stage, based on Jurassic successions in various British basins, further suggest a regionally significant fall during the *ruricostatum* Zone (Hesselbo, Jenkyns 1998). Such a possibly eustatic sea-level fall, if applicable to areas further south, could have facilitated emergence of many platforms. Importantly, evidence for significant temporary emergence of the Trento Platform in the Southern Alps is given by the presence of dinosaur footprints of definitive late Sinemurian age (Rotzo Formation of the Calcarei Grigi Group: Fig. 1) associated with lacustrine organic-rich shales containing oligohaline bivalves, ostracods and thecamoebians (Petti *et al.* 2011).

However, what both the tectonic and eustatic hypotheses fail to explain is why the carbonate factories, Trento Platform excepted, did not re-establish themselves when the depositional areas finally foundered below sea level. This problem is particularly acute because the pink crinoidal limestones that are developed above the Inici Formation on Monte Kumeta in western Sicily, and clearly record relatively open-marine conditions, contain fluid inclusions in their carbonate cements that suggest palaeodepths less than 21–25 metres and even show possible evidence of

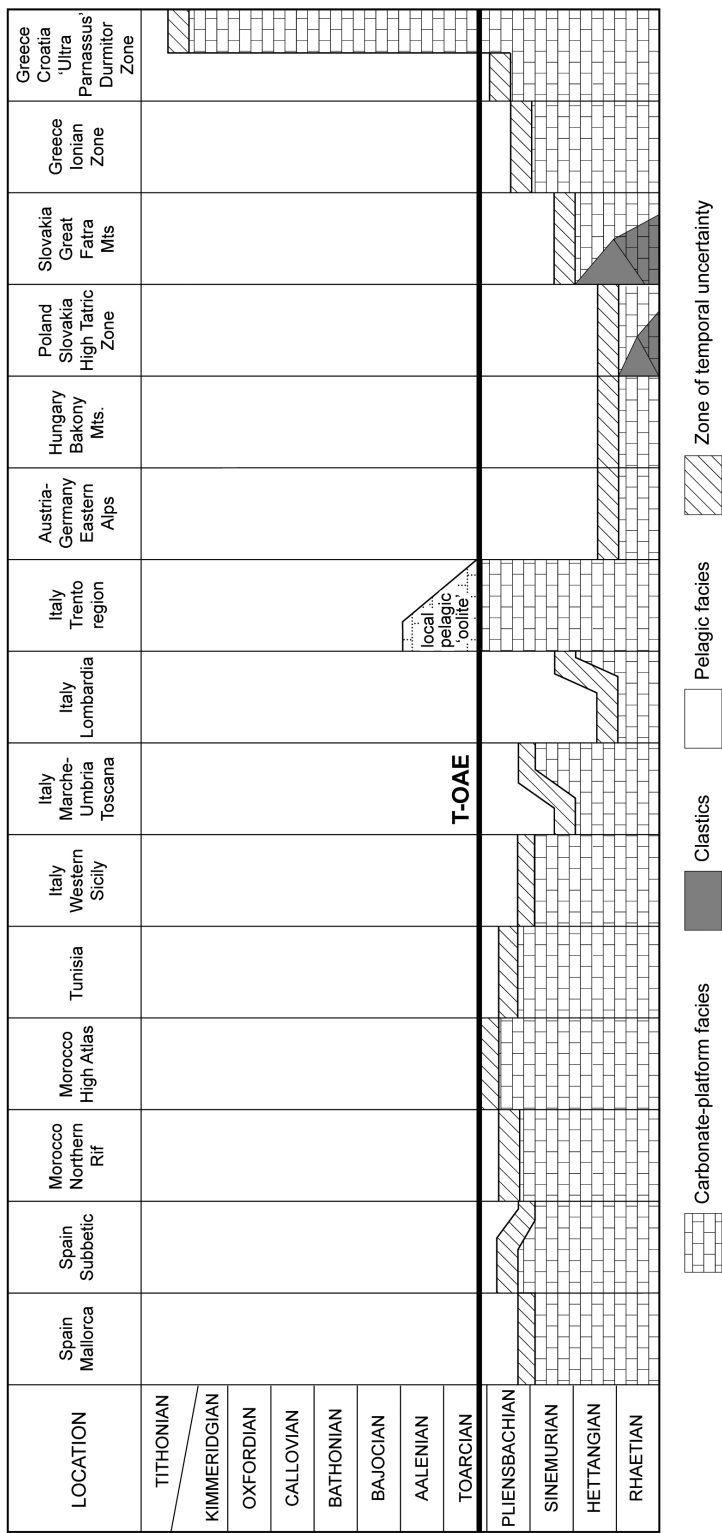


Fig. 5 – Illustration of the change in facies from platform carbonate to pelagic across multiple localities in the Tethyan region, after Bernoulli, Jenkyns (1974), updated for Italy and Spain and set against the timing of the Toarcian Oceanic Anoxic Event (Jenkyns, 1988). The lack of correspondence is striking, with many carbonate platforms having ceased deposition and drowned well before the environmental changes associated with the T-OAE took place. Note how the Trento Platform (south-western sector) survived into the middle Jurassic (Aalenian) before definitive drowning to become a plateau, even though the T-OAE was locally manifested by a change to somewhat more open-marine facies during the event itself (Woodfine *et al.* 2008).

local emergence and dissolution (Jenkyns 1971; Mallarino *et al.* 2002). Such depths should have been favourable for seawater to precipitate and carbonate-producing organisms to secrete calcite and aragonite in quantities more than enough to offset normal rates of relative sea-level rise and re-establish the sediment factory (Schlager 1981, 1998; Mallarino *et al.* 2002). Consequently, some deterioration of the environment during ultimate submergence of the platform must have taken place that inhibited the production of both inorganic and skeletal carbonates. The stratigraphy detailed in this account suggests that the end-Sinemurian saw a regional drop of sea level due either to syn-sedimentary uplift over broad areas and/or a fall in eustatic sea level that effectively ‘killed’ many carbonate platforms in the Italian peninsula and beyond: this time period marked their regional demise. The subsequent drowning interval accompanied by environmental deterioration may well have extended into the Pliensbachian so that, in the context of regional subsidence, the depositional surface had time enough to be lowered to sufficient depths to eliminate the possibility of re-establishing the shallow-water carbonate factory.

Evidence for environmental deterioration, of possible global significance, can be sought in the Early Jurassic carbon-isotope curve. A number of studies have spot-lighted the presence of carbon-isotope excursions in Sinemurian deposits: for example, Jenkyns, Weedon (2013) and Riding *et al.* (2012) illustrate, respectively, a positive shift in the *turneri* Zone and a negative shift or shifts extending over the *obtusum* and *oxynotum* Zones in sequences from England. However, borehole material of lesser stratigraphic resolution from France and Germany does not show anything out of the ordinary through the bulk of the Sinemurian, implying that these shifts are relatively minor in the overall context of Early Jurassic changes in the global carbon cycle (e.g. Peti *et al.* 2017; van de Schootbrugge *et al.* 2005). If we take the *raricostatum* Zone, as identified by Arkell (1956), as dating the platform top of the Inici Formation in western Sicily, and further that this interval may record similar phenomena elsewhere in Italy and Spain, then this zone and that immediately following should be examined for possible evidence of environmental deterioration. Significantly, there is a promising candidate in the form of a well-documented relatively long-term negative carbon-isotope excursion that spans the Sinemurian-Pliensbachian boundary (Fig. 6). Clearly identified in the belemnite chemostratigraphy from England and Portugal, where it represents one of the most striking carbon-isotope events in the whole of the Jurassic Period (Jenkyns *et al.* 2002), skeletal calcite, bulk-carbonate and organic-matter (terrestrial and marine) records from a variety of European locations reveal the same feature, clearly extending over the *oxynotum* and *raricostatum* Zones to reach a minimum in the lowest *jamesoni* Zone of the Pliensbachian (Kor-

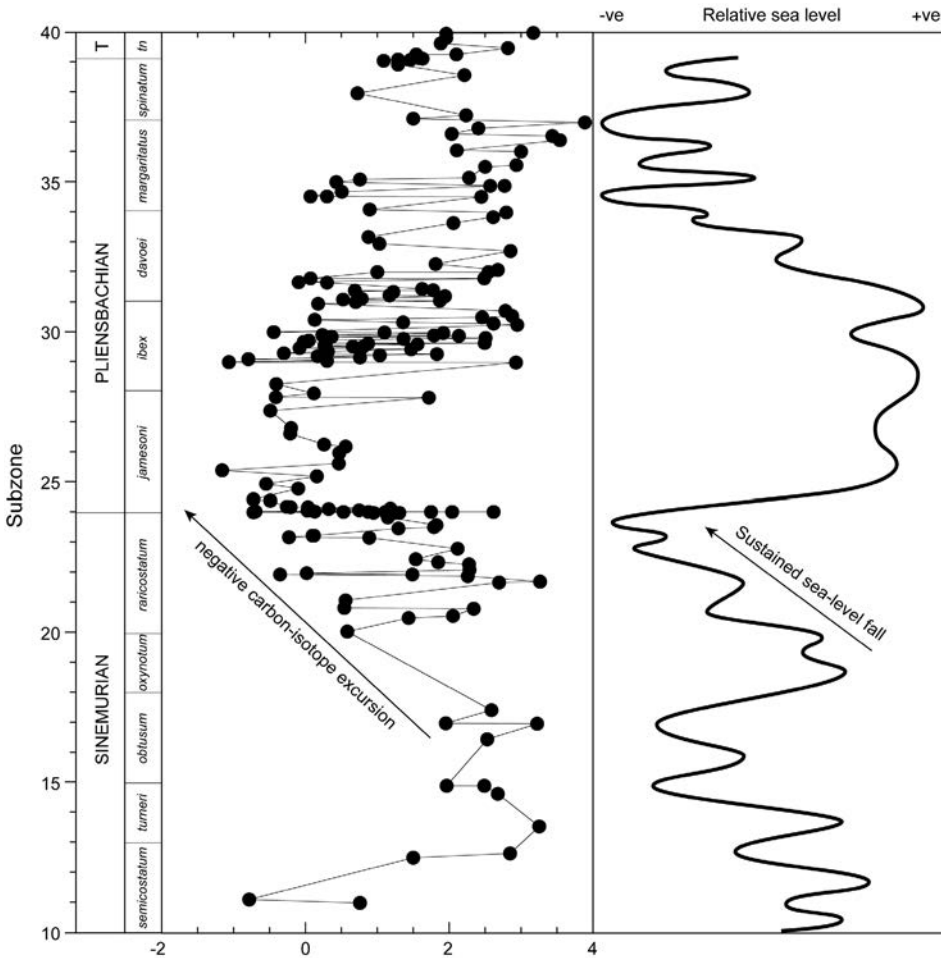


Fig. 6 – Carbon-isotope stratigraphy based on belemnites from England, illustrating the negative excursion that characterizes the Sinemurian-Pliensbachian stage boundary (after Jenkyns *et al.* 2002). Such an excursion, duplicated in other sections elsewhere in Europe, implies an increase of carbon dioxide in the oceans and atmosphere whose effect, via ocean acidification, would have hindered re-establishment of shallow-water carbonate factories during submergence following subaerial exposure. The earlier phases of subaerial exposure can be attributed to tectonic uplift and/or eustatic sea-level fall, the latter possibly indicated by the regional facies changes recognized in various basins in Great Britain (Hesselbo, Jenkyns 1998).

te, Hesselbo 2011; Duarte *et al.* 2014; Ruhl *et al.* 2016; Peti *et al.* 2017). Estimated palaeotemperature trends from oxygen-isotope ratios of skeletal calcite (belemnites, bivalves and brachiopods) over this interval in England suggest modest cooling although this may be a local phenomenon related to changes in water depth in which the analysed biota lived (Korte,

Hesselbo 2011; Price *et al.* 2016); indeed belemnite data from a coeval section in northern Spain, albeit somewhat scattered, show little obvious change over the *raricostatum-jamesoni* Zone interval (Gomez *et al.* 2016). It seems, therefore, that there is no cogent evidence that temperature, either in the shape of excessive warmth or excessive cold, was a driving force behind the demise of some Tethyan carbonate platforms in latest Sinemurian time.

Of more significance is the relatively long-term negative carbon-isotope excursion if this proves to be a global phenomenon, which seems likely, given its presence in different sedimentary archives (carbonate and marine and terrestrial organic matter) in different European localities as well as North Africa (Danisch *et al.* 2019; Mercuzot *et al.* 2020). A fall in carbon-isotope values during the latest Sinemurian could reflect a decrease in organic-carbon output to global sedimentary reservoirs causing a rise in CO₂ in the oceans and atmosphere; equally, an input of isotopically light carbon from volcanogenic or methanogenic sources would raise concentration of this greenhouse gas (e.g. Scholle, Arthur 1980; Berger, Vincent 1986; Dickens *et al.* 1995; Kump, Arthur 1999). Theoretically, increase in the atmospheric content of this greenhouse gas should have raised global temperatures in the oceans and atmospheres although the data at hand rather suggest that any warming and acceleration of the hydrological cycle was delayed until early Pliensbachian time (Dera *et al.* 2011; Franceschi *et al.* 2014; Deconinck *et al.* 2019). The most probable immediate environmental impact of an increase in carbon dioxide would have been ocean acidification, a phenomenon that has been previously proposed for major intervals of global change during the Mesozoic Era (e.g. Erba *et al.* 2010; Trecalli *et al.* 2012; Hönlisch *et al.* 2012). Relatively low levels of carbonate saturation extending over the *raricostatum* Zone and thereafter (1-2 million years: using the time scale of Ogg, Hinnov 2012) could have prevented re-establishment of certain Bahamian-style platforms during their early phase of re-submergence following subaerial exposure until their depositional surface was below the critical depth for abundant inorganic and skeletal production of calcite and aragonite. Rates of post-submergence deepening may have been critical at this juncture, with definite drowning favoured in more subsident areas (Woodfine *et al.* 2008). Drowning in earliest Pliensbachian time, as seems to have been the case with some carbonate platforms in the Subbetic Zone of southern Spain following their local tectonic uplift, can also be attributed to enhanced ocean acidification continuing after the time of the stage boundary.

CONCLUSIONS

A composite mechanism is proposed herewith for the demise and ultimate drowning of many Early Jurassic Tethyan carbonate platforms in Italy and elsewhere: firstly, tectonic uplift and/or a fall in eustatic sea level with a focus in latest Sinemurian time (probably *raricostatum* Zone), leaving the depositional surface high and dry and subject to dissolution and erosion; secondly, a subsequent phases of submergence during which a more highly charged CO₂-rich atmosphere caused ocean acidification/drop in carbonate saturation in shallow waters that proved inimical to many skeletal producers of calcite and aragonite as well as preventing the inorganic precipitation of these two polymorphs of calcium carbonate as sedimentary material. The fact, however, that some carbonate platforms survived both this Sinemurian phase and the later Toarcian Oceanic Anoxic Event, persisting into the Cretaceous in certain areas, indicates that the carbonate factory in these localities was resilient enough to maintain its growth potential, presumably as long as total or near-total exposure of the depositional surface to the elements was avoided at times of unfavourable environmental conditions.

Acknowledgements. – Daniele Masetti first drew my attention to the significance of Sinemurian carbonate platforms in the Southern Alps, Jobst Wendt elucidated some elements of Sicilian geology, and Emanuela Mattioli confirmed some details of Jurassic nannofossil biostratigraphy. Martino Foschi and Pietro Di Stefano helped with the Italian translation.

REFERENCES

- ÁLVARO M., BARNOLAS A., CABRA P., COMAS-RENGIFO M.J., FERNÁNDEZ-LÓPEZ S.R., GOY A., DEL OLMO P., RAMÍREZ DEL POZO J., SIMO A., URETA S., 1989. *El Jurásico de Mallorca (Islas Baleares)*. Cuad. Geol. Ibérica, 13: 67-120.
- ANDREO B., GARCÍA-HERNÁNDEZ M., MARTÍN-ALGARRA A., REY J., VERA J.A., 1991. *La sedimentación carbonatada del Lías en la transversal de Vélez Rubio (Subbético Interno)*. Rev. Soc. Geol. España, 4: 165-178.
- ANSTED D.T., 1859. *On the geology of Malaga and the southern part of Andalusia*. Quart. J. Geol. Soc. Lond., 15: 585-604.
- ARKELL W.J., 1956. *Jurassic Geology of the World*. Oliver and Boyd, Edinburgh, 806 pp.
- BAILEY E., 1952. *Notes on Gibraltar and the northern Rif*. Quart. J. Geol. Soc. Lond., 108: 157-175.
- BARBUJANI C., BOSELLINI A., SARTI M., 1986. *L'oolite di San Vigilio nel Monte Baldo (Giurassico, prealpi venete)*. Annali Univ. Ferrara, Nuova Serie, Sez. 9, Scienze geol. paleont., 9: 19-47.
- BARATTOLO F., ROMANO R., 2005. *Shallow carbonate platform bioevents during the Upper Triassic-Lower Jurassic: an evolutive interpretation*. Boll. Soc. Geol. Ital., 124: 123-142.
- BASILONE L., 2009. *Mesozoic tectono-sedimentary evolution of Rocca Busambra in western Sicily*. Facies, 55: 115-135.
- BERGER W.H., VINCENT E., 1986. *Deep-sea carbonates: reading the carbon-isotope signal*. Geol. Rundsch., 75: 249-269.
- BERNOULLI D., 1967. *Probleme der Sedimentation im Jura Westgriechenlands und des zentralen Apennin*. Verhand. Naturf. Gesellschaft Basel, 78: 35-54.
- BERNOULLI D., 1971. *Redeposited pelagic sediments in the Jurassic of the central Mediterranean area*. In: E. VÉGH-NEUBRANDT (ed.), *Colloque du Jurassique méditerranéen*, Annales Instituti Geol. Publ. Hungarici 54/2: 71-90.
- BERNOULLI D., 2001. *Mesozoic-Tertiary carbonate platforms, slopes and basins of the external Apennines and Sicily*. In: G.B. VAI, I.P. MARTINI (eds), *Anatomy of an Orogen: The Apennines and adjacent Mediterranean Basins*, Springer, Dordrecht: 307-325.
- BERNOULLI D., JENKYN H.C., 1974. *Alpine, Mediterranean and central Atlantic Mesozoic facies in relation to the early evolution of the Tethys*. In: R.H. DOTT Jr, R.H. SHAVER (eds), *Modern and Ancient Geosynclinal Sedimentation*, Soc. econ. Paleont. Miner. Spec. Publ., 19: 129-160.
- BERTOTTI G., PICOTTI V., BERNOULLI D., CASTELLARIN A., 1993. *From rifting to drifting: tectonic evolution of the South-Alpine upper crust from the Triassic to the Early Cretaceous*. Sedim. Geol., 86: 53-76.
- BOSELLINI A., 1973. *Modello geodinamico e paleotettonico delle Alpi Meridionali durante il Giurassico-Cretacico. Sue possibili applicazioni agli Appennini*. In B. ACCORDI (ed.) *Moderne vedute sulla geologia dell'Appennino*. Accad. Naz. Lincei Quaderno 183, 163-205.

- BOSELLINI A., 1989. *Dynamics of Tethyan carbonate platforms*. In: P.D. CREVELLO, J.L. WILSON, J.F. SARG, J.F. READ (eds), *Carbonate Platform and Basin Development*, Soc. econ. Paleont. Miner. Spec. Publ., 44: 3-13.
- BOSELLINI A., MASETTI D., SARTI M., 1981. A Jurassic "Tongue of the Ocean" infilled with oolitic sands: the Belluno Trough, Venetian Alps, Italy. *Mar. Geol.*, 44: 59-95.
- BOSENCE D.W.J., WOOD J.L., ROSE E.P.F., QING H., 2000. *Low- and high-frequency sea-level changes control peritidal carbonate cycles, facies and dolomitization in the Rock of Gibraltar (Early Jurassic, Iberian Peninsula)*. *J. Geol. Soc. Lond.*, 157: 61-74.
- BOSENCE D., PROCTER E., AURELL M., BEL KAHLA A., BOUDAGHER-FADEL M., CASAGLIA F., CIRILLI S., MEHDIE M., NIETO L., REY J., SCHERREIKS R., SOUSSI M., WALTHAM D., 2009. A dominant tectonic signal in high-frequency, peritidal carbonate cycles? A regional analysis of Liassic platforms from Western Tethys. *J. Sedim. Res.*, 79: 389-415.
- BOSSCHER H., SCHLAGER W., 1993. *Accumulation rates of carbonate platforms*. *J. Geol.*, 101: 345-355.
- BOUDAGHER-FADEL M.K., ROSE E.P.F., BOSENCE D.W.J., LORD A.R., 2001. *Lower Jurassic foraminifera and calcified microflora from Gibraltar, western Mediterranean*. *Palaeontology*, 44: 601-621.
- CALLOMON J.H., CRESTA S., PAVIA G., 1994. A revision of the classical Aalenian succession in the Middle Jurassic of San Vigilio, Lake Garda, northern Italy. *Geobios*, 27: 103-110.
- CATALANO R., D'ARGENIO B., 1982. Schema geologico della Sicilia occidentale. In: R. CATALANO, B. D'ARGENIO (eds), *Guida alla geologia della Sicilia occidentale*. Guide geologiche regionali, Mem. Soc. Geol. Ital., 24, Supplemento A: 9-41.
- CATALANO R., CHANNELL J.E.T., D'ARGENIO B., NAPOLEONE G., 1976. *Mesozoic palaeogeography of the southern Apennines and Sicily*. Mem. Soc. Geol. Ital., 15: 95-118.
- CENTAMORE E., CHIOCCHINI M., DEIANA G., MICARELLI A., PIERUCCINI U., 1971. *Contributo alla conoscenza del Giurassico dell'Appennino Umbro-Marchigiano*. Stud. Geol. Camerti, 1: 7-89.
- CLARI P., MARELLI C., 1983. *I calcari oolitici di S. Vigilio nei Lessini settentrionali (Prov. di Verona)*. Riv. ital. Paleont., 88, 443-476.
- COBIANCHI M., PICOTTI V., 2001. *Sedimentary and biological response to sea-level and palaeoceanographic changes of a Lower-Middle Jurassic Tethyan platform margin (Southern Alps, Italy)*. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 169: 219-244.
- COLOM G., 1970. *Estudio litológico y micropaleontológico del Lías de la sierra Norte y porción central de la isla de Mallorca*. Mem. Real Acad. Cienc. exact. fís. natur. Madrid, 24/2: 87 pp.
- CUVILLIER J., FOURY G., PIGNATTI MORANO A., 1968. *Foraminifères nouveaux du Jurassique supérieur du Val Cellina (Frioul Occidental, Italie)*. *Geol. Romana*, 7: 141-155.

- DANISCH J., KABIRI L., NUTZ A., BODIN S., 2019. *Chemostratigraphy of Late Sinemurian-Early Pliensbachian shallow- to deep-water deposits of the Central High Atlas Basin: Paleoenvironmental implications*. *J. African Earth Sci.*, 153: 239-249.
- D'ARGENIO B., 1970. *Evoluzione geotettonica comparata tra alcune piattaforme carbonatiche dei Mediterraneo Europeo ed Americano*. *Atti dell'Accad. Pontaniana, Nuova Serie*. 20, 3-34.
- D'ARGENIO B., 1974. *Le piattaforme carbonatiche periadriatiche: una rassegna di problemi nel quadro geodinamico mesozoico dell'area mediterranea*. *Mem. Soc. Geol. Ital.*, 13, Supplemento 2: 137-139 (1977).
- D'ARGENIO B., SCANDONE P., 1971. *Jurassic facies pattern in the Southern (Campania-Lucania) Apennines*. In: E. VÉGH-NEUBRANDT (ed.), *Colloque du Jurassique méditerranéen*, *Annales Instituti Geol. Publ. Hungarici* 54/2: 383-396.
- D'ARGENIO B., DE CASTRO P., EMILIANI C., SIMONE L., 1975. Bahamian and Apenninic limestones of identical lithofacies and age. *Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, 59: 524-530.
- DECONINCK J.F., HESSELBO S.P., PELLENARD P., 2019. *Climatic and sea-level control of Jurassic (Pliensbachian) clay mineral sedimentation in the Cardigan Bay Basin, Llanbedr (Mochras Farm) borehole Wales*. *Sedimentology*, 66: 2769-2783., doi: 10.1111/sed.12610.
- DERA G., BRIGAUD B., MONNA F., LAFFONT R., PUCÉAT E., DECONINCK J.F., PELLENARD P., JOACHIMSKI M.M., DURLET C., 2011. *Climatic ups and downs in a disturbed Jurassic world*. *Geology*, 39: 215-218.
- DICKENS G.R., O'NEIL J.R., REA D.K., OWEN R.M., 1995. *Dissociation of oceanic methane hydrate as a cause of the carbon isotope excursion at the end of the Paleocene*. *Paleoceanography*, 10: 965-971.
- DIETZE V., CRESTA S., MARTIRE L., PAVIA G., 2017. *Ammonites, taphonomical analysis and biostratigraphy of the Aalenian (Middle Jurassic) from Capo San Vigilio (Lake Garda, N Italy)*. *Neues Jahrb. Geol. Paläont., Abhandlungen*, 284: 161-206.
- DI STEFANO P., GALÁCZ A., MALLARINO G., MINDSZENTY A., VÖRÖS A. (2002a) *Birth and early evolution of a Jurassic escarpment: Monte Kumeta, Western Sicily*. *Facies*, 46: 273-298.
- DI STEFANO P., MALLARINO G., MARINO M., MARIOTTI N., MURARO C., NICOSIA U., PALLINI G., SANTANTONIO M., 2002b. *New stratigraphic data from the Jurassic of Contrada Monzealese (Saccense domain, SW Sicily)*. *Boll. Soc. Geol. Ital.*, 121: 121-137.
- DUARTE L.V., COMAS-RENGIFO M.J., SILVA R.L., PAREDES R., GOY A., 2014. *Carbon isotope stratigraphy and ammonite biochronostratigraphy across the Sinemurian-Pliensbachian boundary in the western Iberian margin*. *Bull. Geosci.* 89: 719-736.
- ERBA E., BOTTINI C., WEISSERT H.J., KELLER C.E., 2010. *Calcareous nannoplankton response to surface-water acidification around Oceanic Anoxic Event 1a*. *Science*, 329: 428-432.
- FRANCESCHI M., DAL CORSO J., POSENATO R., ROGHI G., MASETTI D., JENKYN H.C., 2014. *Early Pliensbachian (Early Jurassic) C-isotope perturbation and*

- the diffusion of the Lithiotis Fauna: Insights from the western Tethys*. Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol., 410: 255-263.
- FRANCESCHI M., DAL CORSO J., COBIANCHI M., ROGHI G., PENASA L., PICOTTI V., PRETO N., 2019. *Tethyan carbonate platform transformations during the Early Jurassic (Sinemurian-Pliensbachian, Southern Alps): Comparison with the Late Triassic Carnian Pluvial Episode*. Geol. Soc. Am. Bull., 131: 1255-1275.
- GAETANI M., 1975. *Jurassic stratigraphy of the Southern Alps: a review*. In: C.H. SQUYRES (ed.), *Geology of Italy*, 1, Earth Sci. Soc. Libyan Arab Republic, Tripoli, Libya: 377-402.
- GARCÍA-HERNÁNDEZ M., LÓPEZ-GARRIDO A.C., RIVAS P., SANZ DE GALDEANO C., VERA J.A., 1980. *Mesozoic palaeogeographic evolution of the external zones of the Betic Cordillera*. Geol. Mijnbouw, 59: 155-168.
- GARCÍA-HERNÁNDEZ M., LUPIANI E., VERA J.A., 1986-1987. *La sedimentación liásica en el sector central del Subbético Medio: registro de la evolución de un rift intracontinental*. Acta Geol. Hispánica 21-22: 329-337.
- GEMMELLARO G.G., 1878. *Sui fossili del calcare cristallino della montagna di Casale e di Bellolampo nella provincia di Palermo*. Giorn. Sci. Nat. Econ. Palermo, 13: 116-212.
- GEYER O.F., GOHNER D., KRAUTTER M., 1986. *Die obertriassische bis alttertiäre Schichtfolge der Trento-Schwelle (Südalpen) unter besonderer Berücksichtigung jurassischer Formationen (Exkursion H am 4. und 5. April 1986)*. Jber. Mitt. Oberrhein. geol. Ver., Neue Folge 58: 129-176.
- GIACOMETTI A., RONCHI P., 2000. *Early Lias Carbonate Platform: Facies and Diagenesis Analogies between the Calcare Massiccio (Umbro-Marchean Apennines) and the Inici Fm. (Sicily Channel)*. Mem. Soc. Geol. Ital., 55: 271-278.
- GÓMEZ J.J., COMAS-RENGIFO M.J., GOY A., 2016. *Palaeoclimatic oscillations in the Pliensbachian (Early Jurassic) of the Asturian Basin (Northern Spain)*. Climate of the Past, 12: 1199-1214.
- GUGENBERGER O., 1936a. *I cefalopodi del Lias inferiore della Montagna di Casale in provincia di Palermo (Sicilia)*. Palaeontographica Ital., 36: 135-213.
- GUGENBERGER O., 1936b. *Zur Kenntnis einiger unbekannter Arten aus dem Unterlias (Bucklandi-Zone) der Provinz Palermo*. Sitzungsber. Akad. Wiss, Wien, Math.- Naturwiss. Klasse, Abt 1, 145: 47-58.
- HALLOCK P., SCHLAGER W., 1986. *Nutrient excess and the demise of coral reefs and carbonate platforms*. Palaios, 1: 389-398.
- HESELBO S.P., JENKYN H.C., 1998. *British Lower Jurassic sequence stratigraphy*. In: P.-C. DE GRACIANSKY, J. HARDENBOL, T. JACQUIN, P.R. VAIL (eds), *Mesozoic and Cenozoic Sequence Stratigraphy of European Basins*. Spec. Publ. Soc. econ. Paleont. Miner., 60: 561-581.
- HÖNISCH B., RIDGWELL A., SCHMIDT D.N., THOMAS E., GIBBS S.J., SLUIJS A., ZEEBE R., KUMP L., MARTINDALE R.C., GREENE S.E., KIESSLING W., RIES J., ZACHOS J.C., ROYER D.L., BARKER S., MARCHITTO T.M. JR, MOYER R., PELEJERO C., ZIVERI P., FOSTER G.L., WILLIAMS B., 2012. *The geological record of ocean acidification*. Science, 335: 1058-1063.
- JENKYN H.C., 1970a. *Growth and disintegration of a carbonate platform*. Neues Jahrb. Geol. Paläont., Monatshefte, 1970: 325-344.

- JENKYN H.C., 1970b. *Submarine volcanism and the Toarcian iron pisolites of western Sicily*. *Eclog. Geol. Helv.*, 63: 549-572.
- JENKYN H.C., 1971. *Speculations on the genesis of crinoidal limestones in the Tethyan Jurassic*. *Geol. Rundsch.*, 60: 471-488.
- JENKYN H.C., 1972. *Pelagic "oolites" from the Tethyan Jurassic*. *J. Geol.*, 80: 21-33.
- JENKYN H.C., 1988. *The early Toarcian (Jurassic) anoxic event: stratigraphic, sedimentary, and geochemical evidence*. *Am. J. Sci.*, 288: 101-151.
- JENKYN H.C., 1991. *Impact of Cretaceous sea level rise and anoxic events on the Mesozoic Carbonate Platform of Yugoslavia*. *Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, 75: 1007-1017.
- JENKYN H.C., SELLWOOD B.W., POMAR L., 1990. *A Field Excursion Guide to the Island of Mallorca*. Geologists' Association Guide, 93 pp.
- JENKYN H.C., TORRENS H.S., 1971. *Palaeogeographic evolution of Jurassic seamounts in Western Sicily*. In: E. VÉGH-NEUBRANDT (ed.), *Colloque du Jurassique méditerranéen*, Annales Instituti Geol. Publ. Hungarici 54/2: 91-104.
- JENKYN H.C., WEEDON G.P., 2013. *Chemostratigraphy (CaCO_3 , TOC, $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$) of Sinemurian (Lower Jurassic) black shales from the Wessex Basin, Dorset and palaeoenvironmental implications*. *Newsletters Stratigr.*, 46: 1-21.
- JENKYN H.C., SARTI M., MASETTI D., HOWARTH M.K., 1985. *Ammonites and stratigraphy of Lower Jurassic black shales and pelagic limestones from the Belluno Trough, Southern Alps, Italy*. *Eclog. Geol. Helv.*, 78: 299-311.
- JENKYN H.C., JONES C.E., GRÖCKE D.R., HESSELBO S.P., PARKINSON D.N., 2002. *Chemostratigraphy of the Jurassic System: applications, limitations and implications for palaeoceanography*. *J. Geol. Soc. Lond.*, 159: 351-378.
- JONES C.E., JENKYN H.C., HESSELBO S.P., 1994. *Strontium isotopes in Early Jurassic seawater*. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 58: 1285-1301.
- KORTE C., HESSELBO S.P., 2011. *Shallow marine carbon and oxygen isotope and elemental records indicate icehouse-greenhouse cycles during Early Jurassic*. *Paleoceanography* 26, PA4219, doi: 10.1029/2011PA002160.
- KUMP L.R., ARTHUR M.A., 1999. *Interpreting carbon-isotope excursions: carbonates and organic matter*. *Chem. Geol.*, 16: 181-198.
- LÉONIDE P., FLOQUET M., DURLET C., BAUDIN F., PITTET B., LÉCUYER C., 2012. *Drowning of a carbonate platform as a precursor stage of the Early Toarcian global anoxic event (Southern Provence sub-Basin, South-east France)*. *Sedimentology*, 59: 156-184.
- MALLARINO G., GOLDSTEIN R.H., DI STEFANO P., 2002. *New approach for quantifying water depth applied to the enigma of drowning of carbonate platforms*. *Geology*, 30: 783-786.
- MARINO M., SANTANTONIO M., 2010. *Understanding the geological record of carbonate platform drowning across rifted Tethyan margins: examples from the Lower Jurassic of the Apennines and Sicily (Italy)*. *Sedim. Geol.*, 225: 116-137.
- MASETTI D., FANTONI R., ROMANO R., SARTORIO D., TREVISANI E., 2012. *Tectonostratigraphic evolution of the Jurassic extensional basins of the eastern Southern Alps and Adriatic foreland based on an integrated study of surface and subsurface data*. *Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, 96: 2065-2089.

- MASETTI D., FIGUS B., JENKYN H.C., BARATTOLO F., MATTIOLI E., POSENATO R., 2017. *Carbon-isotope anomalies and demise of carbonate platforms in the Sinemurian (Early Jurassic) of the Tethyan region: evidence from the Southern Alps (Northern Italy)*. *Geol. Mag.*, 154: 625-650.
- MATTIOLI E., ERBA E., 1999. *Biostratigraphic synthesis of calcareous nannofossil events in the Tethyan Jurassic*. *Rivista Ital. Paleont. Stratigr.*, 105: 343-376.
- MATTIOLI E., PLANCQ J., BOUSSAHA M., DUARTE L.V., PITTET B., 2013. *Calcareous nannofossil biostratigraphy: new data from the Lower Jurassic of the Lusitanian Basin*. *Comunicação Geológicas*, 100, Especial I: 69-76.
- MERCIAI G., 1904. *Lamellibranchi liassici del calcare cristallino della Montagna del Casale presso Busambra in Provincia di Palermo*. *Boll. Soc. Geol. Ital.*, 23: 211-237.
- MERCUZOT M., PELLENARD P., DURLET C., BOUGEAULT C., MEISTER C., DOMMERGUES J.L., THIBAUT N., BAUDIN F., MATHIEU O., BRUNEAU L., HURET E., 2020. *Carbon-isotope events during the Pliensbachian (Lower Jurassic) on the African and European margins of the NW Tethyan Realm*. *Newsletters Stratigr.*, 53: 41-69.
- MERINO-TOMÉ O., DELLA PORTA G., KENTER J.A.M., VERWERK K., HARRIS P.M., ADAMS E.W., PLAYTON T., CORROCHANO D., 2012. *Sequence development in an isolated carbonate platform (Lower Jurassic, Djebel Bou Dahar, High Atlas, Morocco): influence of tectonics, eustasy and carbonate production*. *Sedimentology*, 59: 118-155.
- MIETTO P., 1985. *Ammoniti nella piattaforma liassica veneta*. *Rivista Ital. Paleont. Stratigr.*, 91: 3-14.
- OGG J.G. & HINNOV L.A., 2012. *Jurassic*. In: F.M. GRADSTEIN, J.G. OGG, M. SCHMITZ, G. OGG (eds), *The Geologic Time Scale 2012*, Elsevier, Amsterdam: 731-791.
- OWEN E.F., ROSE E.P., 1997. *Early Jurassic brachiopods from Gibraltar, and their Tethyan affinities*. *Palaeontology*, 40: 497-514.
- PASSERI L., VENTURI F., 2005. *Timing and causes of drowning of the Calcare Massiccio platform in Northern Apennines*. *Boll. Soc. Geol. Ital.*, 124: 247-258.
- PATACCA E., SCANDONE P., GIUNTA G., LIGUORI V., 1979. *Mesozoic paleotectonic evolution of the Ragusa zone (Southeastern Sicily)*. *Geol. Romana*, 18: 331-369.
- PETI L., THIBAUT N., CLÉMENCE M.E., KORTE C., DOMMERGUES J.L., BOUGEAULT C., PELLENARD P., JELBY M.E., ULLMANN C.V., 2017. *Sinemurian-Pliensbachian calcareous nannofossil biostratigraphy and organic carbon isotope stratigraphy in the Paris Basin: Calibration to the ammonite biozonation of NW Europe*. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 468: 142-161.
- PETTI F.M., BERNARDI M., TODESCO R., AVANZINI M., 2011. *Dinosaur footprints as ultimate evidence for a terrestrial environment in the Late Sinemurian Trento Carbonate Platform*. *Palaios*, 26: 601-606.
- PICOTTI V., COBIANCHI M., 1996, *Jurassic periplatform sequences of the eastern Lombardian Basin (Southern Alps): the deep-sea record of the tectonic evolution, growth and demise history of a carbonate platform*. *Mem. Sci. Geol. Padova*, 48, 171-219.

- PRICE G.D., BAKER S.J., VANDEVELDE J., CLÉMENCE M.E., 2016. *High-resolution carbon cycle and seawater temperature evolution during the Early Jurassic (Sinemurian-Early Pliensbachian)*. *Geochem., Geophys., Geosystems*, 17: 3917-3928.
- REY J., 1997. *A Liassic isolated platform controlled by tectonics: South Iberian margin, southeast Spain*. *Geol. Mag.*, 134, 235-247.
- RIDING J.B., LENG M.J., KENDER S., HESSELBO S.P., FEIST-BURKHARDT S., 2012. *Isotopic and palynological evidence for a new Early Jurassic environmental perturbation*. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 374: 6-27.
- RONCHI P., LOTTAROLI F., RICCHIUTO T., 2000. *Sedimentary and diagenetic aspects of the Liassic Inici Fm. and its stratigraphic context (Sicily Channel, Italy)*. *Mem. Soc. Geol. Ital.*, 55: 261-269.
- RUHL M., HESSELBO S.P., HINNOV L., JENKYN H.C., XU W., RIDING J.B., STORM M., MINISINI D., ULLMANN C.V., LENG M.J., 2016. *Astronomical constraints on the duration of the Early Jurassic Pliensbachian Stage and global climatic fluctuations*. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 455: 149-165.
- RUIZ-OORTIZ P.A., BOSENCE D.W.J., REY J., NIETO CASTRO J.M., MOLINA J.M., 2004. *Tectonic control of facies architecture, sequence stratigraphy and drowning of a Liassic carbonate platform (Betic Cordillera, Southern Spain)*. *Basin Research* 16: 235-257.
- SABATINO N., VLAHOVIĆ I., JENKYN H.C., SCOPELLITI G., NERI R., PRTOGLAN B., VELIĆ I., 2013. *Carbon-isotope record and palaeoenvironmental changes during the early Toarcian anoxic event in shallow-marine carbonates of the Adriatic Carbonate Platform in Croatia*. *Geol. Mag.*, 150: 1085-1102.
- SARTI C., 1981. *Segnalazione di ammonite nella Formazione dei Calcari Grigi dell'Altopiano di Lavarone (Trentino)*. *Boll. Soc. Paleont. Ital.*, 20: 49-51.
- SARTI C., FERRARI G., 1999. *The first record of an in situ ammonite from the upper part of the Calcari Grigi di Noriglio Formation of the Monte Baldo (Trentino, Northern Italy)*. *Neues Jahrb. Geol. Paläont., Abhandlungen*, 213: 313-334.
- SCANDONE P., 1967. *Studi di geologia lucana: la serie calcareo-silico-marnosa e i suoi rapporti con l'Appennino calcareo*. *Boll. Soc. Natur. Napoli*, 76: 301-469.
- SCANDONE P., PATACCA E., RADOICIC R., RYAN W.B.F., CITA M.B., RAWSON M., CHEZAR H., MILLER E., MCKENZIE J., ROSSI S., 1981. *Mesozoic and Cenozoic rocks from Malta Escarpment (central Mediterranean)*. *Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, 65: 1299-1319.
- SCHLAGER W., 1981. *The paradox of drowned reefs and carbonate platforms*. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 92: 1197-1211.
- SCHLAGER W., 1998. *Exposure, drowning and sequence boundaries on carbonate platforms*. In G.F. CAMOIN, P.J. DAVIES (eds), *Reefs and carbonate platforms in the Pacific and Indian Oceans*, *Int. Assoc. Sediment. Spec. Publ.*, 25: 3-21.
- SCHOLLE P., ARTHUR M.A., 1980. *Carbon isotope fluctuations in Cretaceous pelagic limestones: potential stratigraphic and petroleum exploration tool*. *Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, 64: 67-87.

- SEVILLANO A., ROSALES I., BÁDENAS B., BARNOLAS A., LÓPEZ-GARCÍA J.M., 2019. *Spatial and temporal facies evolution of a Lower Jurassic carbonate platform, NW Tethyan margin (Mallorca, Spain)*. *Facies* 65:3, doi 10.1007/s10347-018-0545-0.
- STURANI C., 1964. *La successione delle fauna ad ammoniti nelle formazioni mediojurassiche delle Prealpi Venete Occidentali*. *Mem. Ist. Geol. Min. Univ. Padova*, 24: 1-63.
- STURANI C., 1971. *Ammonites and stratigraphy of the "Posidonia alpina" beds of the Venetian Alps (Middle Jurassic, mainly Bajocian)*. *Mem. Ist. Geol. Min. Univ. Padova*, 28: 1-190.
- SULLI A., INTERBARTOLO F., 2016. *Subaerial exposure and drowning processes in a carbonate platform during the Mesozoic Tethyan rifting: The case of the Jurassic succession of Western Sicily (central Mediterranean)*. *Sedim. Geol.*, 331: 63-77.
- TRECALLI A., SPANGENBERG J., ADATTE T., FÖLLMI K.B., PARENTE M., 2012. *Carbonate platform evidence of ocean acidification at the onset of the early Toarcian oceanic anoxic event*. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 357-358: 214-225.
- VACEK M., 1886. *Über die Fauna der Oolithe von Cap San Vigilio verbunden mit einer Studie über die obere Lias Grenze*. *Abhandlungen Kaiserlichen-königlichen Geol. Reichsanstalt*, 12: 57-212.
- VAN DE SCHOOTBRUGGE B., BAILEY T.R., ROSENTHAL Y., KATZ M.E., WRIGHT J.D., MILLER K.G., FEIST-BURKHARDT S., FALKOWSKI P.G., 2005. *Early Jurassic climate change and the radiation of organic-walled phytoplankton in the Tethys Ocean*. *Paleobiology*, 31: 73-97.
- VON HILLEBRANDT A., KRZYSTYN L., KÜRSCHNER W.M., BONIS N.R., RUHL M., RICHOSZ S., SCHOBEN M.A.N., URLICHS M., BOWN P.R., KMENT K., MCROBERTS C.A., SIMMS M., TOMÁŠOVÝCH A., 2013. *The global stratotype sections and point (GSSP) for the base of the Jurassic System at Kuhjoch (Karwendel Mountains, Northern Calcareous Alps, Tyrol, Austria)*. *Episodes*, 36: 162-198.
- VLAHOVIĆ I., TIŠLJAR J., VELIĆ I., MATIĆEC D., 2002. *The Karst Dinarides are composed of relics of a single Mesozoic platform: facts and consequences*. *Geol. Croatica*, 55: 171-183.
- VLAHOVIĆ I., TIŠLJAR J., VELIĆ I., MATIĆEC D., 2005. *Evolution of the Adriatic Carbonate Platform: Palaeogeography, main events and depositional dynamics*. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 220: 333-360.
- WARMAN H.R., ARKELL W.J., 1954. *A review of the Jurassic of western Sicily based on new ammonite faunas*. *Quart. J. Geol. Soc. Lond.*, 110: 267-282.
- WENDT J., 1963. *Stratigraphisch-Paläontologische Untersuchungen im Dogger Westsiziliens*. *Boll. Soc. Paleont. Ital.*, 2: 57-145.
- WENDT J., 1969. *Die stratigraphisch-paläogeographische Entwicklung des Jura in Westsizilien*. *Geol. Rundsch.*, 58: 735-755.
- WENDT J., 1971a. *Genese und Fauna submariner sedimentärer Spaltenfüllungen im mediterranen Jura*. *Palaeontographica Abt. A*, 136: 122-192.
- WENDT J., 1971b. *Geologia del Monte Erice (Provincia di Trapani, Sicilia Occidentale)*. *Geol. Romana*, 10: 53-76.

- WENDT J., 2017. *A unique fossil record from neptunian sills: the world's most extreme example of stratigraphic condensation (Jurassic, western Sicily)*. Acta Geol. Polonica, 67: 163-200.
- WILMSEN M., NEUWEILER F., 2008. *Biosedimentology of the Early Jurassic post-extinction carbonate depositional system, central High Atlas rift basin, Morocco*. Sedimentology, 55: 773-807.
- WINTERER E.L., BOSELLINI A., 1981. *Subsidence and sedimentation on Jurassic passive continental margin, Southern Alps, Italy*. Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull., 65: 394-421.
- WOODFINE R.G., JENKYNs H.C., SARTI M., BARONCINI F., VIOLANTE C., 2008. The response of two Tethyan carbonate platforms to the early Toarcian (Jurassic) oceanic anoxic event: environmental change and differential subsidence. Sedimentology 55:1011-1028.
- ZEMPOLICH W.G., 1993. *The drowning succession in Jurassic carbonates of the Venetian Alps, Italy: a record of supercontinent breakup, gradual eustatic rise, and eutrophication of shallow-water environments*. In: R.G. LOUCKS, J.F. SARG (eds), *Carbonate Sequence Stratigraphy – recent Developments and Applications*, Am. Assoc. Petrol. Geol. Mem., 57: 63-105.

ANTONIO PRATURLON^(*)

PAOLO SCANDONE NEL FERMENTO CULTURALE DELLE GEOSCIENZE DEGLI ANNI '60-'70

ABSTRACT. – To think of Paolo is to go back over a great part of my geological activity, starting for both in 1961. We lived that vibrant golden decade, when the whole Italy projected itself ahead in all vital fields, also in Earth Sciences, where we assist to a gradual but profound reorganization and modern expression of the geological thought. Thanks mainly to a lot of young, enthusiastic geologists of Universities, CNR, other research institutions and Geological Survey, strict and productive collaborations were activated among until then semi-isolated research fields.

Within this broth, through extensive field surveys and detailed analyses Paolo reached soon important results on the Lucanian geology, allowing him to interpret the relations between the “calcareo-silico-marnosa” succession and the carbonate units of the Apennines. Up to a great part of the seventies, Paolo pursued the study of the Lagonegro-Pindos basins.

In the early seventies, conditions matured in Italy to carry out two important realizations, the “Structural Model of Italy” (1975) and the subsequent memorable “P.F. Geodinamica” (Target Project Geodynamics). The contribution of Paolo to both initiatives was surely remarkable. In subsequent decades he was responsible for important research lines of the National Group for Defence from Earthquakes (GNDT) and played a key role in the challenging “Progetto CROP” (Deep Crust Project).

INTRODUZIONE

Pensare a Paolo significa per me ripercorrere in parallelo un buon tratto della mia attività nel campo della geologia. Mi sono laureato come lui nel luglio 1961, e abbiamo entrambi iniziato la nostra carriera nel successivo novembre, lui a Napoli ed io a Roma. Temo che ormai siamo rimasti in pochi geologi ad aver vissuto quel periodo vibrante, in cui l'intera Italia era proiettata in avanti in tutti i settori più vitali, pronta a compiere passi da

^(*) Linceo, Università degli Studi Roma Tre.

gigante, nell'economia (crescita del PIL 5-6% annuo), nella ricerca, nelle infrastrutture, nell'organizzazione sociale, persino nella ripresa demografica. Un decennio d'oro, l'unico vero boom del nostro paese, che ricordiamo ancora con nostalgia e che investirà in pieno anche le Scienze della Terra. Tenendo ben presente l'Italia di oggi, val la pena di ricordare alcune tappe di quel boom. Nel '59 vengono realizzati il primo calcolatore elettronico italiano e il primo reattore nucleare italiano per scopi sperimentali; nel '60 nasce il Comitato Nazionale per l'Energia Nucleare (CNEN); nel '61 viene affidato al CNR il primo progetto spaziale, il "S. Marco"; nel '62 viene nazionalizzata l'energia elettrica; nel '62 viene istituita la Scuola Media Unica; nel '63 vengono collegate alla rete nazionale le due prime centrali nucleari: Latina e Garigliano, e Natta riceve il Premio Nobel per la Chimica, per le sue ricerche sui polimeri da cui nasce tutto il mondo della plastica moderna (purtroppo in quest'anno avviene anche il disastro del Vajont); nel '64 viene collegata alla rete nazionale la terza centrale nucleare di Trino Vercellese, e viene inaugurata l'intera Autostrada del Sole Milano-Napoli, realizzata in tempi da record; nel '65 viene inaugurato il traforo italo-francese del Monte Bianco; nel '68 si iniziano i lavori per il traforo del Gran Sasso. Nel frattempo, l'ENI estende velocemente ed enormemente la rete dei metanodotti che trasportano ovunque la loro linfa preziosa, e apre con successo attraverso l'AGIP le sue ricerche fuori d'Italia.

ARIA NUOVA NEL MONDO DELLA RICERCA

Ma qual è il panorama nazionale nelle geoscienze quando la generazione che comprende me e Paolo si affaccia alla geologia? La scena è dominata in Italia, alla fine degli anni '50, da un numero ridotto di studiosi, peraltro di caratura notevole. All'Università, poco più di una ventina tra geologi, geologi applicati, stratigrafi, paleontologi, geomorfologi; altrettanti tra minero-petrografi, vulcanologi e un numero molto ristretto di geofisici. Altri piccoli gruppi praticamente isolati, che in totale superano di poco una trentina di studiosi, operano all'AGIP, al Servizio Geologico, all'OGS. Pochi anche i liberi professionisti. Nel mondo universitario, ogni studioso sembra avere un suo territorio di caccia privilegiato, da difendere da ogni intrusione, e la sua scuola da potenziare e portare avanti, con tanto di alleanze e di nemici: una sorta di piccolo mondo preunitario. Sono i cosiddetti "baroni" (molti dei quali erano reduci da una guerra disastrosa se non, come Accordi e Vialli, dai campi di sterminio, e avevano perso, con molta probabilità, ogni residua motivazione nazionalistica). Non traspare infatti in essi (con poche lodevoli eccezioni) un interesse nazionale, per cui questi protagonisti ci ap-

paiono nel ricordo come un mondo di menti eccellenti ma piuttosto autoreferenziate, oltre che autoritarie ed in perpetuo contrasto tra loro – non tanto per questioni scientifiche quanto per motivi di scuola, talora addirittura per strascichi di antichissimi concorsi universitari. Anche se, nel corso di un solo decennio (i soliti anni '60, anche se il processo giungerà a piena maturazione negli anni '70) si perviene al superamento più o meno convinto delle divisioni, ad una visione moderna, integrata, della geologia italiana, soprattutto si procede alla creazione di un nutrito vivaio di giovani entusiasti e desiderosi di collaborare a progetti ambiziosi piuttosto che di competere tra loro, si pensa alla fondazione di strutture efficienti a livello nazionale.

Anche nel mondo della ricerca si sente infatti aria nuova, nelle Università ma soprattutto negli Enti preposti. Al CNR, fino allora quasi privo di strutture proprie, a Giordani è succeduto Polvani, che nel '65 passerà la mano a Caglioti. Nel '61, Polvani realizza la prima grande leva di ricercatori a contratto del CNR, più di un migliaio, e nel '63 ottiene la prima grande riforma dell'Ente nel dopoguerra, con una completa riorganizzazione dei Comitati Nazionali di Consulenza (che passano dai 7 della riforma del '46 a 11). Vengono creati importanti Istituti, avviati programmi nazionali (i "Progetti Speciali"). All'Università giungono i primi fondi straordinari per edilizia, laboratori e biblioteche, vengono notevolmente ampliati gli organici, si stabiliscono rapporti istituzionali con il CNR attraverso la creazione di una fitta rete di Centri di Studio, strutture miste a cadenza quinquennale, localizzate presso le Università (molto poche in quelle del Sud) ma con fondi e parte del personale provenienti dal CNR. È sempre in questa atmosfera che vengono istituiti importanti Istituti scientifici CNR nelle geoscienze: l'Istituto Internazionale per le Ricerche Geotermiche di Pisa nel '65, l'Istituto Internazionale di Vulcanologia di Catania nel '67, l'Istituto di Geologia Marina di Bologna e l'Istituto per la Geologia Applicata alla Pianificazione Viaria di Padova nel '68, il Laboratorio per lo Studio della Dinamica delle Grandi Masse di Venezia nel '69, l'Istituto per la Geofisica della Litosfera di Milano nel '70, e sempre nel '70 gli IRPI (Istituti di Ricerca per la Protezione Idrogeologica) di Torino, Perugia e Cosenza, nei quali in seguito confluirà anche l'Istituto di Padova. Sviluppo veramente imponente e mai più eguagliato, se si pensa che all'inizio del decennio facevano capo al Comitato per le Scienze Geologiche e Minerarie del CNR solo due Centri Nazionali (C.N. per lo Studio Geologico e Petrografico delle Alpi, C.N. di Cristallografia), tredici Gruppi di Ricerca (forme di organizzazione e finanziamento della ricerca soprattutto universitaria) e dieci Centri di Studio presso le Università. Ben poca cosa davvero rispetto alla situazione riscontrabile alla fine del decennio. Inoltre, nel '63 viene varata dal CNR la nuova nave oceanografica "Bannok", nel '66 la seconda nave oceanografica

“Marsili”. Il CNR dota inoltre la comunità geologica di un piccolo parco di microsonde e dei primi microscopi elettronici.

Vengono istituiti nuovi Corsi di Laurea in quasi tutte le sedi universitarie. In realtà quello in Scienze Geologiche, limitato negli anni '40 a Roma, Milano, Padova e Pisa, già all'inizio degli anni '60 è presente in quasi tutte le principali sedi. Dopo l'appello lanciato da Mattei in televisione ai giovani per una nuova urgente leva di geologi, il numero complessivo delle matricole in Italia balza dalle poche decine, usuali fino al '54-'55, a diverse centinaia nel '55-'56. Questa ondata improvvisa di iscritti (tra cui Paolo e me) ebbe nei primi anni un impatto disastroso sulla didattica. Mancarono di colpo docenti, aule, laboratori, biblioteche attrezzate, testi in italiano su cui studiare. A Roma si vagava tutto il giorno a far lezione in giro per i diversi Istituti dell'Università, fino a San Pietro in Vincoli dove c'era Ingegneria. A Napoli il Corso di laurea in Scienze Geologiche veniva chiamato “il Corso Arlecchino”. Seguì in verità un crollo delle iscrizioni in Italia dal '61-'62 al '65-'66, ma fu poi seguito da una risalita definitiva. Il boom del decennio aveva ormai investito in realtà in pieno anche le Scienze della Terra.

Ad uno sguardo retrospettivo sull'intero decennio, ciò che maggiormente colpisce nel nostro settore è l'intensa sinergia che si sviluppa velocemente tra Università, CNR, Servizio Geologico, OGS, AGIP, che crea le condizioni per uno sviluppo straordinario. Il decennio sembra iniziare bene. La “Legge Sullo” del gennaio '60 rappresenta la svolta decisiva per pervenire al completamento della carta geologica d'Italia alla scala 1:100.000, con rilevamenti al 25.000. L'operazione è affidata al Comitato Geologico che sovrintende a tutte le attività del Servizio Geologico, ma la legge autorizza finanziamenti straordinari e la partecipazione diretta di Università, enti pubblici e privati.

Le operazioni si concluderanno nel 1976, con il rilevamento di 276 Fogli nuovi e 132 nuove edizioni, ma il periodo di massima attività e produzione è senza dubbio il decennio dei '60. Lo stesso Servizio ha la possibilità di rafforzare consistentemente il proprio organico, anche se in gran parte con contratti a tempo. Contratti che vengono attivati anche presso le Università che aderiscono al Progetto di rilevamento nazionale del Servizio Geologico, iniziativa sempre più impegnativa e che schiude nuovi orizzonti sulla natura geologica della Penisola. Così, il mondo accademico e i ricercatori del CNR si sentono man mano sempre più coinvolti, maturano competenze prima impensabili. Non sarà un caso se la grande maggioranza dei contrattisti operanti come rilevatori o come analisti nell'ambito della Legge Sullo, e dei ricercatori CNR coinvolti a vario titolo nel Progetto, sia confluita nei decenni successivi negli organici di sviluppo delle università.

L'intero settore delle geoscienze è in fermento. È anche il periodo dello sviluppo delle collaborazioni internazionali, con scambi reciproci di studiosi e visitatori che arricchiscono il panorama culturale, favorendo la circolazione di nuovi modelli, nuove interpretazioni. Vengono introdotti o generalizzati gli studi delle analisi delle facies, di evoluzione geodinamico-sedimentaria, di evoluzione del sistema Alpi-Appennino, dell'evoluzione paleogeografico-strutturale del complesso appenninico-dinarico, della natura e struttura della crosta tirrenica e mediterranea in generale.

L'AGIP, oltre a varie significative perforazioni, in particolare nell'Appennino Centrale (Pozzi: Burano, 1957; Cupello, 1959; Antrodoco, 1959; Trevi, 1965, decisivo quest'ultimo soprattutto per confermare la natura faldistica della catena) inizia nel '68 i nuovi rilievi sismici digitali che si estenderanno man mano per 33.000 km attraverso l'intera pianura padana. Inizia infatti il boom della geofisica di esplorazione, attraverso gravimetria e soprattutto sismica a riflessione e rifrazione. L'OGS di Trieste inizia le sue prime campagne sismiche a larga scala. Nel '70 la Commissione Geodetica Italiana conduce a termine la prima "Carta Gravimetrica d'Italia", stampata nel '72. È sempre nel '70 che viene approvata congiuntamente dai Comitati CNR per le Scienze Geologiche e Minerarie (05) e per le Scienze Fisiche (02) la proposta presentata da Leo Ogniben di realizzare il "Modello Strutturale d'Italia", del quale parleremo a lungo in seguito, che sarà pubblicato in Inglese pochi anni dopo come "Structural Model of Italy", alla scala 1:1.000.000 (da non confondere con lo "Structural Model of Italy and Gravity Map" prodotto dal P.F. Geodinamica molti anni dopo, alla scala 1:500.000).

Ma ciò che soprattutto si avverte nel corso dei rilevamenti e delle varie operazioni esplorative compiute nel decennio, ed ancor più nella loro interpretazione in chiave moderna, è l'affermarsi graduale dell'esigenza di una profonda ricomposizione del pensiero geologico, con l'attivazione di strette e fino ad allora non certo usuali collaborazioni tra geologi strutturali, stratigrafi, sedimentologi, vulcanologi, sismologi, geofisici, geomorfologi, oceanografi, geologi marini, una serie di mondi separati, ancora in preda fino ad allora ad una profonda deriva specialistica.

Quando nel '67 inizia a svilupparsi la nuova Tettonica Globale, scuotendo l'intero mondo geologico mondiale, la geologia italiana ne coglie subito il profondo significato ed è pronta alla riflessione. Già nel '70 compaiono infatti i primi contributi italiani all'applicazione della nuova Plate Tectonics all'area alpino-mediterranea.

UN MONDO DI GIOVANI GEOLOGI ENTUSIASTI

Questo è il brodo di coltura, o meglio il vortice in cui ci trovammo immersi nel '61, appena laureati, Paolo ed io, con tanti cari colleghi ormai in pensione e sparsi per l'Italia, e molti altri purtroppo ormai scomparsi. Un mare popolato di giovani precari, diremmo noi oggi. Paolo all'Università di Napoli come Assistente Incaricato, io a Roma al CNR presso il Centro di Studio per la Geologia dell'Italia Centro-meridionale, costituito presso l'Istituto di Geologia dell'Università, con la qualifica di Aspirante Ricercatore Aggiunto Incaricato in Prova, con contratto annuale rinnovabile.

A partire più o meno da questi anni, si formarono un po' dovunque dei fantastici vivai di giovani geologi entusiasti nelle Università, al CNR, negli altri Enti di Ricerca, al Servizio Geologico. Le preziose vecchie leve furono sommerse da neolaureati desiderosi di imparare, di darsi da fare, di contribuire a conoscere e a proteggere il nostro paese, di ricercare e valorizzarne le risorse.

Ogni gruppo nasceva ovviamente con l'impronta della propria fisionomia. Le sedi universitarie storiche, di lunga tradizione geologica, come Padova, Firenze, Pisa, Torino, Bologna, non ebbero ovviamente grandi difficoltà nell'assorbire nuove attività e nuovi giovani nella loro filiera tradizionale. Roma invece aveva ancora scoperta la Cattedra di Geologia lasciata da Ramiro Fabiani nel '49, e non aveva altre cattedre oltre quelle minero-petrografiche. Fino al '59, quindi per un intero decennio comprendente anche il momento della grande ondata di iscritti, tutto il peso didattico, scientifico e organizzativo di un Istituto di Geologia, Paleontologia e Geografia Fisica praticamente privo di personale, gravò sul bravo "Aiuto" Carmelo Maxia e sulla Assistente paleontologa Angiola Maria Maccagno. Nel '59 finalmente la cattedra di Roma fu ricoperta da Bruno Accordi, di cui credo di essere stato tra i primi laureati. Bravo esperto del Sudalpino, studioso eclettico e appassionato, ma anche consapevole della necessità di dover creare in tempi brevi una struttura adeguata, Accordi si diede subito molto da fare. Ottenne un Centro di Studio CNR, dotazioni abbondanti, personale sia di ruolo che contrattista, fondò la nostra Rivista, *Geologica Romana*, di cui eravamo molto orgogliosi. Insomma, affrontò la valanga di iniziative, compreso qualche Foglio al 100.000 da rilevare, che consentissero una ricerca moderna su un Appennino Centrale a lui poco noto – e che imparammo a conoscere man mano assieme, anche sul terreno, con escursioni collegiali molto frequenti. Cosa questa che ci garantì rapporti amichevoli ed una enorme libertà scientifica. A Napoli, dopo una breve parentesi dall'andata in pensione nel '57 di Geremia D'Erasmo, sempre nel '59 si trasferisce dall'Università di Bari, dove aveva vinto il concorso per la cattedra di geologia nel '55, Fran-

cesco Scarsella, già allievo di Rovereto e di Principi, con alle spalle 24 anni di brillante attività di rilevamento, soprattutto in Appennino, presso il Servizio Geologico. Spettò a lui affrontare la nuova situazione creatasi nel Corso di Laurea con il boom degli iscritti, e allevare in tempi brevi un vivaio che, visto con gli occhi di oggi, aveva del prodigioso. Scarsella era una persona all'apparenza modesta, schiva, taciturna, del tutto priva della magniloquenza che tanto si addiceva allora a tanti baroni suoi colleghi. Ho avuto modo di conoscerlo a lungo di persona quando già era andato in pensione, a Roma. Aveva una mentalità autenticamente democratica, ciò che in parte spiega come mai si fosse sempre attenuto nei rapporti coi suoi collaboratori ad alcuni principi che riuscì a trasmettere anche a loro. Innanzitutto, nessuna traccia del principio di autorità. Poi, un profondo rispetto per le loro opinioni (ma anche di quelle altrui in generale), anche se richiedeva una estrema prudenza per quanto si affermava, con verifiche meticolose dei dati di terreno e discussioni collegiali approfondite. Il tutto con un forte senso di responsabilità verso i giovani che gli venivano affidati e verso le istituzioni. Anche a Napoli, quindi, si respirava una enorme libertà scientifica.

Viste con gli occhi di oggi, le due situazioni di Roma e Napoli erano anomale, sia tra loro che nel panorama nazionale di allora. Ci appaiono come due isole in cui erano stati piantati tanti alberelli, tutti bisognosi di un tutore sicuro ma che crescevano rigogliosi senza che nessuno si sognasse di controllarne ogni anno la crescita e di potarli secondo le antiche regole.

Era da poco passato un anno dal nostro noviziato, quando la situazione delle geoscienze, dapprima in Appennino ma poi in tutta Italia, iniziò a cambiare rapidamente e drasticamente. All'inizio ci furono operazioni di vertice, quale la creazione da parte del CNR del "Gruppo di Ricerca CNR per lo studio geologico dell'Italia centro-meridionale", in cinque sezioni facenti capo a Roma, Napoli, Bari, Catania, Palermo (dirette da Accordi, Scarsella, Valduga, Ogniben, Ruggieri), che promosse qualche incontro comune, ma in sostanza fece danno al Sud bloccando qualsiasi tentativo originale locale senza che peraltro venisse dotato dei fondi necessari per uno sviluppo programmato. Od occasioni come il Convegno sul Paleogene Italiano organizzato a Roma da Raimondo Selli, che offrì nel Dicembre 1962 l'occasione di incontrare e conoscere colleghi un po' di tutta Italia. Fu proprio in questa occasione che incontrammo per la prima volta i nostri colleghi napoletani. Ma quello che in realtà stava avvenendo era che gran parte dei giovani ricercatori delle università toscane e delle sedi meridionali, oltre che delle altre scarse strutture di ricerca allora esistenti, era impegnata in vari modi con i rilevamenti della Legge Sullo, che coinvolgevano interessi scientifici comuni. Era inevitabile che tra loro nascesse, non solo un sano spirito di emulazione, ma anche una stretta collaborazione. Facevamo sì parte di Gruppi di Ricerca più o meno formalizzati, ma iniziammo ad incontrarci di

continuo in modo sempre più informale, senza avvisare e farci autorizzare dai rispettivi baroni (come era d'obbligo allora quasi ovunque). Eravamo praticamente coetanei, nacquero tra noi amicizie durate decenni. Si sviluppò una rete di competenze condivisa, si visitavano congiuntamente i punti più critici dell'Appennino, ci si scambiava analisi e risultati ben prima che si trasformassero in pubblicazioni. Nel frattempo, il numero e le competenze dei ricercatori crescevano, si affermavano i primi leader. In tre-quattro anni questa rete invisibile di giovani, caratterizzata da rapporti di fiducia, spirito di collaborazione, grande apertura, molto spesso amicizia, si estendeva dalla Toscana (dove comprendeva non solo Abbate, Boccaletti, Manetti, Sagri, di *Firenze*; Dallan, Piero Elter, Giglia, Innocenti, Nardi, di *Pisa*; Carmignani, Ghezzi, Lazzarotto, Ricci di *Siena*; ma anche i giovani ricercatori del CNR geotermico di Pisa, Paolo Squarci e Giovanni Taffi), fino a *Roma*, dove ormai "l'allegria brigata" contava una quindicina di ricercatori e rilevatori tra noi e il Servizio Geologico (di cui ricordo almeno Bergomi, Catenacci, Compagnoni, Molinari, Tilia), e anche l'ENEA, con Enzo Locardi; a *Napoli*, con Salvatore Carannante, Lucia Civetta, Bruno D'Argenio, Piero De Castro, Tullio Pescatore, Mario Torre, Paolo Scandone, Lucia Simone, Valeria Zamparelli; a *Bari*, con Elena Luperto Sinni, Piero Pieri e Giustino Ricchetti; a *Palermo* con Raimondo Catalano; a *Catania* con Fabio Lentini e Livio Vezzani, e più tardi anche a *Perugia*, dove andò in cattedra Roberto Colacicchi e iniziarono la loro carriera Leonsevero Passeri, Giampaolo Piali, Carlo Cattuto, e buoni rapporti si intrecciarono anche con Camerino.

Nel frattempo si affermavano legami solidi anche col Nord, in particolare Bologna, Ferrara, Padova, Milano, Torino. Con la stessa AGIP si intrecciarono solide relazioni. Ricordo con simpatia i buoni rapporti con Dondi, Papetti, Mostardini, Pieri, con lo stesso Tedeschi che gestiva allora il settore. I temi su cui si lavorava un po' tutti assieme erano ormai di ampio respiro nazionale. Piattaforme carbonatiche, Flysch, Paleogeografie estese, Analisi delle facies, Micropaleontologia, Tettonica e Neotettonica, Quaternario, con tutto il corteo di relative specializzazioni nascenti che davano i primi brillanti risultati.

CONTRIBUTO ALLO STRUCTURAL MODEL OF ITALY DI OGNIBEN

Paolo Scandone e chi scrive ci tuffammo in quel *mare magnum* senza esitazioni. In pochi anni Paolo raggiunse importanti risultati sulla geologia lucana, con i primi importanti rilevamenti e interpretando i rapporti tra la serie calcareo-silico-marnosa e l'Appennino calcareo. Dallo svolgimento del lavoro di tesi fino alla metà degli anni '70 gli interessi di ricerca di P.

Scandone continuarono ad essere rivolti all'analisi dei bacini di tipo Lagonegro-Pindos, bacini profondi mesozoico-terziari che hanno la peculiarità di essersi impostati nel corso del Trias medio, ben prima dell'inizio dell'apertura della Tetide oceanica e ben prima dello smembramento di età inframedioliasica delle piattaforme carbonatiche periadriatiche. Le aree investigate passavano dalla Sicilia alla Grecia investendo l'Appennino, le Alpi, i Carpazi e le Dinaridi. Io invece mi occupavo di Appennino Centrale, con rilevamenti, stratigrafia e analisi delle facies, soprattutto mesozoiche, studi di paleobotanica, ma principalmente, nella mia posizione di ricercatore CNR, ero utilizzato come il prezzemolo in tutte le commissioni, sottocommissioni, Gruppi di Lavoro del CNR centrale e del Comitato 05, esperienza che negli anni successivi si rivelò preziosa un po' per tutti. I miei rapporti con Paolo, e in genere con tutti i colleghi napoletani, furono fin dall'inizio improntati alla massima cordialità, e io avevo spesso occasione di incontrarmi con loro a Napoli o in escursioni comuni. Ricordo con commozione, e anche con nostalgia, i primi momenti conviviali vissuti con questi amici, quando Paolo era pronto ad intrattenerci con la sua chitarra. La ben nota canzone "O Guarracino", interpretata da lui, mi è rimasta dentro come un simbolo di Napoli, ben più di "Santa Lucia" o dello stesso Vesuvio.

Come accennato in precedenza, verso la fine del 1970 Leo Ogniben presentò ai due Comitati interessati (Scienze Geologiche e Minerarie e Scienze Fisiche) la proposta di realizzare una carta geologica della Penisola che rispecchiasse le nuove vedute geologiche maturate nel decennio appena trascorso, e in particolare:

- Illustrare in una versione unificata lo stato delle conoscenze sulla geologia dell'Italia, con un tipo avanzato di rappresentazione predisposto in cooperazione dalla maggior parte degli specialisti attivi nella geologia regionale italiana.
- Fornire, in cooperazione coi geofisici, l'ipotesi di lavoro geologica più aggiornata, come contributo della partecipazione italiana all'International Geodynamics Project (un progetto di ricerca su dinamica e storia dinamica della Terra che dava enfasi ai fenomeni che interessano processi e strutture superficiali o poco profonde).
- Proseguire con la partecipazione degli specialisti attivi nella geologia regionale italiana il processo di unificazione e maturazione di terminologia e concetti già portato avanti dal Gruppo di Lavoro sul Flysch e da quello parallelo sui Carbonati, già attivi a supporto dei rilevamenti in corso per la Carta Geologica.

Veniva proposta la creazione di un apposito nuovo Gruppo di Lavoro, molto aperto, in modo da garantire che il prodotto finale riflettesse un modo collettivo di vedere le cose dell'intero gruppo di partecipanti ed un generale

accordo raggiunto su concetti e terminologie, nonostante le inevitabili divergenze di opinione su certi problemi locali.

Il Gruppo di Lavoro lavorò molto intensamente, utilizzando largamente, ampliandola, la rete di relazioni tra gli studiosi creata nel decennio precedente. Si concordò ben presto che la rappresentazione più obiettiva della geologia dell'Italia sarebbe stata quella di mostrare in carta le diverse originali successioni stratigrafiche, semplici o complesse, riconoscibili sul terreno, indipendentemente dalle interpretazioni strutturali o paleogeografiche. Si riconobbe inoltre che l'evidenza di questa rappresentazione non dovesse venire sacrificata a favore di una rappresentazione cronostratigrafica o cronologica (come nella nuova Carta Geologica d'Italia al 1:1.000.000 avviata nello stesso momento dal Servizio Geologico), che avrebbe raggruppato insieme di rocce per età anziché sulla base dei materiali reali e delle loro connessioni genetiche.

Un tipo di rappresentazione per complessi litostratigrafici assumeva peraltro anche un significato strutturale nel senso usuale del termine, a causa della larga coincidenza tra successioni stratigrafiche e unità tettoniche. Ma in modo indiretto, senza cioè partire da interpretazioni legate a preconcetti teorici. In realtà, non era difficile verificare nelle analisi di terreno che i complessi litostratigrafici potevano venire riconosciuti molto spesso come elementi strutturali fondamentali.

Quali sono in effetti le grandi strutture geologiche meno soggette ad interpretazione? L'esperienza ci dice che è relativamente facile riconoscere le medesime successioni litostratigrafiche in aree differenti e spesso anche molto lontane tra loro, mentre la situazione strutturale, soprattutto in aree di catena, si presenta quasi sempre come materia di opinione. Pertanto l'elemento strutturale fondamentale oggettivamente più e meglio riconoscibile sul terreno è la successione di formazioni connesse stratigraficamente tra loro in modo continuo o discontinuo, di origine sia omogenea che eterogenea (ecco perché usare il termine "complesso"). Queste successioni o complessi riflettono nella loro genesi ed evoluzione il comportamento tettonico dei rispettivi elementi di crosta terrestre, il loro tettonismo, per cui dovrebbero venire considerate come le unità fondamentali della geologia, più ancora delle placche della tettonica globale, che vanno trattate a scala planetaria.

Questa impostazione di base fu il risultato di un confronto molto serrato. Adottando questi concetti, il Gruppo di Lavoro per il Modello Strutturale (composto, detto incidentalmente, pressoché interamente di giovani studiosi di ogni parte d'Italia) intendeva evitare interpretazioni strutturali e creare un metodo che permettesse di arrivare ad una sintesi strutturale di dati analitici attraverso l'assemblaggio di elementi strutturali fondamentali (del tipo il più possibile oggettivo, come consentito dallo stato delle cono-

scenze), che fossero allo stesso tempo indicativi del comportamento tettonico dell'intero segmento strutturale corrispondente, per gran parte se non per l'intero loro spessore. Si obiettò che in particolare per i terreni delle "unità interne", in genere completamente sradicate e di paleogeografia molto incerta, il discorso sarebbe stato più difficile, ma diciamo pure che, a distanza di cinquant'anni, lo è in gran parte tuttora.

Il Gruppo fu ampliato più tardi con i più noti specialisti italiani in geofisica regionale della litosfera, in modo da integrare i dati geologici con quelli della sismologia attiva e passiva e della gravimetria. Sarebbe anche stata l'occasione per unificare tra geologi e geofisici terminologia e concetti di geologia generale e di geologia regionale della Penisola, che si erano sviluppati separatamente e talora in modo divergente.

Quello del Gruppo fu un lavoro interamente collettivo. Certamente Leo Ogniben diede l'impostazione iniziale, ma mi sarebbe difficile indicare i protagonisti del dibattito più vivaci e attivi. Ebbero senz'altro un ruolo importante i napoletani, tra cui Scandone era il più battagliero, emergeva come capofila. Si scontrava spesso con Ogniben, che lo stimava molto come ricercatore, sia pure sovente in forte contrasto dialettico, ma non gli perdonava di mettere spesso sul tavolo, nella foga della discussione, dati non ancora pubblicati, suoi o di suoi colleghi. Ma nell'impostazione di base emersa dai lavori del Gruppo, il contributo dei napoletani fu decisivo. Io fui coinvolto con Parotto, oltre che nel curare la parte relativa all'Appennino Centrale, soprattutto nella organizzazione generale del lavoro e soprattutto nell'assemblaggio di carte e monografia.

Lo spirito con cui si lavorava assieme era contagioso, anche se collaborare tra noi senza intese preliminari tra i baroni, come quasi sempre ormai accadeva, a quei tempi era ancora un grave affronto alla Nomenklatura. Arrivavano reprimende e veti, come quando per telegramma si avvertiva qualcuno di tornare immediatamente a casa perché era sconfinato in terreni di caccia proibiti. Devo dire, come "testimone informato dei fatti", che fu Leo Ogniben a contrastare, e in definitiva a sconfiggere, questo stato di cose latente, chiamando sovente a collaborare a nuovi progetti CNR, dalla sua posizione in ambito CNR, i giovani da lui ritenuti più promettenti di ogni sede, e anche dello stesso Servizio Geologico, senza chiedere il permesso a nessuno. Divenne, in definitiva, un processo che aprì la strada ai successivi Progetti Finalizzati, che trovarono un terreno già lavorato e ben concimato, pronto ad accogliere senza inciampi progetti nazionali vasti, di lungo respiro. E, ben prima di loro, di quella prima gigantesca operazione nazionale che fu la realizzazione, ormai all'inizio del nuovo decennio, dapprima in bozze alla scala 1: 500.000 e poi in stampa nel '75 alla scala 1:1.000.000, dello Structural Model of Italy.

Nel Gennaio del '72 la bozza manoscritta alla scala 1: 500.000 veniva proposta al Comitato 05, ed il mese successivo era la base di lavori e discussioni in occasione del Convegno sull'Appennino organizzato all'Accademia dei Lincei. Nell'Agosto dello stesso anno la bozza di stampa veniva presentata al Congresso Geologico Internazionale di Geologia di Montreal. La stampa definitiva richiese più tempo, e porta la data del '75, ma la diffusione del materiale nella doppia versione Italiano/Inglese, con cartografia alla scala 1: 1.000.000, era già molto avanzata almeno due anni prima. Paolo Scandone, Bruno d'Argenio e in pratica l'intera scuola di Napoli furono tra i più attivi collaboratori, sia nella discussione che nella predisposizione di carte e monografie. Ricordo l'esemplare contribuito, nella Monografia finale, di D'Argenio, Pescatore e Scandone: "Structural pattern of the Campania-Lucania Apennines", esempio mirabile di applicazione dell'impostazione del Modello Strutturale ad un'area difficile e di enorme interesse scientifico, a lungo studiata a fondo dalla scuola napoletana. Vengono dapprima individuati i tre classici elementi tettonici di primo ordine (catena-avanfossa-avampaese), rappresentati da numerose e varie unità stratigrafico-strutturali, che vengono descritte in grande dettaglio. Dall'analisi delle facies di tali unità e dai loro attuali rapporti geometrici viene poi riconosciuta, almeno per le unità esterne (per quelle interne si possono solo fare delle ipotesi), una stretta corrispondenza tra unità (o gruppi di unità) stratigrafico-strutturali e unità paleogeografiche. Diviene così possibile tentare anche delle costruzioni palinspastiche dell'area, scalate nel tempo dal Lias all'Olocene, che forniscono una interpretazione attendibile di come si sia giunti alla situazione attuale evidenziata dalle dettagliate sezioni geologiche, estese da Capri fino a Vieste.

PAOLO E IL CNR: P.F. GEODINAMICA, CROP, GNDT

Con l'inizio del Progetto Finalizzato Geodinamica del CNR, per l'elaborazione e approvazione del quale, ai vari livelli, Scandone diede un apporto decisivo (sia pure poco noto), si apre nel 1976 una nuova fase di attività scientifica. All'interno di questo Progetto viene infatti affidata a Paolo, come naturale riconoscimento di una meritata leadership, la responsabilità del Sottoprogetto "Modello Strutturale d'Italia", responsabilità che gli consente di maturare un'esperienza interdisciplinare forse irripetibile in altre condizioni. In questo ambito, infatti, è stato tra l'altro compiuto con successo uno dei primi riusciti tentativi di cooperazione a livello nazionale tra geologi e geofisici dopo quello pionieristico portato a termine da Ogniben. Il risultato fu l'elaborazione di un insieme di carte tematiche che rappresen-

ta ancor oggi la documentazione più completa in terraferma e in mare della geologia della penisola italiana e regioni adiacenti.

Nel '78 Paolo si trasferì a Pisa, proseguendo la sua prodigiosa attività scientifica in ambiti diversificati. A partire dall'inizio degli anni '80, l'attività di ricerca da lui svolta nell'ambito di convenzioni tra Università di Pisa e numerose società petrolifere italiane e straniere operanti sul territorio nazionale a terra e a mare gli permise l'accesso a dati riservati di sottosuolo, in particolare profili sismici a riflessione, aprendo nuove prospettive allo studio della struttura profonda dell'Appennino. Ai dati commerciali sono andati poi aggiungendosi, a partire dagli anni '90, i dati acquisiti attraverso gli esperimenti di sismica a riflessione profonda. Scandone fu quindi in grado di dare un importante contributo ad un'altra iniziativa CNR, il Progetto CROP (Crosta Profonda). Il CNR si accingeva infatti verso la fine degli anni '80 a partecipare a progetti di sismica crostale a riflessione (NVR) per affiancarsi ai progetti già conclusi con successo o avviati sia in USA (COCORP) che in Inghilterra (BIRPS) e Francia (ECORS). Su sollecitazione di Morelli, nel periodo '83-'84 fu impostato uno studio generale di fattibilità che ebbe come prima fase di realizzazione un Progetto Strategico CNR (1985-1988), denominato CROP (Crosta Profonda). Si trattava in prospettiva di un progetto molto ambizioso, fuori della portata di un solo Ente (bilancio di circa 3 miliardi annui di lire), ma il CNR volle dimostrare che esisteva la possibilità pratica di interazione fra mondo industriale pubblico e privato e comunità della ricerca scientifica. Si passò quindi ad una seconda fase operativa sviluppata nel periodo 1989-1999, governata da convenzioni quinquennali CNR-AGIP e CNR-ENEL, per la realizzazione di profili sismici attraverso la penisola e i suoi mari, che portò ad importanti acquisizioni scientifiche e allo sviluppo in Italia di competenze nel campo della prospezione attraverso sismica profonda a riflessione e soprattutto delle tecniche di elaborazione e interpretazione dei dati sismici NVR.

Il progetto era gestito da un Comitato di Coordinamento che nominò il Consiglio Scientifico, con Morelli Presidente. Paolo Scandone fu subito nominato tra i suoi componenti e fu subito incaricato della direzione del Sottoprogetto CROP 04 - Appennino Meridionale, che comprendeva la realizzazione di uno tra i primi profili programmati, il profilo Agropoli-Barletta, acquisito tra il novembre '89 e il marzo '90. Paolo mantenne la direzione di questo Sottoprogetto dal 1989 all'inizio degli anni 2000.

Non fu un profilo fortunato, anche se scelto bene nel suo tracciato E-W da Agropoli sul lato tirrenico e Barletta su quello adriatico, per una lunghezza di 154 km. Fu acquisito in gran parte con Vibroseis ma anche con esplosivi. I parametri di acquisizione e le sequenze di processing utilizzate furono le stesse adottate con successo nelle Alpi (CROP Alpi Centrali), ma i risultati non furono altrettanto buoni, quasi sicuramente per la molto diffe-

rente configurazione delle strutture geologiche. Nei fatti, la sezione sismica risultò molto povera di buoni riflettori nei livelli crostali profondi. Paolo si impegnò moltissimo per ridurre le incertezze ancora esistenti soprattutto sul lato del profilo ad ovest del crinale appenninico, in corrispondenza delle unità lagonegresi e molisane, dove erano possibili più interpretazioni. I dati furono riprocessati più volte, e Paolo si fece carico anche del rilevamento ex novo della finestra tettonica di Campagna, i cui dati erano decisivi per l'interpretazione del profilo. Il lato ad oriente fino all'Adriatico (avanfossa-avampaese) era invece ben definito.

Va rilevato, in ogni caso, che l'integrazione tra le conoscenze sulle strutture di superficie derivanti dalla geologia regionale e le conoscenze sulle strutture di sottosuolo derivanti dalle linee sismiche e dai pozzi profondi per esplorazione petrolifera hanno infine consentito a Paolo di ricostruire nei dettagli la struttura dell'Appennino fino a notevole profondità.

Non va dimenticato inoltre l'impegno di Paolo nelle indagini conseguenti al terremoto dell'Irpinia del novembre '80. L'esperienza maturata nel Progetto Finalizzato Geodinamica e nei rapporti di collaborazione con le società petrolifere fu applicata ad un settore di studio parallelo che è quello della sismotettonica, ove vengono indagate le relazioni tra faglie attive e terremoti distruttivi utilizzando largamente le informazioni sulle strutture profonde derivanti dai profili sismici commerciali e dai profili crostali profondi. Dal 1985 al 1995 Paolo Scandone è stato Responsabile della Linea di Ricerca "Zonazione Sismica e Riclassificazione Sismica" del Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti del CNR (GNDT). È stato poi nominato Responsabile della Linea di Ricerca "Sismotettonica" a seguito di una ristrutturazione del GNDT avvenuta nel 1995. Negli anni nei quali ha ricoperto incarichi di responsabilità nel Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti ha fatto anche parte della Commissione Grandi Rischi.

Dobbiamo tuttavia tener presente che, mentre il Progetto CROP si sviluppava, il CNR stava per perdere il suo ruolo e la sua importanza nella ricerca scientifica italiana. La Legge 9 Maggio 1989 n. 168, che istituisce il Ministero dell'Università e della ricerca scientifica e tecnologica, riconosce infatti le Università come sedi primarie della ricerca scientifica. Il CNR era destinato a divenire uno dei tanti Enti di ricerca italiani, sia pure generalista. Non si è mai riusciti a sostituirlo pienamente nella sua funzione fondamentale di riferimento focale per tutti i protagonisti della ricerca italiana pubblica e privata e dei suoi collegamenti internazionali. Pertanto, iniziative quali il P. F. Geodinamica o il CROP rimangono un ricordo lontano (e un po' nostalgico) di cose oggi assolutamente inattuabili. Sono lieto di aver potuto contribuire in qualche modo alla realizzazione di tali iniziative, e ritengo che oggi dovremmo ringraziare tutti i colleghi che vi hanno partecipato. Tra questi, il ricordo di Paolo Scandone rimane tra i più vivi e profondi.

GIANCARLO MOLLI^(*)

PAOLO SCANDONE: PRIMO DIRETTORE DEL DIPARTIMENTO
DI SCIENZE DELLA TERRA DELL'UNIVERSITÀ DI PISA,
DOCENTE E COLLEGA

ABSTRACT. – The contribution first deals with the years of Paolo Scandone's arrival in Pisa and of his election, in 1981, to the first Direction of the then-established Department of Earth Sciences. This first part is completed with some personal recollections related to his activity as professor in the class of Geologia Regionale and then as colleague until the year of his retirement.

I. DALL'ARRIVO A PISA ALLA PRIMA DIREZIONE DEL DIPARTIMENTO

Il profilo scientifico di Paolo Scandone, chiamato a Pisa nel 1978, aveva sicuramente come cifra caratteristica quella dell'approccio multidisciplinare con cui, alla metà degli anni '70, egli affrontava le tematiche geologiche e tettoniche regionali in modo molto innovativo e originale.

Nei suoi lavori, pubblicati tra il 1975 e il 1981, la geologia stratigrafica e strutturale, matrice originale di Paolo, si completa con la biostratigrafia e la sedimentologia, con lo studio del metamorfismo e del magmatismo, con l'analisi di linee sismiche e della sismicità, della struttura crostale e mantellica, in interpretazioni tettonico-regionali e geodinamiche innovative e ancora molto attuali.

Alla metà degli anni '70 il suo approccio multidisciplinare alla ricerca e la sua capacità di confrontarsi e dialogare con specialisti delle diverse discipline geologiche, era all'opera e in affinamento nell'esperienza da poco iniziata del Progetto Finalizzato Geodinamica, come documentano le Figure 1 e 2.

L'arrivo a Pisa di Paolo Scandone s'inserisce in una stagione storico-politica molto speciale, che si può sicuramente definire come la coda lunga di quel sessantotto che, proprio a Pisa, aveva visto la sua fase em-

(*) Università di Pisa.



Fig. 1 – Escursione in Sardegna nel 1974/1975, organizzata con geofisici, vulcanologi e petrografi. Da sinistra a destra: Paolo Gasparini, Franco Barberi, Lucio Lirer, Roberto Scandone, di spalle Letterio Villari, Paolo Scandone, Fabrizio Innocenti, Lucia Civetta (possibile autore della foto Massimo Cortini). (Foto cortesia Roberto Scandone).



Fig. 2 – Riunione operativa post terremoto del Friuli nel 1976. Nella foto si riconoscono Paolo Gasparini, Giuseppe Grandori, Icilio Finetti, Giuseppe Luongo, Paolo Scandone. (Foto cortesia Roberto Scandone).



Fig. 3 – Aula C, storica aula dedicata alle assemblee degli ex Istituti di Geologia e Paleontologia e di Mineralogia e Petrografia di Pisa. Nella foto, scattata da Corrado Gratzu durante la *Lectio Magistralis* del Prof. Livio Trevisan nel 1984, ci sono alcuni dei partecipanti alle assemblee del costituendo nuovo Dipartimento di Scienze della Terra. Si riconoscono tra gli altri: Raffaello Nardi, Fabrizio Innocenti, Laura Dallan, Piero Elter, Pietro Armienti, Marco Franzini, Giancarlo Serri e, in piedi, Marco Meccheri, Leonardo Leoni, Giovanni Berti, Mario Verani. (Foto cortesia E. Patacca).

brionale con l'occupazione dell'edificio universitario della Sapienza nel febbraio 1967.

Al di là dei giudizi e delle interpretazioni politiche, le esigenze di cambiamento della società e dell'Università in particolare, manifestate durante gli anni delle proteste studentesche, vengono sviluppate proprio nel decennio della chiamata a Pisa di Paolo Scandone. Sono di quegli anni infatti le discussioni parlamentari e la successiva promulgazione del DPR 382 nel luglio 1980. Tra le altre cose, in questo Decreto relativo al generale riordino della docenza universitaria sono introdotti la figura del Ricercatore Universitario, il Dottorato di Ricerca e le relative scuole di Dottorato. Vengono inoltre istituiti (art. 83) i Dipartimenti Universitari con lo scopo principale di promuovere e coordinare le attività di ricerca dell'Università.

Per la sua tradizione progressista e movimentista (iniziata nel '67) Pisa interpreta da subito nello spirito più autentico il DPR 382. Nelle assemblee congiunte dell'ex Istituto di Geologia e Paleontologia e dell'ex Istituto di



Fig. 4 – Nella stessa occasione di Fig. 3, a sinistra sono ritratti Franco Barberi e Paolo Scandone e nella foto a destra, oltre a quelli elencati in Figura 3, si riconoscono: Livio Trevisan, Elena Menesini, Ezio Tongiorgi, Giorgio Marinelli, Giorgio Ferrara, Stefano Merlino, Baldo Monteforti e Alessandro Bosisio. (Foto cortesia E. Patacca).

Mineralogia e Petrografia, dove si discuteva di come configurare il nuovo Dipartimento, fu immediata e unanime, da parte dei partecipanti (Figg. 3, 4), la decisione di realizzare una struttura moderna, capace di coprire l'intero ambito disciplinare delle Scienze della Terra (Franzini, Tongiorgi, 2005).

A seguito del terremoto dell'Irpinia nel novembre 1980, questo processo fondativo del Dipartimento subisce, una "scossa" non solo metaforica e una momentanea interruzione. In questa occasione, Paolo Scandone coinvolge giovani geologi, soprattutto pisani ma non solo, per sperimentare un'aggregazione e un momento di crescita collettiva con un intervento tecnico-geologico nelle aree colpite dal sisma (Fig. 5). Si tratta di una sorta di embrione di quelli che diventeranno successivamente i gruppi emergenziali tipo "EMERGE" INGV-, ISPRA- CNR e il più recente gruppo CRUST.

È quindi nell'anno successivo, il 1981, che si istituisce il Dipartimento di Scienze della Terra, uno tra i primi Dipartimenti dell'Università di Pisa, attraverso l'unione degli Istituti di Geologia e Paleontologia, di Mineralogia e Petrografia e l'afferenza di alcuni ricercatori dell'ex Laboratorio di Geologia Nucleare del CNR. La caratura scientifica e le esperienze multidisciplinari ricordate in precedenza garantiscono a Paolo Scandone il profilo ideale per diventare il primo Direttore. In Figura 6 un'immagine e una vignetta di Livio Trevisan in cui si possono cogliere le incertezze e i timori derivanti dalla consapevolezza delle grandi difficoltà che attendevano Paolo Scandone e che sicuramente caratterizzarono questa esperienza di prima Direzione di una struttura nuova. Comune a tutti i Direttori che per primi si trovarono ad affrontare quell'esperienza storico-accademica, l'impegno per l'impostazio-

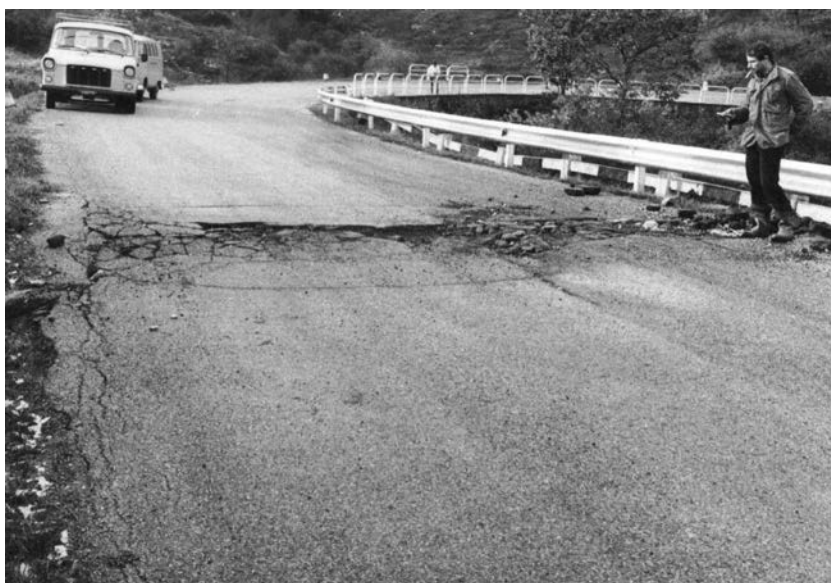


Fig. 5 – La foto ritrae Andrea Cerrina Feroni, uno dei partecipanti all'estemporaneo gruppo emergenziale, mentre rileva fratture del manto stradale in Irpinia, nell'area colpita dal sisma del 23 novembre 1980. (Foto scattata da Luigi Carmignani, cortesia E. Patacca).

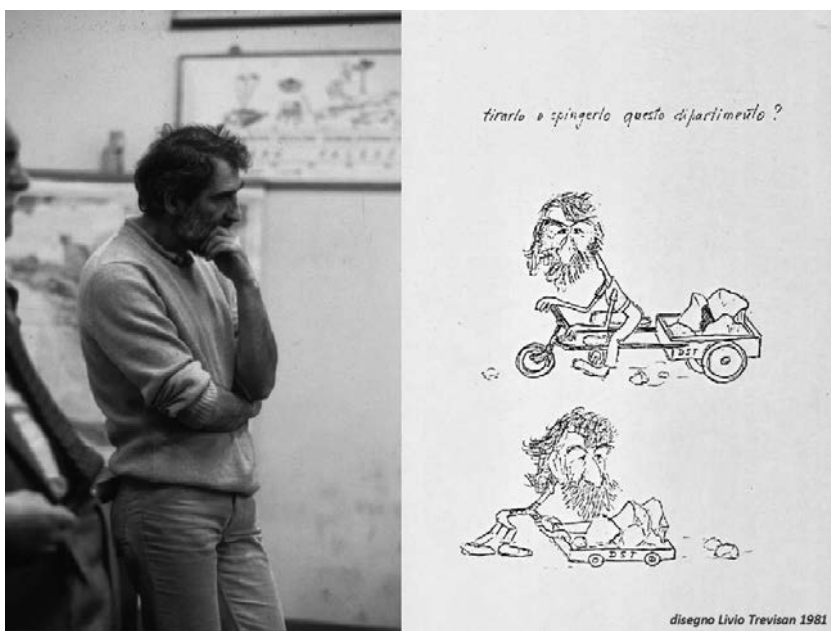


Fig. 6 – Paolo Scandone in una foto del 1984 e in un disegno-vignetta augurale di Livio Trevisan del 1981. (Foto cortesia E. Patacca).



Fig. 7 – Il Modello Strutturale d'Italia esposto lungo le scale del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Pisa.

ne amministrativo-gestionale inevitabilmente collegata a quella precedente degli ex Istituti, rappresentò, nel quadriennio successivo, una grande sfida e fu fonte di molte difficoltà che mai tuttavia limitarono il coinvolgimento di Paolo Scandone nell'attività didattica e scientifica: nella prima metà degli anni '80, ad esempio, si concluse la prima fase del Progetto Finalizzato Geodinamica. L'impostazione data alla Direzione del DST da Paolo Scandone, che fu seguita dai direttori successivi continuando ancora oggi a caratterizzarne la struttura, rappresenta la sua fondamentale eredità istituzionale, così come il Modello Strutturale d'Italia (Fig. 7) ne costituisce sicuramente una delle più pesanti eredità scientifiche.

II. PAOLO SCANDONE DOCENTE: L'INSEGNAMENTO E IL CORSO DI GEOLOGIA REGIONALE

Dopo aver tenuto l'insegnamento di Geologia Marina al suo arrivo a Pisa, Paolo Scandone inizia ad insegnare Geologia Regionale, corso che nell'anno accademico 1986/1987 ebbi l'opportunità e il piacere di frequentare.

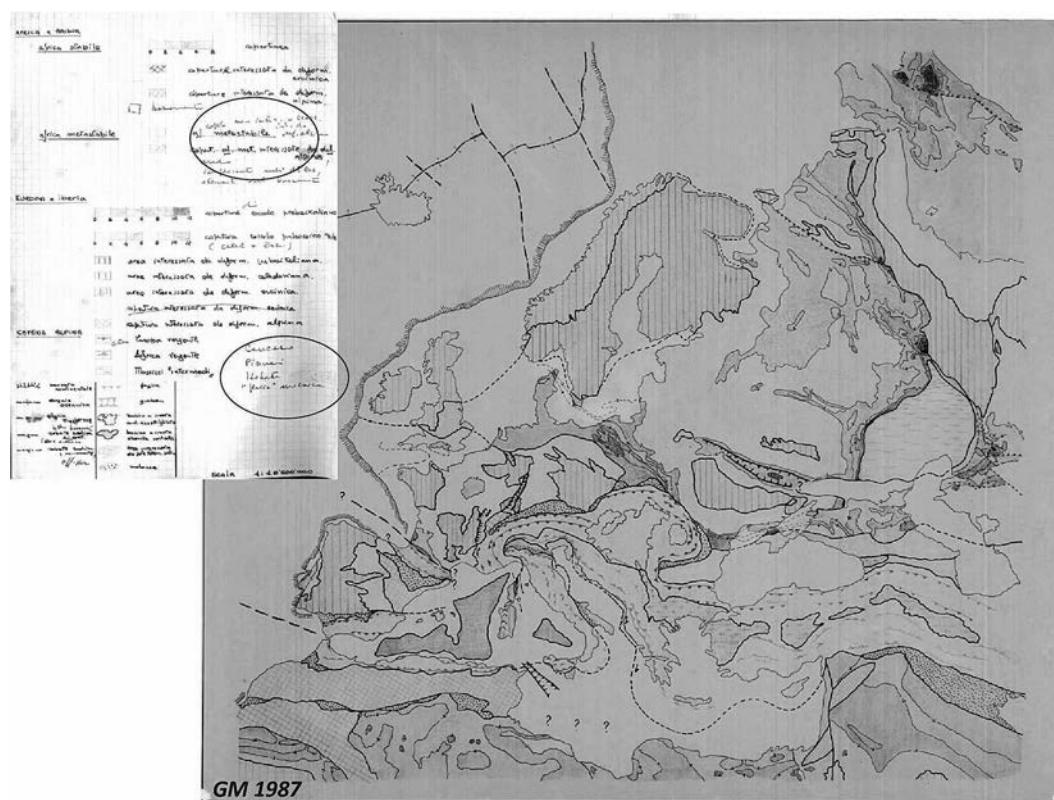


Fig. 8 – Schema tettonico dell'Europa realizzato durante il Corso di Geologia Regionale.

Oltre alle appassionanti lezioni teoriche, il corso prevedeva due momenti speciali: la campagna geologica conclusiva e quello che per me è stato un momento formativo eccezionale, rappresentato dalla costruzione dello schema tettonico regionale dell'Europa e del Mediterraneo. Lo schema veniva realizzato attraverso diverse ore di laboratorio, in cui ogni studente fisicamente costruiva e discuteva, guidato da Paolo Scandone, delle problematiche e delle strutture regionali che stava disegnando (Fig. 8).

III. PAOLO SCANDONE COLLEGA: DALLA COLLABORAZIONE DIDATTICA NEL CORSO DI LAUREA SPECIALISTICA, IN SEGUITO MAGISTRALE, IN GEOFISICA DI ESPLORAZIONE ED APPLICATA AL CARG F.249 MASSA

In tempi più recenti, Paolo Scandone è sicuramente da ricordare a Pisa come uno dei principali artefici dell'istituzione del Corso di Laurea in Geofisica di Esplorazione ed Applicata, oggi diventato Master of Science in Exploration and Applied Geophysics.



Fig. 9 – Escursione Alpi Apuane centro orientali estate 2009. Nella foto di destra, di spalle, oltre a Paolo Scandone, Giovanni Massa.

Il Corso di Laurea nasce nel 2006, proprio su indicazione di Paolo Scandone, Etta Patacca e dell'allora direttore Mauro Rosi. Il mio coinvolgimento in quell'esperienza didattica si realizzò attraverso l'insegnamento di Fondamenti di Geologia per non geologi (rivolto a fisici e ingegneri), un corso che Paolo Scandone riteneva strategico e di difficile attuazione poiché necessitava, secondo quella visione di cui era sicuramente maestro, di una conoscenza disciplinare da parte del titolare, associata ad una indispensabile sua capacità divulgativa interdisciplinare.

Sempre tra il 2000 e il 2010, grazie al coinvolgimento di Paolo Scandone ed Etta Patacca nella realizzazione del Foglio CARG 249 Massa voluto da Luigi Carmignani, i miei incontri con Paolo Scandone si sono moltiplicati, incontri che sono stati occasioni di confronto sulla geologia delle Apuane e, più in generale, sul sistema orogenico appenninico, che ci hanno visto discutere in maniera appassionata, in alcuni casi con opinioni e interpretazioni anche contrastanti.

Di questi incontri ed escursioni sul terreno quelli del 2009 sono sicuramente tra i più piacevoli e fruttuosi dal punto di vista scientifico, anche se ricordarli oggi mette un po' di tristezza, perché diversi tra i partecipanti non sono più tra noi. (Figg. 9, 10, 11).



Fig. 10 – Escursione Alpi Apuane orientali estate 2009. Etta Patacca, Paolo Scandone e Marco Meccheri.



Fig. 11 – Grazie Prof.

Ringraziamenti. – Si ringraziano Andrea Cerrina Feroni, Etta Patacca, Raimondo Catalano e Stefano Merlino per le “interviste” e l’aiuto nella ricostruzione del contesto storico-politico e ambientale relativo agli anni dell’arrivo a Pisa di Paolo Scandone. Etta Patacca e Roberto Scandone hanno fornito parte del materiale fotografico presentato.

BIBLIOGRAFIA

- CARMIGNANI L., CELLO G., CERRINA FERONI A., FUNICIELLO R., KALIN O., MECCHERI M., PATACCA E., PERTUSATI P., PLESI G., SALVINI F., SCANDONE P., TORTORICI L., TURCO E., 1981. *Analisi del campo di fratturazione superficiale indotto dal terremoto Campano-Lucano del 23/11/1980*. Rend.Soc.Geol.It., 4: 451-465.
- CIVETTA L., ORSI G., SCANDONE P., PECE R., 1978. *Eastward migration of the Tuscan anatectic magmatism due to anticlockwise rotation of the Apennines*. Nature, 276: 604-606.
- DIETRICH D., LORENZONI S., SCANDONE P., ZANETTIN-LORENZONI E., DI PIERRO M., 1976. *Contribution to the knowledge of the tectonic units of Calabria, relationships between composition of K-white micas and metamorphic evolution*. Boll. Soc. Geol. Ital., 95: 193-217.
- DI NOCERA S., SCANDONE P., 1977. *Triassic nannoplankton limestones of deep basin origin in the Central Mediterranean Region*. Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology, 21: 101-111.
- ELTER P., SCANDONE P., 1980. *Les Apennines*. CongrèsGéologique Int. Paris, Colloques C.5: 99-102.
- FRANZINI M., TONGIORGI M., 2005. *Breve Storia del Dipartimento*. <https://www.dst.unipi.it>.
- PANZA G.F., CALCAGNILE G., SCANDONE P., MULLER S., 1980. *La Struttura profonda nel Mediterraneo*. Le Scienze: 60-69.
- SCANDONE P., 1975. *Triassic seaways and the Jurassic Tethys ocean in the Central Mediterranean area*. Nature, 256: 117-119.
- SCANDONE P., 1976. *L’arco Calabro-Peloritano un frammento di Alpi accavallato sull’Appennino*. Sviluppo- Rivista di Studi e Ricerche Cassa di Risparmio di Calabria e di Lucania: 56-72.
- SCANDONE P., 1978. *Relazione Introduttiva Progetto Finalizzato Geodinamica. Sottoprogetto Modello Strutturale*. Mem. Soc. Geol. It., 19: 435-436.
- SCANDONE P., 1979. *Origin of Tyrrhenian Sea and Calabrian Arc*. Boll.Soc.Geol. It., 98: 27-36.
- SCANDONE P., PATACCA E., RODOICIC R., RYAN W.B.F., CITA M.B., RAWSON M., CHEZAR H., MILLER E., MCKENZIE J., ROSSI S., 1981. *Mesozoic and Cenozoic rocks from Malta Escarpment (Central Mediterranean)*. Amer. Ass. Petrol. Geol., 1299-1319.

DOMENICO COSENTINO^(*)

PAOLO SCANDONE: GEOLOGO, MAESTRO E AMICO

ABSTRACT. – Paolo Scandone was one of the most important geologist of his epoch. I had the privilege of working very closely with Paolo Scandone during the second half of the 80's and during the early 90's, for the coordination and editing of the Structural Model of Italy, in the context of the Progetto Finalizzato Geodinamica (CNR). That period, from 1984 to 1992, was for me extremely important, especially for my scientific education. At that time, I was a very young researcher at “La Sapienza” University of Rome, and every journey to Pisa was for me an advanced training in geology, at school of one of the greatest masters of geology in Italy. During my long stays in Pisa, I had the opportunity to appreciate and admire the countless qualities of Paolo Scandone, among the others, his deep knowledge of the geology of the Mediterranean area, directly learned in the field. Among the Paolo Scandone qualities, those that got me impressed were: 1) his deep love for geology, first of all the field geology; 2) the methodological approach in the scientific research; 3) the deep analysis of the geological data to support accurate reconstructions; and, above all, 4) his ability to easily talk and teach with competence on different topics of the geological sciences, including structural geology, stratigraphy, paleontology, geophysics, earthquake geology, and more. After the end of the work for the coordination and editing of the Structural Model of Italy, I had the opportunity to share with Paolo some common experiences, such as some field trips in the southern Apennines for the CROP project, the work for the Task Force Majella, and more. I consider Paolo Scandone a geologist, a master, and also a friend. Paolo surely left a huge emptiness in the Italian geoscience community, though he left also a giant scientific inheritance, of which I feel I am part.

In questo articolo riporto il mio ricordo personale di Paolo Scandone, che è stato per me maestro e amico. Ho avuto il privilegio di collaborare con Paolo Scandone all'inizio della mia carriera universitaria, su uno dei progetti più importanti che hanno interessato le Scienze della Terra negli ultimi 40 anni: il Progetto Finalizzato Geodinamica, sottoprogetto Modello Strutturale Tridimensionale del CNR. Paolo Scandone era il responsabile scientifico del sottoprogetto, e io uno dei tanti colleghi che hanno preso parte allo sviluppo del progetto. A fine progetto, nel 1992, è stata prodotta una cartografia geo-

^(*) Università di Roma Tre.

logica di sintesi (scala 1: 500.000) di tutto il territorio nazionale, e non solo. Il Modello Strutturale, che presentava delle soluzioni cartografiche innovative, e che conteneva, per l'epoca, una impressionante quantità di dati di superficie e di sottosuolo, è tutt'ora considerato, a più di 25 anni dalla sua pubblicazione, il prodotto cartografico più aggiornato, a scala regionale, per il territorio rappresentato. A posteriori, mi rendo conto di aver vissuto quel periodo da una posizione privilegiata, che mi ha permesso di apprezzare le qualità di Paolo Scandone come Geologo, Maestro e Amico.

PAOLO SCANDONE "GEOLOGO"

In quegli anni, tutte le volte che ascoltavo Paolo Scandone in comunicazioni a congressi, riunioni scientifiche, escursioni sul terreno, seminari e lezioni magistrali rimanevo affascinato dalla sua capacità di spaziare con estrema facilità e competenza negli ambiti più diversi delle Geoscienze: dalla geologia strutturale alla micropaleontologia, dalla geologia stratigrafica alla geofisica, dalla geologia del terremoto alla geomorfologia e all'ingegneria antisismica. A questo proposito, mi ricordo che quando nella seconda metà degli anni '80 ci si incontrava a Pisa per lavorare sul Modello Strutturale, Paolo, che aveva appena iniziato la ristrutturazione del casolare di Calci, andava fiero nel descrivere gli accorgimenti di ingegneria antisismica con cui lo stava ristrutturando. In quegli anni si iniziava appena a parlare di ingegneria antisismica e Paolo Scandone è stato uno dei protagonisti nei gruppi di ricerca che si stavano organizzando per sviluppare tecniche di costruzione antisismica. Un'altra caratteristica di Paolo, che mi ha sempre impressionato, era il rigore metodologico che applicava nelle sue attività di ricerca. Inoltre, da ogni sua azione quotidiana si evinceva il suo grande amore per la geologia. Nei periodi che passavo a Pisa, ospite di Paolo e Etta nel loro casolare di Calci, mi era sempre più evidente come la geologia fosse al primo posto di ogni sua azione quotidiana. Molto spesso si passavano più di dodici ore in dipartimento, tra carte geologiche, linee sismiche e stratigrafie di pozzi. Nei miei trascorsi pisani, ho apprezzato molto la ricerca da parte di Paolo, a volte maniacale, di dati a supporto di ricostruzioni di modelli geologici che dovevano essere necessariamente inappuntabili e ancorati su solide basi. Il suo amore per la geologia di terreno era altrettanto evidente, quando gli si illuminavano gli occhi mentre descriveva affioramenti e situazioni geologiche che aveva avuto modo di visitare diversi anni prima, durante il suo lavoro di rilevamento geologico nel Bacino Lagonegrese o in diverse altre aree che lo avevano visto protagonista nella raccolta dei dati geologici. Il suo amore per la geologia di terreno era anche evidente per

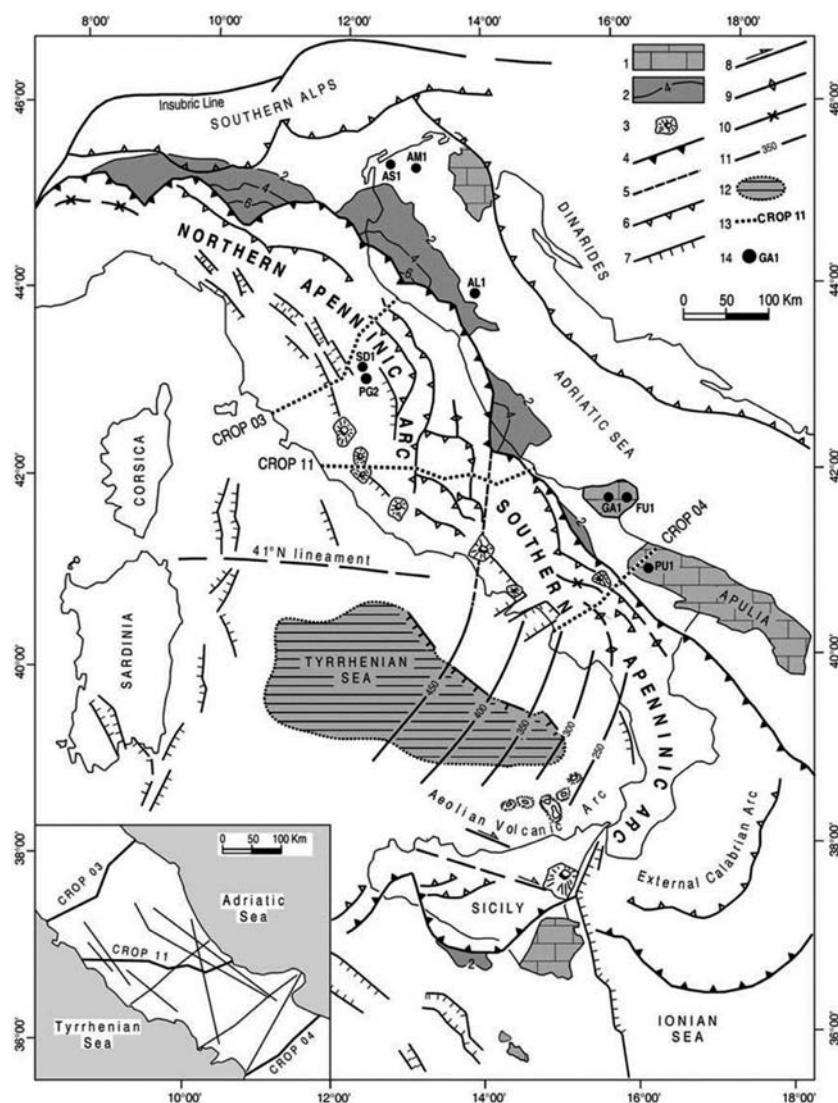


Fig. 1 – Schema geologico-strutturale della Penisola Italiana, con l'indicazione del tracciato delle linee CROP 03, CROP 04 e CROP 11 (da Patacca et al., 2008). 1) carbonati e, subordinatamente, vulcaniti dell'avampaese apulo-garganico; 2) isobate (in km) della base del Pliocene nei bacini di avanfossa; 3) edificio vulcanico sub-aereo; 4) fronte sepolto della catena; 5) limite convenzionale tra l'arco appenninico settentrionale e l'arco appenninico meridionale; 6) fronte della catena nel Sudalpino e nelle Dinaridi; 7) faglie normali; 8) faglie trascorrenti; 9) asse di anticlinale; 10) asse di sinclinale; 11) zona Wadati-Benioff (profondità in km); 12) area tirrenica interessata da crosta oceanica o crosta continentale assottigliata, con valori positivi dell'anomalia di Bouguer superiori ai 200 mgals; 13) traccia dei profili CROP; 14) ubicazione dei pozzi citati nel testo, che hanno raggiunto i depositi triassici o più antichi. Abbreviazioni: AL1, Alessandra 1; AM1, Amanda 1; AS1, Assunta 1; FU1, Foresta Umbra 1; GA1, Gargano 1; PG2, Perugia 2; PU1, Puglia 1; SD1, San Donato 1.

L'alta considerazione che aveva della cartografia geologica, che era sempre presente, anche sotto forma schematica (Fig. 1), nelle innumerevoli pubblicazioni che Paolo ci ha lasciato come parte della sua eredità scientifica. Come non dimenticare, alla fine degli anni '90, le bellissime escursioni lungo il transetto di acquisizione della linea sismica CROP 04, da Agropoli a Barletta, di cui Paolo era Direttore, con una schiera di studenti pisani, che stravedevano per il loro professore, e con altrettanti giovani ricercatori, che provenendo da altri atenei, o centri di ricerca italiani, aggregati al gruppo di Pisa per non perdersi la possibilità di partecipare a una storica escursione, guidata da uno dei padri della geologia moderna dell'Appennino meridionale. Paolo Scandone è stato un geologo a tutto campo e sono certo, anche se non abbiamo avuto modo di discutere sull'argomento, che la suddivisione in SSD del sapere scientifico, a cui siamo stati costretti da procedure ministeriali, non lo soddisfacesse pienamente. Paolo Scandone era etichettato nel SSD GEO/03, ma con la sua eclettica attività scientifica poteva benissimo essere inquadrato in molti altri SSD delle Geoscienze.

PAOLO SCANDONE "MAESTRO"

Il periodo in cui ho collaborato con Paolo Scandone alla stesura del Modello Strutturale, tra il 1984 e il 1992, è stato per me un tirocinio di alta formazione, a scuola di uno dei maggiori maestri della geologia italiana. A quel tempo, io ero un giovane ricercatore dell'Università "La Sapienza" di Roma, mentre Paolo era professore ordinario presso l'Università di Pisa, al culmine della sua carriera scientifica. Una delle migliori sensazioni che conservo dei momenti in cui a Pisa lavoravo, sotto la guida di Paolo, al coordinamento e all'editing del Modello Strutturale è legata al rapporto che Paolo ti portava ad avere con lui. Con il suo modo di fare, dall'alto della sua posizione di responsabile scientifico del Modello Strutturale, Paolo non ha mai fatto pesare più di tanto il nostro differente ruolo nel gruppo di coordinamento e men che meno il grosso divario che c'era tra le nostre diverse posizioni accademiche. Lavorare con Paolo in quel periodo è stato uno dei maggiori piaceri della mia attività scientifica, profondamente segnata dall'esperienza che ho vissuto a Pisa in quegli anni.

Durante i miei lunghi soggiorni pisani, ho potuto ammirare le innumerevoli qualità di Paolo Scandone, non solo come ricercatore. Una delle doti che più mi colpiva, e che come giovane ricercatore ammiravo profondamente, era la sua vasta conoscenza della geologia dell'area mediterranea, acquisita direttamente sul campo e non solo per avere letto lavori pubblicati su riviste specializzate. Per me quel periodo è stato un corso avanzato

di geologia regionale, tenuto da uno dei migliori maestri che l'accademia italiana aveva in quegli anni.

La redazione del Modello Strutturale aveva evidenziato, secondo Paolo, la carenza di moderne datazioni sui depositi sinorogenici dell'Appennino. Quindi, per arrivare a una migliore definizione dell'evoluzione cinematica della catena orogenica appenninica bisognava cercare di datare l'“*evoluzione a terrigeno*”, come amava dire Paolo, dei settori di avampae-se delle diverse unità tettoniche dell'Appennino (i bacini di avanfossa) e il primo ciclo discordante al fronte compressivo delle aree di catena (i bacini di *thrust-top*). Su queste tematiche di ricerca, il gruppo pisano, coordinato da Paolo e da Etta, divenne subito un riferimento a livello nazionale. In quel periodo, Patacca e Scandone (1989) pubblicarono un lavoro di sintesi sulle fasi tettoniche post-tortoniane che avevano portato alla costruzione della catena appenninica, dando anche alcuni spunti per l'evoluzione paleogeografica del settore esterno dell'Appennino, dal tardo Tortoniano al tardo Pliocene. Nel 1992, uscì un primo lavoro, molto apprezzato dalla comunità scientifica, con alcune nuove datazioni dell'“*evoluzione a terrigeno*” delle aree del *foreland* appenninico e dei bacini *thrust-top* al fronte della catena (Fig. 2), che metteva in correlazione gli eventi tettono-sedimentari del bacino di *back-arc* tirrenico con gli eventi compressivi degli archi appenninici (Patacca *et al.*, 1992a). Per una precisa ricostruzione dell'evoluzione cinematica di una catena orogenica come quella appenninica, questi Autori avevano individuato la necessità di datare con le nuove tecniche di analisi biostratigrafica, che si andavano affinando proprio in quegli anni, i depositi sinorogenici dei bacini di *foredeep* e di *thrust-top*. Paolo era stato molto convincente nell'enfatizzare i vantaggi che una tale analisi avrebbe portato per la comprensione dei meccanismi responsabili dell'evoluzione geodinamica del sistema Tirreno-Appennino.

Pur essendo un lavoro vasto ed impegnativo, per parte mia decisi di porre al centro della mia futura attività di ricerca regionale quell'obiettivo così ben delineato da Paolo. In questa prospettiva, gli insegnamenti di Paolo e del suo gruppo di ricerca sono stati fondamentali. Hanno trasmesso a me e a Paola Cipollari, che muoveva in quegli anni i primi passi nel mondo della ricerca, le conoscenze delle migliori tecniche analitiche per la datazione dei depositi terrigeni legati alla strutturazione della catena appenninica, in particolare quelle basate sui nannofossili calcarei. Continuarono, quindi, nella prima metà degli anni '90, i miei periodi pisani. Soprattutto, iniziò la mia frequentazione della famosa “soffitta” del Dipartimento di Scienze della Terra di Pisa, cuore pulsante dell'attività di ricerca di Paolo Scandone e del suo gruppo. Ho ancora vivo il ricordo di quando Paolo, con orgoglio e con il suo abituale sorrisetto di compiacimento, mi mostrò, in soffitta, una infinità di tubi porta rotoli in cui erano custodite migliaia di km di linee sismiche,

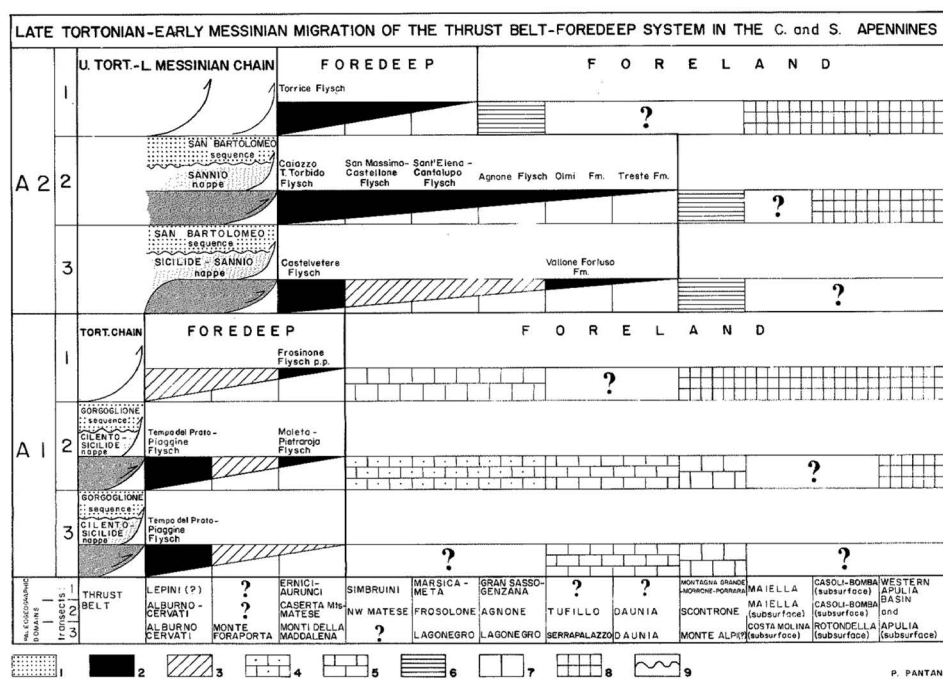


Fig. 2 – Schema della migrazione del Sistema catena-avanfossa nell’Appennino centrale e meridionale durante il Tortoniano superiore-Messiniano inferiore. 1) primo ciclo discordante sulla catena (bacino thrust-top); 2) bacino di avanfossa; 3) probabile bacino di avanfossa; 4) dominio di avampaese con depositi silicoclastici; 5) dominio di avampaese con depositi carbonatoclastici; 6) dominio di slope-rampa esterna; 7) rampa carbonatica esterna; 8) rampa carbonatica interna; 9) discordanza angolare e discontinuità regionale. Da Patacca *et al.* (1992a).

insieme ad un’infinità di log di pozzo. Paolo aveva ottenuto quell’enorme banca dati sulla geologia del sottosuolo italiano grazie alle sue innumerevoli attività di consulenza per le compagnie petrolifere che, in quegli anni, avevano attività di prospezione in tutt’Italia.

Anche se non ho avuto il privilegio di essere coautore di altre pubblicazioni con Paolo, a parte il Modello Strutturale (Bigi *et al.*, 1990-1993), alla scala 1:500.000, e la Carta Cinematica d’Italia (Bigi *et al.*, 1989), alla scala 1:2.000.000, la mia attività di ricerca sviluppata nel ventennio successivo è stata profondamente segnata dai suoi insegnamenti. Alla base dei risultati che negli anni, con Paola Cipollari, abbiamo ottenuto sulla datazione dei depositi dei bacini di *foredeep* e *thrust-top* dell’Appennino centrale e della sua evoluzione cinematica, ci sono gli insegnamenti di Paolo, che ci ha sempre donato con estrema generosità e disinteresse. Nel 1995, Paolo Scandone è stato valutatore esterno della tesi di dottorato di Paola Cipollari



Fig. 3 – Foto di gruppo della Task Force Maiella (1999).

sulle *“Modalità e tempi di propagazione del sistema catena-avanfossa nella zona di incontro tra Appennino settentrionale e Appennino centrale”*. I suoi numerosi consigli e suggerimenti sono stati di estrema importanza per la pubblicazione di Cipollari e Cosentino (1995), sull’evoluzione dei bacini sedimentari sinorogenici dell’Appennino centrale. Tutti i lavori che successivamente abbiamo avuto modo di pubblicare sullo stesso argomento hanno una base comune negli insegnamenti dei fondamentali che Paolo, in quegli anni, ci ha profuso con disinteresse e magnanimità.

Alla fine degli anni '90, c'è stata un'altra occasione di collaborare con Paolo Scandone, perché coinvolti in un progetto comune, sponsorizzato da ENI: la *“Task Force Majella”* (Fig. 3). Ovviamente, anche in questa occasione, il gruppo pisano ebbe un ruolo di primo piano nel progetto, coordinando i *working group* sulla geologia regionale e sulla stratigrafia e guidando una serie di escursioni geologiche sulla Montagna della Majella. In una delle ultime escursioni della *“Task Force Majella”*, Paolo Scandone ci portò a visitare le evaporiti messiniane affioranti sul versante nord-occidentale della Majella, nella zona di Trovigliano-Colle di Votta (PE).

La cava abbandonata di Colle di Votta, illustrata da Paolo Scandone durante l'escursione della *“Task Force Majella”* (Fig. 4) e visitata per la prima volta da parte mia in quella occasione, fu in seguito oggetto di studi

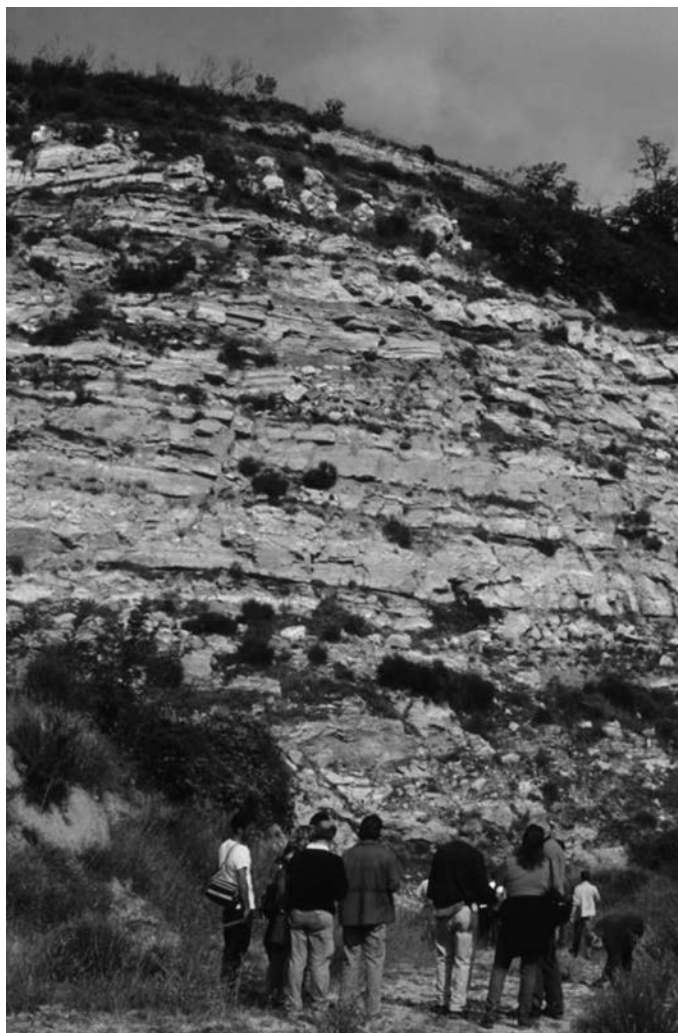


Fig. 4 – Cava di gesso abbandonata, in località Colle di Votta (PE). Nella parte alta della foto è presente una superficie molto articolata (fascia scura continua) che rappresenta la superficie di erosione messiniana (*Messinian Erosional Surface*, MES), tra le evaporiti inferiori e i depositi Lago-Mare. Foto Gian Paolo Cavinato.

approfonditi, da parte del gruppo di Roma Tre, sulla stratigrafia e ciclicità del Messiniano evaporitico e post-evaporitico dell'area della Majella. Questi studi, che hanno evidenziato anche alcuni caratteri peculiari alla scala del Bacino Mediterraneo delle evaporiti messiniane della Majella (Sampalmieri *et al.*, 2008; Schildgen *et al.*, 2014), hanno permesso di rilevare, anche nel settore di Colle di Votta, la presenza di un livello vulcanico (*ash layer*) di riferimento per la stratigrafia del Messiniano post-evaporitico dell'area mediterranea (Fig. 5).

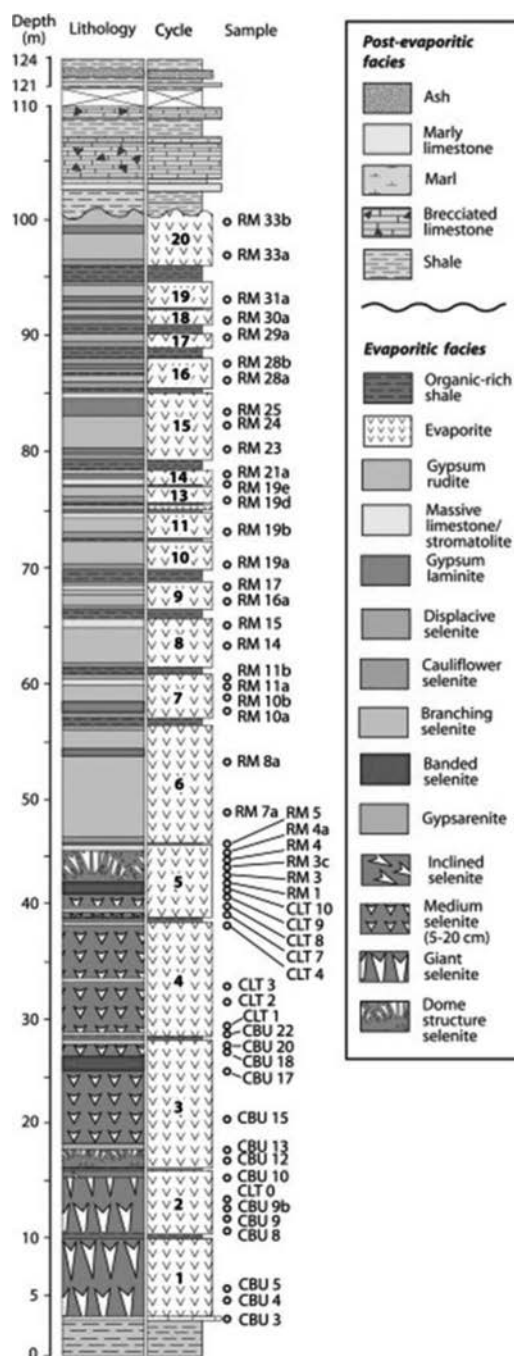


Fig. 5 – Log stratigrafico composito (Trovigliano-Colle di Votta) della successione evaporitica della Majella. A differenza di altre sezioni delle evaporiti inferiori messiniane (e.g., Vena del Gesso, Romagna), dove sono stati osservati massimo 16 cicli di gesso/pelite, le analisi condotte nell'area della Majella hanno mostrato l'esistenza di 20 cicli evaporiti/sapropel. (Da Schildgen *et al.* 2014).

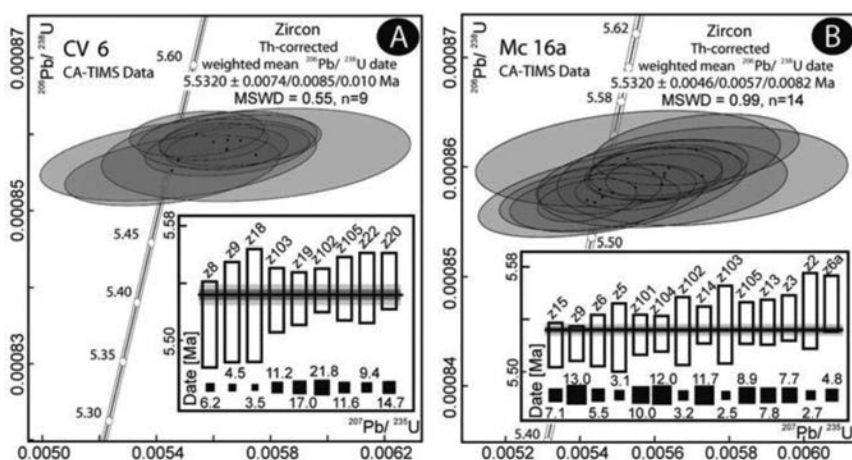


Fig. 6 – Diagramma concordia U-Pb, su cristallo singolo, per gli zirconi provenienti dall'ash layer di Colle di Votta (A) e Maccarone (B). Da Cosentino *et al.* (2013).

Questo *ash layer* messiniano era stato segnalato da Patacca *et al.* (1992b) oltre che nell'Unità Scontrone-Porrara, anche nell'Unità Maiella dell'edificio a pieghe e sovrascorrimenti dell'Appennino centrale. Nell'Appennino marchigiano, un *ash layer* simile a quello affiorante nelle aree abruzzesi esterne e nella sua stessa posizione stratigrafica, cioè all'interno della successione messiniana Lago-Mare, era già conosciuto in letteratura. Sempre alla fine degli anni '90, questo *ash layer*, intercalato nelle marne, generalmente sterili, della Formazione di Tetto (Maccarone, MC), fu datato attraverso il metodo Ar/Ar su biotite (gas totale) a 5.39 e 5.50 ± 0.07 Ma (Odin *et al.*, 1997). Per anni, questa datazione è servita per vincolare cronologicamente i cambiamenti climatico-deposizionali che si sono verificati nell'area mediterranea dopo il picco evaporitico della crisi di salinità messiniana. Più recentemente, attraverso una geocronologia U-Pb di alta precisione (CA-TIMS), su zircone singolo, i due livelli vulcanici di Maccarone e Colle di Votta sono stati datati, rispettivamente, a 5.5320 ± 0.0046 Ma e 5.5320 ± 0.0074 Ma (Fig. 6). Probabilmente, se Paolo non ci avesse portato a visitare la cava di Colle di Votta questi importanti dati geocronologici sull'evento Lago-Mare del Messiniano sarebbero ancora sconosciuti.

Da quanto detto in precedenza, appare chiaro come gli insegnamenti che ho avuto da Paolo Scandone durante il lavoro di coordinamento ed editing del Modello Strutturale abbiano indicato la direzione e il modo con cui ho proseguito le mie attività di ricerca. Queste indicazioni, oltre ai molti insegnamenti dei miei maestri romani, Maurizio Parotto e Antonio Praturton, hanno portato alla pubblicazione di una revisione regionale sulla geologia dell'Appennino centrale (Cosentino *et al.*, 2010).

PAOLO SCANDONE “AMICO”

Forse considerarmi amico di Paolo Scandone può sembrare esagerato, visto che il termine amico può avere un significato molto profondo, ma le sensazioni che provavo ogni volta che avevo modo di interagire con Paolo andavano molto al di là delle sensazioni provate in seguito ad un rapporto di lavoro con un collega più anziano, fosse anche della mia stessa università. La speciale sensazione che provavo era sicuramente merito di Paolo e del suo carattere cordiale, estroverso, e affabile, che mi faceva sentire sempre a mio agio, anche nelle situazioni più critiche. Ricordo di avere percepito una sensazione positiva anche quella volta che, discutendo della geologia di una certa area dell'Appennino centrale, espressi alcune mie considerazioni su cui lui non concordava pienamente. In quell'occasione Paolo non mi disse subito *“stai dicendo una grande fesseria”*, come lo avevo sentito dire molto spesso verso altri colleghi, ma con molto garbo espresse il suo pensiero e le sue considerazioni sull'argomento in discussione. Questo speciale rapporto che sentivo verso Paolo e che Paolo credo sentisse nei miei confronti, sicuramente è maturato durante i miei lunghi soggiorni a Pisa per lavorare sul Modello Strutturale. Paolo e Etta mi hanno accolto a Pisa come si fa con un amico o un parente. Mi hanno ospitato nella loro casa e ho vissuto la loro routine quotidiana, compreso l'andare al mercato all'ora di pranzo per comprare gli ingredienti per un pasto veloce che, con grande maestria, Paolo preparava nel piccolo attico che avevano vicino al Dipartimento. Paolo era un ottimo cuoco, a cui piaceva molto cucinare. Ricordo ancora con molto piacere le ottime cene preparate da Paolo, dopo una lunga giornata di lavoro. Paolo era, ovviamente, anche un buongustaio e un ottimo intenditore di vini, come quasi tutti i geologi.

In quegli anni, abbiamo condiviso la più grande gioia che si possa provare nella vita, la nascita di una figlia. Durante la fase di coordinamento del Modello Strutturale nacque, a Pisa, Berenice Scandone e, a qualche anno di distanza, nacque, a Roma, Chiara Cosentino. Avevamo quindi, in quegli anni, una serie di esperienze comuni da condividere. In quel periodo, era veramente un piacere frequentare la stanza di Paolo in Dipartimento, perché quando entravi venivi accolto da due cuccioli: Berenice che gattonava per la stanza, quando non era chiusa nel box, e Bella, un cucciolo di pastore abruzzese, che generalmente scorrazzava per la stanza, ma a volte, con buona pace di alcuni colleghi di Pisa, riusciva ad uscire per andare a perlustrare il più interessante e lungo corridoio del Dipartimento. Nonostante a quei tempi fossi un giovane marito e un padre ancora inesperto, stare lontano da casa per tutta la settimana era meno pesante, sapendo di andare a stare in casa di amici. Rientra nella sfera dell'amicizia con Paolo, l'ultimo ricordo personale che ho

di lui. Nel 2011, in qualità di Coordinatore della Scuola Dottorale in Geologia dell'Ambiente e delle Risorse di Roma Tre, invitai Paolo a tenere una lezione magistrale per l'inaugurazione del nuovo anno accademico. La scelta quell'anno cadde su Paolo perché volevo che i giovani dottorandi potessero vedere con i loro occhi l'entusiasmo che Paolo metteva quando parlava di geologia e, soprattutto, la curiosità che aveva nella continua ricerca di nuovi dati per vincolare meglio i modelli proposti. Il 2 febbraio 2011, Paolo tenne a Roma Tre una lezione magistrale dal titolo: *Controllo delle traiettorie dei thrust sulle geometrie dei sistemi duplex profondi: esempi dall'Appennino meridionale*. È inutile dire che la lezione magistrale fu un enorme successo e fu molto apprezzata sia dai dottorandi che dai colleghi di Dipartimento. Io però, quando penso a quel giorno, amo ricordare il tempo che passammo insieme prima della lezione magistrale. Paolo riuscì ad arrivare qualche ora prima dell'orario previsto per la lezione, programmata per il primo pomeriggio. Lo andai a prendere alla stazione e, siccome era quasi ora di pranzo, andammo a sederci in un'osteria a Garbatella, famosa per servire una cucina romana tradizionale, che Paolo apprezzò con gran gusto, dall'antipasto al dolce. Al tavolo dell'osteria "Dar Moschino" erano seduti due amici che si erano ritrovati dopo tanto tempo. Quindi, parlammo di tanti argomenti, ovviamente di come stava cambiando o sarebbe cambiato il mondo universitario in seguito all'applicazione della legge Gelmini, della situazione economica italiana, delle nostre ricerche in corso, degli amici e colleghi comuni, ma non mancò certo la curiosità di chiedere cosa stessero facendo Berenice e Chiara. Fu curioso venire a sapere che entrambe le nostre figlie avevano intrapreso strade molto simili. Berenice si era laureata a Bologna in Cooperazione internazionale per la tutela dei diritti umani e dei beni etno-culturali, mentre Chiara era in procinto di laurearsi in Antropologia culturale, con una tesi sul campo che trattava dell'autodeterminazione riproduttiva tra le donne indigene della Sierra Norte di Puebla (Messico). Ovviamente, scherzandoci su, commentammo questa scelta che portava le nostre figlie lontano anni luce dalla geologia, ma che forse di geologia ne avevano sentito parlare anche troppo fino a quel momento. Forse anche per quello, era maturato in loro il giusto desiderio di seguire altre vie e intraprendere un percorso in completa autonomia, lontano dalle orme dei propri padri.

CONCLUSIONI

Riflettendo su quello che è stato il mio percorso formativo, le mie esperienze professionali, la mia attività di ricerca, la mia carriera universitaria, non posso non pensare ai benefici che ho avuto dalle mie lunghe permanen-

ze a Pisa, tra il 1984 e il 1992, lavorando sotto la guida di Paolo Scandone al Modello Strutturale. In quegli anni, ho potuto apprezzare le qualità di Paolo come Geologo, con la “G” maiuscola, come Maestro, che molto mi ha insegnato, e, infine, anche come Amico. Paolo lascia un vuoto enorme nella comunità italiana delle Geoscienze. Per fortuna, le sue innumerevoli pubblicazioni scientifiche, che hanno toccato varie sfaccettature delle Geoscienze e che sono sempre state considerate delle opere di riferimento per la comunità scientifica, anche internazionale, costituiscono una eredità scientifica immensa, di cui io mi sento di fare parte. Grazie Paolo!

BIBLIOGRAFIA

- BIGI G., CASTELLARIN A., CATALANO R., COLI M., COSENTINO D., DAL PIAZ G.V., LENTINI F., PAROTTO M., PATACCA E., PRATURLON A., SALVINI F., SARTORI R., SCANDONE P., VAI G.B., 1989. Synthetic structural-kinematic map of Italy. Scale 1:2.000.000, P.F. Geodinamica, C.N.R.
- BIGI G., COSENTINO D., PAROTTO M., SARTORI R., SCANDONE P. (Scientific coordination and editing), 1992. *Structural Model of Italy*, scale 1:500,000: sheets 1, 2, 3, 4, 5 and 6, P.F. Geodinamica, C.N.R.
- BIGI G., CASTELLARIN A., COLI M., DAL PIAZ G.V., SARTORI R., SCANDONE P. and VAI G.B., 1990a. *Structural Model of Italy, sheet 1*. C.N.R., Progetto Finalizzato Geodinamica, SELCA Firenze.
- BIGI G., CASTELLARIN A., COLI M., DAL PIAZ G.V., VAI G.B., 1990b. *Structural Model of Italy scale 1:500.000, sheet 2*. C.N.R., Progetto Finalizzato Geodinamica, SELCA Firenze.
- BIGI G., COLI M., COSENTINO D., DAL PIAZ G.V., PAROTTO M., SARTORI R., SCANDONE P., 1992. *Structural Model of Italy scale 1:500.000, sheet 3*. C.N.R., Progetto Finalizzato Geodinamica, SELCA Firenze.
- BIGI G., COLI M., COSENTINO D., PAROTTO M., PRATURLON A., SARTORI R., SCANDONE P., TURCO E., 1992. *Structural Model of Italy scale 1:500.000, sheet 4*. C.N.R., Progetto Finalizzato Geodinamica, SELCA Firenze.
- BIGI G., COSENTINO D., PAROTTO M., SARTORI R., SCANDONE P., 1991. *Structural Model of Italy scale 1:500.000, sheet 5*. C.N.R., Progetto Finalizzato Geodinamica, SELCA Firenze.
- BIGI G., BONARDI G., CATALANO R., COSENTINO D., LENTINI F., PAROTTO M., SARTORI R., SCANDONE P., TURCO E., 1991. *Structural Model of Italy scale 1:500.000, sheet 6*. C.N.R., Progetto Finalizzato Geodinamica, SELCA Firenze.
- CIPOLLARI P., COSENTINO D., 1995. *Miocene unconformities in the central Apennines: geodynamic significance and sedimentary basin evolution*. Tectonophysics, 252(1-4): 375-389.
- COSENTINO D., CIPOLLARI P., MARSILI P., SCROCCA D., 2010. *Geology of the Central Apennines: A regional review*, in Beltrando M., Peccerillo A., Mattei M.,

- Conticelli S., Doglioni C., eds., *The Geology of Italy*. Journal of the Virtual Explorer (Electronic Edition), 36, paper 11.
- COSENTINO D., BUCHWALDT R., SAMPALMIERI G., IADANZA A., CIPOLLARI P., SCHILDGEN T.F., HINNOV L.A., RAMEZANI J., BOWRING S.A., 2013. *Refining the Mediterranean "Messinian gap" with high-precision U-Pb zircon geochronology, central and northern Italy*. *Geology*, 41: 323-326.
- ODIN G.S., VAI G.B., COSCA M., TATEO F., HUNZIKER J.C., 1997. *Integrated stratigraphy of the Maccarone section*, in Montanari A., Odin G.S., Coccioni R., eds., *Miocene Stratigraphy: An Integrated Approach: Developments in Palaeontology and Stratigraphy*, Amsterdam, Netherlands, Elsevier Science B.V., 15: 531-545.
- PATACCA E., SCANDONE P., 1989. *Post-Tortonian mountain building in the Apennines. The role of the passive sinking of a relic lithospheric slab*. In: *The Lithosphere in Italy*, Eds. Boriani A., Bonafede M., Piccardo G.B., Vai G.B. *Atti dei Convegni Lincei*, 80: 157-176.
- PATACCA E., SARTORI R., SCANDONE P., 1992a. *Tyrrhenian basin and Apenninic arcs: kinematic relations since late Tortonian times*. *Mem. Soc. Geol. It.*, 45 (1990): 425-451.
- PATACCA E., SCANDONE P., BELLATALLA M., PERILLI N., SANTINI U., 1992b. *La zona di giunzione tra l'arco appenninico settentrionale e l'arco appenninico meridionale nell'Abruzzo e nel Molise*. *Studi Geologici Camerti*, vol. spec., 1991/2: 417-441.
- SAMPALMIERI G., CIPOLLARI P., COSENTINO D., IADANZA A., LUGLI S., SOLIGO M., 2008. *Le facies evaporitiche della crisi di salinità messiniana: radioattività naturale della Formazione Gessoso-Solfifera della Maiella (Abruzzo, Italia centrale)*. *Boll. Soc. Geol. It. (Ital. J. Geosc.)*, 127: 25-36.
- SCHILDGEN T.F., COSENTINO D., FRIJIA G., CASTORINA F., DUDAS F.Ö., IADANZA A., SAMPALMIERI G., CIPOLLARI P., CARUSO A., BOWRING S.A., STRECKER M.R., 2014. *Sea-level and climate forcing of the Sr isotope composition of late Miocene Mediterranean marine basins*. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 15: 2964-2983.

VINCENZO PETRINI (*)

PAOLO SCANDONE E IL RISCHIO SISMICO ANNI DI COLLABORAZIONE E INTERAZIONE

ABSTRACT. – I met Scandone in the years of the Geodynamic Project: since then, the opportunities for collaboration and interaction with Paolo have been many, continuous and differentiated. I interacted with Paolo in the preparation of the “Seismic reclassification proposal of the national territory” (1980): I remember his exceptional ability to immediately grasp the typical aspects of disciplines different from his and his curiosity towards these aspects. I also shared some experiences with him in the countryside; for example, I still remember, in particular and with pleasure, the days dedicated (25, 26 and 27 February 1982) to a survey in the municipalities affected by the 1920 earthquake in Garfagnana: I remember his interest in my engineering considerations and, above all, his patience in making me understand geological structural aspects. Finally, I remember the discussions, sometimes heated but always friendly, in the years of the National Group for the Defense from Earthquakes, in which Paolo was responsible for the research line “Seismic Zonation and Seismic Reclassification”. Our interaction continued in different forms until 2015.

Il mio rapporto con Paolo si è articolato in tre periodi: gli anni del Progetto Finalizzato Geodinamica, gli anni del Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, gli anni post 1997. Di Paolo geologo hanno scritto e scriveranno altri, più qualificati di me; mi limiterò a ricordare alcuni momenti di collaborazione che mi hanno permesso di apprezzare le sue qualità umane e il suo impegno per le ricadute sociali del suo lavoro di ricercatore.

1976-1981 – GLI ANNI DEL PFG

È stato un periodo di importanti novità e trasformazioni, racchiuso tra due grandi terremoti: Friuli, 6 maggio 1976, e Irpinia-Basilicata, 23 novembre 1980.

(*) Politecnico di Milano.

In quegli anni, l'occasione di conoscere Paolo è legata alla gestazione della "Proposta di riclassificazione sismica del territorio nazionale" (Petrini *et al.*, 1980): gestazione abbastanza lunga, iniziata poco dopo il terremoto del Friuli e accelerata da quelli di Norcia (1979) e dell'Irpinia-Basilicata. Non vale la pena di soffermarsi sugli aspetti strettamente tecnico scientifici di quel lavoro; mi piace, invece, ricordare l'ampia discussione sugli aspetti di metodo e di filosofia; è anche grazie a Paolo se la proposta di riclassificazione si è basata, forse per la prima volta, su un misto di indicatori di pericolosità deterministici e probabilistici, sia pure con tutti i limiti delle conoscenze allora disponibili.

Nelle discussioni che hanno accompagnato questa gestazione, il contributo di Paolo è stato sempre lucido ed efficace. Questioni come:

- quale livello di protezione è più opportuno, tenuto conto dei costi che questo comporta e delle condizioni sociali ed economiche del paese;
- a chi spetta tale scelta: quale è il ruolo della "politica" e quale quello dei ricercatori;
- come gestire il debito di sicurezza arretrato legato alle condizioni delle costruzioni esistenti;
- chi deve sopportare i maggiori costi della progettazione antisismica;

che sono state evidenziate nella proposta, anche se non si è avuta la pretesa di dare risposte definitive, hanno visto una partecipazione di Paolo attiva ed efficace. Per dare un'idea del tipo e del livello della discussione riporto qui, in modo quasi integrale, una parte delle premesse e delle conclusioni della proposta.

In premessa si diceva:

Il criterio ispiratore della proposta di riclassificazione è dunque quello di individuare, sulla base delle conoscenze oggi disponibili, quelle parti del territorio nazionale la cui esclusione dalle aree nelle quali si applicano le norme per le costruzioni in zona sismica, appare ingiustificata se si confronta la loro pericolosità con quella dei Comuni protetti dalla normativa vigente; per tali parti si propone l'inclusione nell'attuale seconda categoria.

E anche:

Resta tuttavia aperto il problema di una ridefinizione globale della politica di prevenzione nei riguardi del terremoto.

Nelle conclusioni si legge:

Momenti decisionali sono infatti presenti in qualsiasi processo di questo tipo, ma è possibile, a discrezione degli operatori, renderli espliciti op-

pure “occultarli” all’interno del processo stesso, assimilandoli ad anelli di catene legati tra loro in modo consequenzialmente univoco e scontato.

Deve essere chiaro che in questo secondo caso le scelte vengono comunque eseguite dagli operatori, anche se in modo surrettizio.

Trattandosi, in questo caso come in altri, di decisioni che riguardano in generale tutta la società, non si ritiene opportuno proporre modelli e risultati in cui le decisioni vengono prese solo dai ricercatori.

Si preferisce, viceversa, cercare di allargare il confronto a tutte le istanze sociali interessate, proponendo il punto di vista dei ricercatori rispetto alla problematica ed alcuni elementi utili alla effettuazione delle scelte, evidenziando inoltre i momenti in cui vanno effettuate.

La scelta di fatto contenuta in questa proposta coincide con la decisione di estendere all’intero territorio i livelli di protezione impliciti nella classificazione vigente. I ricercatori, nell’assumersi la responsabilità, pretendono che venga affrontata al più presto, in modo esplicito, la questione della scelta del livello di protezione grazie ad un mutamento di prassi che riconsideri contestualmente modelli ed elementi decisionali, nonché sedi e soggetti dei processi in questione.

L’attività dei ricercatori impegnati nel PFG è continuata anche dopo la chiusura formale del progetto per mettere a punto i prodotti finali dello stesso.

Di questa fase ricordo tre giorni del febbraio 1982 passati con Paolo e Etta in giro per la Garfagnana visitando i comuni della zona maggiormente colpita dal terremoto del 1920, per preparare la mappa delle isosisme di quel terremoto (Fig. 1), confluita poi nell’Atlante delle isosisme dei terremoti italiani (Ferrari *et al.*, 1985): degno di nota, in quei giorni, è stato l’interesse di Paolo per gli aspetti ingegneristici legati al comportamento delle vecchie costruzioni in muratura e la sua pazienza per spiegare a me, quasi digiuno di geologia, gli aspetti geologici e geologico strutturali necessari per capire le differenze di risposta all’evento evidenti nei vari comuni che abbiamo visitato.

Forse mi sbaglio, ma personalmente sono convinto che questa curiosità di Paolo per discipline, anche abbastanza lontane dalla sua, gli ha consentito, quando ha deciso di trasferire la sua abitazione da Pisa a Calci di farsi carico anche dei lavori di miglioramento sismico della cascina in mezzo agli ulivi dove sarebbe andato ad abitare: ricordo che, quando nel corso di chiacchierate, che avevamo spesso dopo cena, mi chiedeva consiglio su quello che avrebbe voluto fare per la sua cascina, non potevo fare altro che condividere le sue scelte.

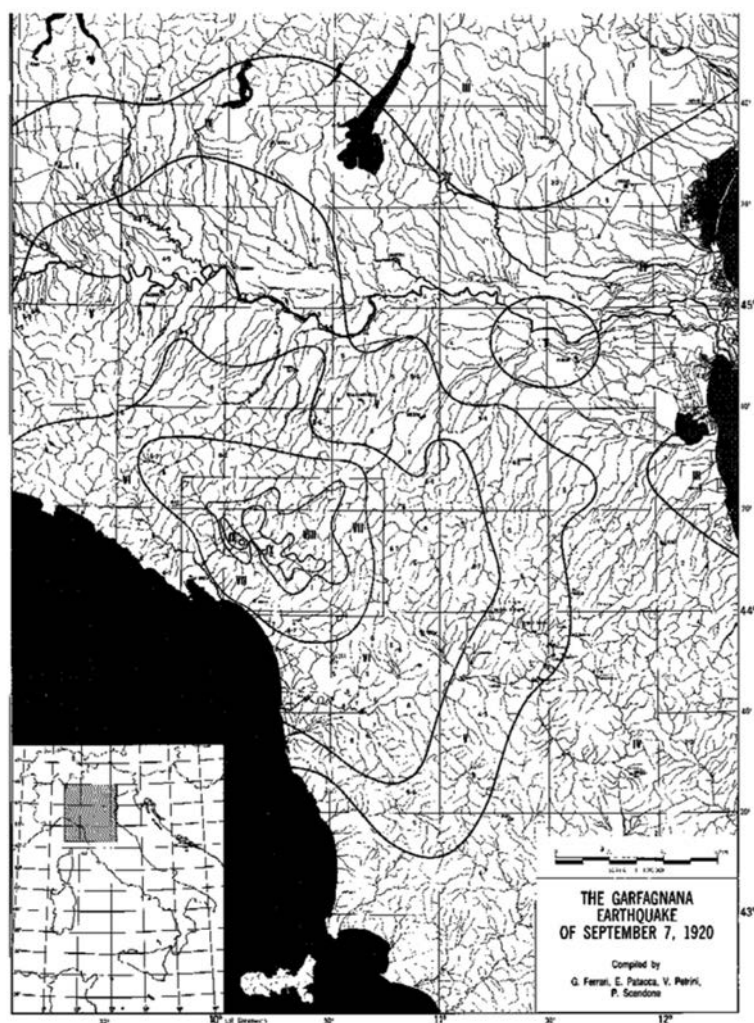


Fig. 1 – Mappa delle isosisme del terremoto del 1920 in Garfagnana.

1981-1984 e 1984-1995 – GLI ANNI DEL PRIMO E SECONDO GNDT

Di questo periodo, soprattutto negli anni del secondo GNDT nei quali Paolo è stato responsabile della linea di ricerca “Zonazione sismica e ri-classificazione sismica”, ricordo le discussioni, a volte accese ma sempre amichevoli, in occasione della stesura dei progetti esecutivi annuali e della conduzione della attività dei gruppi di lavoro nei quali si era articolata l’azione del GNDT. L’azione di Paolo è stata caratterizzata da una continua attenzione a tutti gli aspetti della vita del gruppo e non solo ai problemi della linea da lui coordinata.

Oltre alle collaborazioni per così dire “istituzionali” all’interno del Consiglio scientifico del GNDT, con Paolo ho avuto modo di collaborare per alcune attività in materia di pericolosità e rischio.

In particolare, ricordo il lavoro fatto con Paolo e Carlo Meletti per ricavare dalle molte mappe di isosime disponibili, modelli di attenuazione dell’intensità sismica con la distanza dall’epicentro caratteristici delle varie parti del territorio nazionale. Si è trattato di definire, a partire da un’intuizione di Giuseppe Grandori, i parametri di detti modelli caratterizzati dalla dipendenza della rapidità dell’attenuazione dall’intensità epicentrale, dall’azimuth oltre che, ovviamente dalle caratteristiche geologiche delle varie zone (es. zone vulcaniche). Anche in questo caso il contributo delle conoscenze di geologia strutturale di Paolo è stato determinante; si trova traccia di questa attività in alcuni rapporti tecnici, (ad esempio Meletti *et al.*, 1995) ormai di non facile reperibilità; le giornate passate insieme, all’ultimo piano del Dipartimento di Scienze della Terra di Pisa, a ragionare su mappe e carte sono ancor oggi ben impresse nella mia memoria.

1995-1996 – L’INIZIO DEL TERZO GNDT

Sono anni caratterizzati da molte discussioni sull’organizzazione futura della ricerca in Italia in materia di valutazione e diminuzione del rischio sismico, con tensioni e divergenze marcate che hanno portato alle dimissioni di Paolo (e non solo) dal Consiglio scientifico del GNDT con considerazioni che ho condiviso e condivido ancora oggi. Il cattivo ricordo che ho di quegli anni è in parte mitigato dal fatto di essermi trovato in accordo con Paolo su tutti gli aspetti più importanti della discussione e dalla continuazione di attività avviata con Paolo nel periodo precedente.

1997-2016 – GLI ANNI DELLA COLLABORAZIONE “INFORMALE”

La fine della partecipazione ai lavori del GNDT non ha significato la chiusura dei rapporti con Paolo, che sono continuati in maniera informale fino a tutto il 2015, anche se con minor regolarità: ci si incontrava per sviluppare ricerche nell’ambito di convenzioni stipulate insieme (Dipartimento di Scienze della Terra di Pisa, Istituto di ricerca sul rischio sismico del CNR prima e Dipartimento di ingegneria Strutturale poi) ma anche per scambiarsi opinioni e per dare un supporto alle iniziative della rete RESISM della quale parlerà Manieri.

Cito, di questo periodo, una convenzione stipulata con la Provincia di Livorno per la definizione di scenari di danno relativi a una parte del territorio della provincia: con Paolo si è lavorato alla scelta di tre eventi (uno considerato massimo e abbastanza improbabile, uno medio ed uno minimo molto più probabili), alla definizione della distribuzione spaziale dello scuotimento che incrociato con informazioni articolate sulla esposizione e sulla vulnerabilità hanno fornito informazioni utili per la redazione di un programma di previsione e prevenzione di protezione civile. I risultati sono confluiti in un rapporto tecnico congiunto dell'Istituto di Ricerca sul Rischio Sismico (IRSS) e del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Pisa (Petrini, 1998).

Il tutto sempre all'insegna della nostra profonda e sincera amicizia e della grande curiosità di Paolo per ogni aspetto scientifico. Grazie Paolo.

BIBLIOGRAFIA

- PETRINI V. (Coordinatore), BOSI C., BIGI G., EVA C., IACCARINO E., LUONGO G., POSTPISCHL D., PRATURLON A., RIUSCETTI M., SCANDONE P., SCARPA R., STUCCHI M., VEZZANI L., 1980. *Proposta di riclassificazione sismica del territorio nazionale*. CNR, Prog. Final. Geodin., pubbl. 361, 27 pp.
- FERRARI G., PATACCA E., PETRINI V., SCANDONE P., 1985, *The Garfagnana Earthquake of September 7, 1920*, in Postpischl D.(editor), *Atlas of isoseismal maps of Italian earthquakes*. CNR, Prog. Final. Geodin., 163 pp.
- MELETTI C., PETRINI V., SCANDONE P., 1995. *Valutazione della pericolosità sismica*. In: V. Petrini (a cura di): *Pericolosità sismica e prime valutazioni di rischio in Toscana*. CNR Istituto di Ricerca sul Rischio Sismico / Regione Toscana - Dipartimento Ambiente, Landini Ed. - Firenze, 3-36.
- PETRINI V. (a cura di), (1998). *Studio degli scenari di danno derivanti da eventi sismici ai fini della redazione del programma di previsione e prevenzione di protezione civile per la provincia di Livorno*. Rapporto tecnico IRRS/Dipartimento di Scienze della Terra - Pisa, Milano.

GIOVANNI MANIERI^(*)

PAOLO SCANDONE E IL RISCHIO SISMICO
IL RAPPORTO DI COLLABORAZIONE ED INTERAZIONE
CON LE ISTITUZIONI REGIONALI

ABSTRACT. – I met Professor Paolo Scandone firstly in the wake of the tragedy of the Irpinia/Basilicata earthquake of 23 November 1980. As Technical officer of the Emilia-Romagna Region, attending in the emergency places, I remember several meetings (conferences on the proposal for reclassification, seismic crises etc.) that were often opportunities for discussion / enrichment with Paolo and his rigorous issues. The conferences for the seismic zoning of national territory and the birth of G.N.D.T. of C.N.R. rose the occasions of the dialog with him, and the mutual respect and friendship. The constant connection with Prof. Scandone, until the first months of 2016, dealt with the common worry about organizing the seismic prevention, following a priority's appropriate assessment. Paolo's concerns and attention converged mainly on the need to overcome the ongoing involution of seismic prevention in Italy. In this context, Paolo's latest scientific contribution is a very simple but precious product, consisting of about twenty slides, compiled and commented on by himself, which with the title Geodynamic aspects for almost three years was a significant part of the teaching material currently used by the secondary schools interregional network for seismic education in the Emilia Romagna Region.

INTRODUZIONE

Voglio premettere che questo breve contributo vuole essere il ricordo di una persona che, lavorando in ambiti non accademici, si è trovata a collaborare con Paolo Scandone in un contesto rivolto soprattutto a problematiche sociali e ad ereditare da lui l'insegnamento di come un approccio teorico, scientifico e rigoroso, possa essere trasferito anche nelle attività rivolte a gestire e risolvere problemi pubblici, legati alla collettività. Ho avuto la possibilità di conoscere il Prof. Paolo Scandone immediatamente dopo la tragedia del terremoto del 23 novembre 1980 in Irpinia-Basilicata, con la contestuale scoperta – da parte di un allora giovane ed inesperto funzionario tecnico della Regione Emilia Romagna quale io ero – dell'esistenza del Progetto

^(*) Già dirigente del settore sismico della Regione Emilia-Romagna. Collaboratore volontario della rete interregionale RESISM tra scuole secondarie.

Finalizzato Geodinamica (P.F.G.) del C.N.R. Ebbi subito modo di notare la carica di positiva novità che tale progetto nazionale rappresentava. Mi sembrava un tentativo appassionato di coinvolgere ed aggregare competenze interdisciplinari presenti in diverse sedi universitarie e di ricerca italiane, oltre che la volontà e capacità di rivolgersi alle istituzioni e alla società civile.

Documento di preliminare e principale riferimento fu allora – e, a mio avviso, ancora resta – la relazione dei professori Franco Barberi e Giuseppe Grandori “Difendersi dai terremoti: la lezione dell’Irpinia”⁽¹⁾ presentata il 10 dicembre 1980 al Senato davanti al Presidente della Repubblica Sandro Pertini.

Frequenti furono le occasioni di confronto/arricchimento con Paolo Scandone e con le sue puntuali argomentazioni, esposte con chiarezza accattivante per chi aveva la fortuna di ascoltarle. Fra queste vorrei ricordare: i convegni regionali nel corso dell’anno 1981, riguardanti la proposta di riclassificazione sismica del territorio nazionale, i successivi incontri dopo la costituzione del Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti (G.N.D.T.) del C.N.R. diretto dal prof. Vincenzo Petrini e presieduto dal prof. Carlo Gavarini, il proficuo confronto per definire il testo dell’“Ordine del giorno sulle zone sismiche” poi approvato dalla Conferenza dei Presidenti delle Regioni, i protocolli d’intesa dello stesso G.N.D.T. con varie regioni.

Seguirono periodi – a volte anche molto lunghi – in cui non ci si incontrava di persona. Rimaneva la reciproca consapevolezza di poterlo fare in qualsiasi momento per riprendere un discorso solo momentaneamente sospeso e, quindi, per integrare e aggiornare precedenti riflessioni su tempi e modi di intervento, con accresciute stima ed amicizia.

IL PROGETTO IN DIFFICOLTÀ

Nei colloqui e incontri da me avuti con Paolo, a volte con la presenza del Prof. Vincenzo Petrini, fino a qualche mese prima della sua dipartita, le sue preoccupazioni (che facevamo nostre) convergevano soprattutto sulla necessità di superare lo stato di involuzione che già aveva attanagliato l’attività del P.F.G./G.N.D.T., che in questa fase appariva purtroppo sempre più lontana da quel clima di collaborazione e realizzazione dei primi tempi. Attività che aveva permesso di cominciare ad affrontare realmente le esigenze ormai a lungo trascurate di prevenzione sismica nel nostro Paese. In

⁽¹⁾ La prima parte della relazione è stata più di recente (2012) compresa nel documento *In memoria di Giuseppe Grandori: Sue riflessioni e indicazioni dopo i terremoti del 1980 (Irpinia-Basilicata) e del 2009 (Abruzzo, L’Aquila)*, documento tuttora incluso nella documentazione didattica diffusa attraverso le iniziative della rete RESISM http://www.iiscopernico.edu.it/mmedia-proj/int/Mostra-materiali_multimediali/In_memoria_di_Giuseppe_Grandori.pdf.

particolare, rimanevano un preciso riferimento le accurate e condivise valutazioni di priorità di rischio, come aveva già sottolineato da tempo e sempre ripetuto con chiarezza e forza il prof. Grandori.

Mi pare significativo a questo proposito, ricordare un documento del 1978 (consultabile nella Banca Dati del Centro di GeoTecnologie (CGT) dell'Università di Siena) nel quale Paolo scriveva: «Il Progetto Finalizzato Geodinamica ha individuato come obiettivi prioritari la difesa dagli effetti disastrosi dei terremoti e dei vulcani. La logica del Progetto Geodinamica è che difesa significa innanzitutto prevenzione del rischio, e prevenzione vuol dire opportuna pianificazione e/o ristrutturazione. Pianificare e ristrutturare in modo tale che il rischio per le persone e le cose sia ridotto al minimo è una scelta politica che avverrà quando la domanda sociale sarà tanto pressante da vincere contrastanti interessi economici; ma è compito specifico del ricercatore produrre gli strumenti tecnici di intervento e divulgarne la conoscenza tra i cittadini, favorendo così la crescita della domanda sociale»⁽²⁾.

Si tratta, come è evidente, di parole chiare e quanto mai attuali. Nel solco di queste raccomandazioni si inseriscono le due iniziative in corso nelle quali sono onorato di essere personalmente coinvolto.

LE INIZIATIVE E LA RETE TRA LE SCUOLE MEDIE

La prima iniziativa attiene alla crescita in corso della rete interregionale RESISM tra scuole secondarie rivolta alla riduzione del rischio sismico. Avviata con accordo sottoscritto nel gennaio 2015 tra otto Istituti (sei in Emilia-Romagna e due in Toscana) la rete coinvolge ad oggi trenta scuole secondarie di sette regioni con scuola capofila confermata nell'Istituto di Istruzione Superiore "Aldini Valeriani" di Bologna.

La Rete così organizzata ha potuto usufruire di materiale didattico e di laboratorio finora approntato da importanti collaborazioni volontarie, tra cui spicca, è inutile dirlo, quella del prof. Paolo Scandone che – fino a quando le forze lo hanno sorretto – ha voluto condividere e contribuire ad alimentare un sempre maggiore e organico rapporto con le giovani generazioni attraverso il mondo della scuola.

L'obiettivo fondamentale rimane quello di fare avanzare nella comunità una conoscenza e una consapevolezza diffuse degli scenari di rischio sismico. Uno degli ultimi impegni di Paolo Scandone è stato un prodotto molto semplice, ma come sempre rigoroso e prezioso, costituito da una serie di diapositive – da lui stesso preparate e commentate raccolte in un Documen-

⁽²⁾ Relazione introduttiva 1978 *Progetto Finalizzato Geodinamica – Sottoprogetto Modello Strutturale* <https://www.pconti.net/Scandone-Web/Scandone1978relazione.pdf>.

to dal titolo “Aspetti geodinamici”⁽³⁾. Questi materiali, già messi a disposizione nei numerosi incontri finora svolti con classi di ragazzi e relativi docenti, perpetuano il ricordo collettivo di Paolo.

In conclusione, vorrei lanciare un invito a rileggere l’articolo “Che cosa chiamiamo terremoto”⁽⁴⁾ scritto da Paolo – assieme a M. Bonafede e R. Ramboldi – nel lontano 1979 per la rivista *Sapere* (rintracciabile anche nel data Base del CGT). Uno scritto sicuramente rivelatore della sua innata capacità e voglia di parlare agli altri.

La seconda iniziativa, probabilmente già nota è la redazione di fine 2018 del documento “La prevenzione sismica in Italia: una sconfitta culturale, un impegno inderogabile”⁽⁵⁾ inviato – corredato dall’adesione di circa 150 personalità ed esperti – all’attenzione del Presidente della Repubblica che ha risposto manifestando “apprezzamento per il documento espressione di un patrimonio integrato di conoscenze e di uno spirito di impegno civile particolarmente significativo”. La situazione di mancata prevenzione, in particolare nelle aree a più alta pericolosità sismica, era e resta grave: l’incoraggiamento arrivato dal Presidente della Repubblica può e deve però costituire un punto di ripartenza.

L’anno 2018 appena trascorso è stato molto importante per la rete RESISM che – tramite la scuola capofila ed anche in attuazione del nuovo “Codice di protezione civile” (D.Lvo n. 1/2018) – ha sottoscritto, sia in Emilia-Romagna che in Basilicata, appositi PROTOCOLLI D’INTESA per la diffusione di conoscenza e consapevolezza della cittadinanza rispetto al rischio sismico. Si tratta di due documenti simili, nelle finalità e obiettivi delineati, con coinvolgimenti significativi:

- in Emilia Romagna, dell’Agenzia regionale di protezione civile e di ARPAE-Area di coordinamento dei Centri di educazione alla sostenibilità preposti – nei rispettivi territori – ai rapporti con le scuole,
- e, in Basilicata, dell’Ufficio regionale di protezione civile e dello stesso Ufficio Scolastico Regionale.

Mi piace pensare che questi due recenti atti formali possano essere visti anche come postumo, per quanto indiretto, riconoscimento alla sensibilità scientifica e sociale del prof. Paolo Scandone, grande geologo maestro e galantuomo.

Vorrei ringraziare il Comitato organizzatore del Convegno e l’Accademia dei Lincei. Un grazie particolare a Etta che ha voluto segnalarmi per portare il mio contributo al ricordo di Paolo.

⁽³⁾ <https://cspace.spaggiari.eu/pub/MOII0006/io%20non%20tremo/Appendice%201.ppt>.

⁽⁴⁾ <https://www.pconti.net/Scandone-Web/Bonafede1979terremoto.pdf>.

⁽⁵⁾ <http://www.sigeaweb.it/documenti/prevenzione-sismica-italia.pdf>.

GIORGIO V. DAL PIAZ^(*)

PAOLO SCANDONE, IL MODELLO STRUTTURALE D'ITALIA E LE ALPI

ABSTRACT. – Paolo Scandone has been a prominent and culturally influential protagonist of the Geological Sciences in Italy since the 1970s, and was a leading exponent among the young researchers who actively participated in applying the controversial New Global Tectonics in Italy. He also played a significant role in the “Structural Model of Italy, maps and explanatory notes” edited by Ogniben *et al.* (1975). Of more relevance was his role in the “Progetto Finalizzato Geodinamica” (1976-1982) as scientific director of the subproject “Three-dimensional Structural Model of Italy and Gravity Map at 1:500,000 scale” (1991-1993). The latter was a truly innovative event for the Italian Geosciences. The contribution of Paolo Scandone was fundamental to construct the complex legend of the Alpine geological map (sheets 1-3, partly illustrated here), and to solve some paleostructural and stratigraphic uncertainties. The legend describes the structural setting and stratigraphic features of the collisional belt, from the Adria-derived (Austroalpine, Southalpine) to the Europe-derived (Penninic, Helvetic-Dauphinois) basement and cover nappes and the intervening ophiolitic units. An open geographical information database of the Italian Structural Model is believed to be the best way to preserve the scientific heritage of Paolo Scandone.

PREMESSA

Paolo Scandone è stato certamente una delle figure più rilevanti e culturalmente significative della geologia italiana, dagli anni '70 del secolo scorso alla sua scomparsa. Allievo della rinnovata scuola napoletana fiorita sotto l'ala di Giuseppe Imbò, Francesco Scarsella e Felice Ippolito, Scandone fu esponente di spicco di quella generazione di giovani geologi che ebbe la fortuna di assistere, con curiosità e mente aperta, all'avvento della *New Global Tectonics*, per poi partecipare attivamente alle sue prime contrastate applicazioni e alla sua definitiva affermazione anche in Italia. Questo intervento è dedicato allo *Structural Model of Italy. Maps and explanatory notes*

(*) Linceo, già Università di Torino e Padova.

e al successivo *Structural Model of Italy and gravity map*, con particolare riferimento al settore alpino e ai contributi di Paolo Scandone.

Dopo la laurea, Scandone aveva potuto approfondire le sue conoscenze in tettonica e geodinamica con soggiorni al Politecnico di Zurigo (1968-1969), presso Kenneth Hsu, e soprattutto all'Università di Basilea (1973) per apprendere da Hans P. Laubscher le tecniche di base per l'analisi cinematica dei *thrust-and-fold-belts*. A Basilea ebbe anche l'occasione di conoscere e frequentare il petrografo Peter Bearth, esperto di ofioliti, metamorfismo e geologia alpina che in seguito passerà un anno all'Università di Napoli, ospite dell'Istituto di Geologia.

Nel periodo napoletano l'attività di ricerca di Scandone si rivolse in prevalenza ai rilievi di campagna, all'analisi stratigrafica e strutturale di dettaglio e alla ricostruzione dell'evoluzione dei bacini meso-cenozoici tipo Lagonegro-Pindos, sviluppati nel Triassico prima dell'apertura della Tetide oceanica e del collasso delle piattaforme carbonatiche periadriatiche. Queste ricerche, estese progressivamente dalla Sicilia alla Grecia, passando per l'Appennino, le Alpi, i Carpazi e le Dinaridi, sono documentate in numerose pubblicazioni coronate dalla sintesi *Triassic seaways and the Jurassic Tethys Ocean in the central Mediterranean area*, pubblicata nella prestigiosa rivista *Nature* (Scandone 1975).

Come racconta Antonio Pratlurion (questo volume), erano anni di grande fervore scientifico, caratterizzati dalla realizzazione del primo modello strutturale italiano, impresa veramente innovativa per le Scienze Geologiche nazionali del tempo.

STRUCTURAL MODEL OF ITALY - MAPS AND EXPLANATORY NOTES

Il primo modello strutturale d'Italia fu promosso e coordinato da Leone Ogniben, laureato in Scienze naturali e in Chimica all'Università di Padova, assistente di Giorgio Dal Piaz, poi geologo capo della Società Montecatini e infine professore ordinario all'Università di Catania. Il progetto fu presentato e discusso nel convegno internazionale *Moderne vedute sulla geologia dell'Appennino*, svolto all'Accademia Nazionale dei Lincei dal 16 al 18 febbraio 1972 (Autori Vari, 1973) e poi concluso nel 1975 con la stampa dello *Structural Model of Italy. Maps and explanatory notes* (Ogniben *et al.* 1975). Assieme ai giovani colleghi Bruno D'Argenio e Tullio Pescatore, Paolo Scandone si fece molto onore con ricerche originali sintetizzate nello *Schema geologico dell'Appennino meridionale* (D'Argenio *et al.* 1973) e nello *Structural pattern of the Campanian-Lucanian Apennines* (D'Argenio *et al.* 1975), contributi che innovavano sensibilmente il modello dell'Arco

calabro-peloritano sostenuto da Ogniben. Non è ancora del tutto svanito il ricordo di un severo contrasto scientifico che raggiunse livelli roventi quando Ogniben, invitato a Napoli per un seminario, fu oggetto di critiche molto serrate, del tutto inattese e male accolte dall'oratore.

Il modello strutturale è costituito da una carta tettonica e stratigrafica alla scala 1:1.000.000 e da note illustrative articolate in una serie di articoli tematici. La carta è suddivisa in due fogli (Nord e Sud), ciascuno allestito in due versioni: il Foglio 1 è arricchito con dati batimetrici e gravimetrici e con la ricostruzione 3D della base del Pliocene nel sottosuolo della Pianura padana e in Adriatico; il Foglio 2 con dati batimetrici, magnetici e sismici. La catena alpina è compresa nei Fogli Nord, ma è limitata al solo territorio nazionale. L'elaborazione del settore italiano delle Alpi fu affidata da Ogniben alla cura di un ristretto gruppo di geologi di fiducia: Carlo Sturani (Alpi occidentali), Pier Mario Rossi (Nord-Pennidico), Giorgio Pasquarè e Bruno Martinis (Alpi orientali), ancora Sturani e Pasquarè (Sudalpino). L'allestimento degli elaborati fu curato da Maurizio Parotto e Antonio Pratlurion e gli originali per la stampa furono disegnati da Giuseppe Bigi. Mi si consenta ricordare che l'immagine della dorsale Cervino-Dent d'Herens, stampata nella retrocopertina dei Fogli 1-2 Nord, è tratta da una mia diapositiva ripresa dalla vetta del Breithorn occidentale.

IL PROGETTO FINALIZZATO GEODINAMICA E IL NUOVO MODELLO STRUTTURALE

Particolarmente rilevante, impegnativo e fecondo di risultati innovativi fu il ruolo di Paolo Scandone nel varo e nell'esecuzione del *Progetto Finalizzato Geodinamica* del CNR (1976-1982), diretto dal geofisico Paolo Gasparini, per breve tempo dallo stesso Scandone e poi dal vulcanologo Franco Barberi: obiettivi principali la valutazione del rischio sismico e di quello vulcanico e il problema della loro mitigazione. Scandone assunse la direzione del *Sottoprogetto Modello strutturale tridimensionale*, moderno strumento per descrivere l'anatomia geologico-strutturale, la litostratigrafia e la morfologia del territorio nazionale e dei mari circostanti. Con la guida di Paolo Scandone, la sinergia di Carlo Morelli e la *governance* di Antonio Pratlurion, il Sottoprogetto concepì e realizzò tra il 1975 e la fine degli anni 80 lo *Structural Model of Italy and gravity map* alla scala 1: 500.000, prodotto emblematico di quella straordinaria ed irripetibile avventura che, come ricordato, coinvolse buona parte dei giovani ricercatori dell'epoca, impegnati a rivedere e innovare la geologia italiana. Decisivi furono il contributo intellettuale, la passione e la costanza di Paolo Scandone nell'indirizzare e

coordinare i numerosi gruppi di ricerca, non sempre in sintonia, organizzati su basi regionali dalle Alpi alla Sicilia: Università, CNR e Industria, alcune centinaia di geologi, geofisici e ingegneri, un'impresa grandiosa.

Lo *Structural Model and gravity map* è un insieme di sei fogli geologico-strutturali di grandi dimensioni (138 × 98 cm) e di tre fogli con le anomalie di Bouguer del territorio nazionale, piegati in formato 35.5 × 24.5 cm e raccolti in una elegante custodia. Le Alpi sono comprese nei Fogli 1 - 2 - 3; il loro taglio ha consentito di rappresentare l'intera catena delle Alpi, dall'avampaese europeo, con i Graben del Reno e de la Bresse, a quello padano-adriatico, in comune con Alpi Meridionali, Appennini e Dinaridi. In particolare, il Foglio 1 (Bigi *et al.* 1990a) si estende dalle intere Alpi occidentali a circa metà della Finestra dei Tauri, il contiguo Foglio 2 (Bigi *et al.* 1990b) dai Tauri al limite orientale della catena, al margine del Bacino Pannonico e a parte delle Dinaridi, mentre il Foglio 3 (Bigi *et al.* 1992), essenzialmente marino, comprende l'angolo sud-occidentale esterno dell'arco alpino, con il Flysch a Helmintoides, le Catene Subalpine e la Provenza.

Inoltre, il Foglio 2 contiene come inserti di varie dimensioni i documenti seguenti: i) *Geodynamic Sketch of the Italian Peninsula and surrounding areas* (Autore ignoto), ii) *Areomagnetic Map of Italy* (AGIP Exploration Services, 1990); iii) *Lithosphere-Asthenosphere System in Italy and surrounding regions* (Panza, Scandone, Calcagnile, Mueller, Suhadolc 1990); iv) *Moho Isobaths* (Nicolich, Dal Piaz 1990), mentre nel Foglio 5 è inserita copia della *Synthetic structural-kinematic map of Italy* alla scala 1:2.000.000 (Bigi *et al.* 1989), primo prodotto cartografico del Sottoprogetto. Bigi, Cosentino, Parotto, Sartori e Scandone hanno curato il coordinamento scientifico e l'editing del modello, affiancati dai comitati editoriali dei sei fogli, dai coordinatori e da una folta schiera di rilevatori riportati in Appendice e, in parte, in Fig. 1.

Seguendo la rappresentazione dello *Structural Model*, le Alpi sono una catena collisionale a doppia vergenza nella sezione crostale, ma asimmetrica a scala litosferica: la placca superiore è costituita dal margine attivo adriatico (africano) con i domini austroalpino e sudalpino; la placca inferiore, in subduzione, corrisponde alla litosfera oceanica ligure-piemontese e al margine continentale passivo europeo, con i domini prepiemontese, brianzonese ed elvetico-delfinese.

La rappresentazione della catena a vergenza europea è stata eseguita da chi scrive sulla base della legenda elaborata con Paolo Scandone. Sono state utilizzate la cartografia geologica ufficiale italiana, austriaca, francese, tedesca e svizzera, la *Carta geologica delle Alpi occidentali* al 1: 400.000 (Franchi *et al.* 1908), il suo derivato in chiave mobilista *Essai de carte structurale* delle Alpi occidentali al 1: 500.000 (Argand 1911), la carta e le sezioni al milione dell'intera catena (Staub 1924), la Carta tettonica della

Svizzera al 1: 500.000 (Spicher 1980), la Carta geologica della Valle d'Aosta al 1: 100.000 (Elter 1987) e numerose carte geologiche di dettaglio allegate a ricerche monografiche regionali o locali.

Per il Foglio 1 (Fig. 1) hanno fornito validi contributi i colleghi Messiga dell'Università di Genova (Gruppo di Voltri), Vanossi dell'Università di Pavia (Brianzonese Ligure), Pognante e Polino dell'Università e CNR di Torino (Valli di Susa e Lanzo), Bigioggero, Montrasio, Notarpietro e Potenza dell'Università di Milano (Val d'Ossola e Valtellina); per il Foglio 2: Gatto e Gregnanin dell'Università di Padova (Val Venosta-Passo del Brennero), Plöschinger (Northern Calcareous Alps) e Beck-Mannagetta (Northern Grauwackenzone) del GBA di Vienna. Le isobate della base dell'Oligocene e la *subsurface geology* dell'avanfossa della Molassa e dei bacini di Vienna e Graz sono state fornite da Rybach (ETH Zurigo), Kroll, Zych, Heller e Fluegel (OMG Vienna) e Kollmann (RAG Wien). Durante il procedere dei lavori l'assistenza di Paolo Scandone si rivelò costante e spesso decisiva per risolvere incertezze e locali problemi di cronologia, correlazione stratigrafica e pertinenza paleostrutturale.

La legenda del settore alpino, riportata in appendice, è la chiave di lettura per apprezzare l'impostazione, la struttura e il contenuto dello *Structural Model of Italy and gravity map* e per ottenere, di riflesso, un quadro preciso sullo stato dell'arte della geologia alpina raggiunto ai tempi del Progetto Geodinamica, in buona parte ancora valido. La legenda descrive la pila delle falde di ricoprimento traslate verso l'avampaese europeo, in successione da tetto a letto e dalle zone interne a quelle esterne. Per ciascuna di queste unità sono riportate le suddivisioni strutturali di rango inferiore e la stratigrafia di dettaglio, dalle coperture al basamento cristallino, con riferimenti alla paleogeografia, ai protoliti e alla loro evoluzione nel caso delle unità metamorfiche.

L'impostazione dello *Structural Model* segue, a grandi linee, la ricostruzione tridimensionale delle Alpi di Emile Argand (1924 a-b), riprodotta in Fig. 2, in cui le grandi unità austroalpine delle Alpi orientali, situate al tetto della catena orogenica, appaiono traslate verso occidente (*orogen parallel*) sopra il sottostante Sistema Sesia-Dent Blanche, ricoprimento pennidico VI di Argand, poi riferito al Sistema austroalpino delle Alpi occidentali (Dal Piaz *et al.* 1972). La geniale intuizione di Argand sui rapporti geometrici tra Alpi orientali e Alpi occidentali è stata ripresa e sviluppata da vari autori (e.g., Dal Piaz *et al.* 2003; Schmid *et al.* 2004; Dal Piaz 2010, con rif. bibliografici), mentre la concezione di una tettonica a grandi pieghe coricate, fisicamente continue, è stata in prevalenza sostituita da quella basata su meccanismi di taglio duttile e fragile. La parte sottostante della catena è costituita dalla complessa sutura del bacino ofiolitico ligure-piemontese e da varie falde pennidiche di origine europea, esposte in parte anche nel



Fig. 1 – *Structural Model of Italy and Gravity Map* alla scala 1: 500.000: frontespizio del Foglio 1 (dall’originale a colori), con ubicazione dei sei fogli in successione da sinistra a destra e dall’alto al basso.

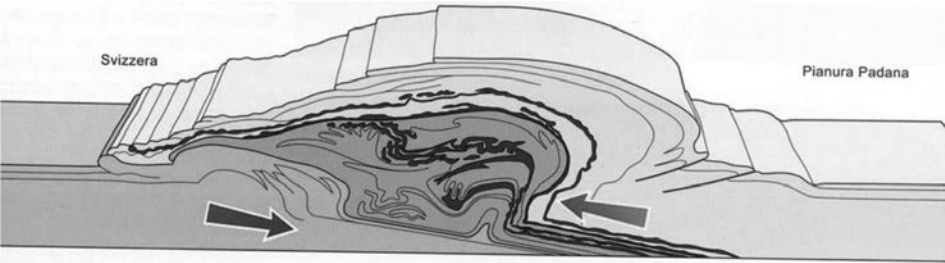


Fig. 2 – Schema tridimensionale sintetico delle Alpi di Emile Argand (1924 a-b). La figura mostra l’Austroalpino delle Alpi Orientali (bianco) traslato sopra i sei ricoprimenti per piega-falda della Zona Pennidica delle Alpi Occidentali (grigio con successioni di copertura e ofioliti in nero); il ricoprimento pennidico geometricamente più alto (VI: Dent Blanche, con radice nella Zona Sesia-Lanzo, VI’) è stato poi riferito all’Austroalpino delle Alpi Occidentali (Sesia-Dent Blanche). Alla base, nel settore frontale, gli embrioni delle scaglie e delle falde della Zona Elvetica. Notare, sulla destra, la retroflessione della zona radicale, indentata alla base, e le faglie inverse a vergenza padana delle Alpi Meridionali.

cuore della Finestra degli Alti Tauri. Queste unità sono caratterizzate da un tipico metamorfismo di subduzione in facies eclogitica e scisti blu, in parte obliterato dalla successiva sovraimpronta collisionale in facies scisti verdi e anfibolitica. Nel loro insieme, esse costituiscono il prisma collisionale austroalpino-pennidico a vergenza europea, esumato e poi accreto alla fronte dalle unità di basamento e copertura del dominio elvetico-delfinese. Il settore interno del prisma (zona radicale Auct.), delimitato dalle faglie del lineamento periadriatico, è punzonato e retroflesso dalla litosfera continentale delle Alpi Meridionali, caratterizzata a sua volta da deformazioni a vergenza padana e dall'assenza del metamorfismo orogenico alpino.

L'EREDITÀ SCIENTIFICA DI PAOLO SCANDONE

Lo *Structural Model of Italy and gravity map* ha quasi trent'anni di età, ma per parere di molti continua a essere la migliore carta geologico-strutturale a media scala dell'Italia peninsulare, delle isole e, in particolare, dell'intera catena delle Alpi, estesa sino all'avampaese europeo, alle Dinaridi e ai mari circostanti. Lo riconoscono, ad esempio, Schmid *et al.* (2004) nelle note a commento della loro *Tectonic map and overall architecture of the Alpine orogen*, affermando che “*Sheets 1 to 3 of the qualitatively outstanding maps published in the Structural model of Italy* (Bigi *et al.* 1990 a-b, 1992) *served as base maps*” per la loro carta tettonica a piccola scala, molto citata in letteratura.

Nonostante la notevole tiratura e il costo relativamente basso, il modello strutturale ha avuto una scarsa diffusione e poche citazioni, con riferimento in particolare a quelle dei ricercatori italiani (Dal Piaz, 2010). Due, a mio avviso, le cause principali: la mancanza di note illustrative e l'assenza di una versione digitale elaborabile e di facile consultazione.

Paolo Scandone lo aveva capito e, con Etta Patacca e i loro collaboratori, aveva presentato al Congresso Geologico Internazionale di Firenze un progetto di informatizzazione dello *Structural Model of Italy* (Scandone *et al.* 2004 a-b), ripreso nel 2006 e realizzato in forma preliminare, ma non concluso, poiché lasciava aperto il problema di elaborare una nuova legenda generale, unificando quelle distinte in ogni foglio. Si trattava, ricorrendo alle loro parole, “*di una versione preliminare di quello che sarà un progetto a lungo termine, atto alla progettazione e all'implementazione [...] di uno dei più completi ed omogenei dataset geologici dell'area del Mediterraneo Centrale*” (Scandone *et al.* 2006).

Il rilancio del progetto di informatizzare lo *Structural Model of Italy and gravity map* e di divulgarlo con un moderno webGIS on line è stato

sollevato, discusso e sostenuto durante il Convegno (Carmignani, questo volume): la sua realizzazione potrà essere uno strumento molto efficace per ricordare nel tempo e negli infiniti spazi della rete la straordinaria figura di Paolo Scandone e la sua eredità scientifica, assieme al lavoro, rimasto sostanzialmente oscuro, delle centinaia di ricercatori che, sotto la sua guida, hanno partecipato a vario livello a questa magnifica impresa. Potrà essere il punto di partenza per stimolare le Geoscienze italiane ad aggiornarlo, con l'auspicio che sia realizzato nell'ambito di nuove iniziative aggreganti e innovative di grande respiro come fu il Progetto Finalizzato Geodinamica. In fiduciosa attesa, grazie alla cortesia del *past-president* Carlo Doglioni e all'efficienza della Segreteria, i sei fogli sono ora consultabili ad alta risoluzione nel sito della Società Geologica Italiana.

APPENDICE

Principali partecipanti al Sottoprogetto Modello Strutturale Tridimensionale e alla elaborazione dei sei fogli dello *Structural Model of Italy and Gravity Map* con la guida di Paolo Scandone:

- i) *Scientific Coordination and Editing*: G. Bigi, D. Cosentino, M. Parotto, R. Sartori e P. Scandone.
- ii) *Editorial Board - Foglio 1 (1990)*: G. Bigi, A. Castellarin, M. Coli, G.V. Dal Piaz, P. Scandone, G.B. Vai (Fig. 1); *Foglio 2 (1990)*: G. Bigi, A. Castellarin, M. Coli, G.V. Dal Piaz, G.B. Vai; *Foglio 3 (1992)*: G. Bigi, M. Coli, D. Cosentino, G.V. Dal Piaz, M. Parotto, R. Sartori e P. Scandone; *Foglio 4 (1992)*: G. Bigi, M. Coli, D. Cosentino, M. Parotto, A. Praturlon, R. Sartori, P. Scandone e E. Turco; *Foglio 5 (1991)*: G. Bigi, D. Cosentino, M. Parotto, R. Sartori e P. Scandone; *Foglio 6 (1991)*: G. Bigi, G. Bonardi, R. Catalano, D. Cosentino, F. Lentini, M. Parotto, R. Sartori, P. Scandone e E. Turco.
- iii) *Regional coordinators nei fogli in cui sono raffigurate le Alpi (Fig. 1) - Foglio 1*: G.V. Dal Piaz (Alps and European foreland), A. Castellarin (Southern Alps), M. Boccaletti (North-Apennines), A.G.I.P. Mineraria (Po Plain subsurface geology), R. Sartori (marine areas); *Foglio 2*: G.V. Dal Piaz (Alps), M. Boccaletti (Northern Apennines), A. Castellarin (Southern Alps), P. Raffaelli (Dinarides); *Foglio 3*: M. Boccaletti (Northern Apennines), G.V. Dal Piaz (Alps), M. Manfredini (Central and Southern Apennines e forse Sicilia), R. Nardi (Corsica), R. Sartori (marine areas).

LEGENDA

Con riferimento alle Alpi e alla legenda delle unità cartografate nei Fogli 1-2 dello *Structural Model of Italy*, riportiamo le suddivisioni strutturali di vario rango, i titoli delle unità tettono-metamorfiche e stratigrafiche, in lingua inglese come nell'originale, e una descrizione sommaria delle varie caselle. La ricchezza del dato

stratigrafico è documentata da 109 caselle nel Foglio 1, relativo ad oltre due terzi della catena, da 54 caselle nel Foglio 2 e da 17 caselle nel Foglio 3, molte con 2, 3 o 4 suddivisioni interne.

EUROPE-VERGING OROGENIC SYSTEM

Catena alpina, avanfossa della molassa e avampaese mesoeuropeo. Età delle deformazioni compressive: Cretacico-Neogene.

ALPS

Pila di falde di copertura e basamento con, da tetto a letto, il Sistema Austroalpino di origine paleoafricana, le unità ofiolitiche Ligure-Piemotesi e Vallesane delle Alpi occidentali e delle finestre tettoniche di Engadina, Alti Tauri, Bernstein e Rechnitz, e le unità Penniniche ed Elvetico-Delfinesi di origine paleoeuropea, derivate dalla chiusura della Tetide e dalla collisione continentale tra Africa ed Europa. Età delle deformazioni compressive: Cretacico Superiore-Paleocene per l'evento tettonometamorfico eoalpino (HP-LT), Eocene-Oligocene Inferiore per quello barroviano in facies scisti verdi-anfibolitica, Neogene per gli eventi tardoalpini e per la rotazione antioraria delle unità situate nell'angolo sud-occidentale della catena. La connessione tra Alpi Orientali e Carpazi è collassata durante l'apertura neogenica del Bacino Pannonico.

Late and post-orogenic deposits and magmatic rocks - Comprendono: i) Undifferentiated continental deposits, Quaternario; Continental deposits and piggy-back basins on Alpine units, Pliocene; Valensole conglomerate, Pliocene-Miocene sommitale; depositi marini-continentali (yellow molasse) e lacustri (red molasse), Miocene-Oligocene. ii) "Molasse foredeep": prisma di depositi detritici forniti dall'erosione della catena alpina, comprese le thrust units della Subalpine molasse e della Tabular-Folded molasse, Miocene inf.-Oligocene (Eocene finale nel settore orientale). iv) Molassa indifferenziata e depositi carsici del Giura, Terziario; clasti di lawsonite e anfiboli sodici, detrito di ofioliti metamorfiche, Oligocene; tufi basaltici e bentoniti vulcaniche nella molassa, Miocene.

Periadriatic calc-alkaline postcollisional magmatic belt - Suite di prevalente età oligocenica, estesa dalla bassa Valle d'Aosta al margine sloveno, in cui sono distinti i plutoni, i filoni (asterischi) di andesiti, dacici, shoshoniti e minori lamprofiri potassici e le coperture vulcanoclastiche discordanti. Periadriatic plutons: Traversella, Biella, Bregaglia, Adamello, Vedrette di Ries e corpi minori, di prevalente età oligocenica, eocenica per l'Adamello.

ALPINE UNITS

Canavese Zone – Delimitata dalle due linee tettoniche omonime, è situata tra le Alpi a vergenza europea e le Alpi Meridionali a vergenza padana (Foglio 1), inserita nelle Unità Alpine per l'affinità austroalpina delle successioni triassico-cretaciche e la presenza di tracce di un metamorfismo eoalpino. Vi sono inoltre

rioliti e depositi metaclastici permiani e frammenti di un basamento cristallino con paragneiss, metabasiti, graniti deformati e scaglie di peridotiti di mantello serpentinizzate.

Austroalpine Units of the Eastern Alps – Complesso sistema tettonico esteso per 400 km dalla Svizzera orientale ai bacini di Graz e di Vienna. Situato a tetto della catena sul margine adriatico, l'Austroalpino orientale è caratterizzato da una struttura a falde con metamorfismo eoalpino, sigillata in discordanza dagli "Strati di Gosau" (Senoniano-Eocene), poi deformata da ulteriori eventi tettonici. Comprende: i) "Upper Austroalpine Northern Calcareous Alps", insieme di grandi falde di copertura (Juvavikum, Tirolikum, Bajuavikum) con successioni carbonatiche di piattaforma alternate a successioni bacinali, ereditate dal rifting mesozoico e simili alle successioni sudalpine; ii) "Upper Austroalpine Paleozoic Units" (Landek, Veitsch, Noric, Gurktal, Graz) con unità terrigene, vulcaniche e carbonatiche di età devoniano-westfaliana, metamorfismo di basso grado varisico e alpino, associate coperture permo-mesozoiche; iii) "Upper Austroalpine Basement Units", insieme di grandi falde di basamento e minori unità permo-mesozoiche (Oetzthal nel Foglio 1, Muriden, Sekauer Alpen, Seen, Koriden e Pohorje nel Foglio 2); in base ai dati cronologici e alle convinzioni del tempo in favore di una orogenesi caledoniana (cambro-ordoviciano) anche nelle Alpi, poi lasciata cadere, la legenda segnala la presenza dei seguenti eventi: metamorfismo caledoniano di alto grado, magmatismo tardo-caledoniano, sovraimpronta ercinica di medio-basso grado e metamorfismo eoalpino con associazioni eclogitiche poi risultate sia alpine che eovaristiche; iv) "Lower Austroalpine Units": unità permo-mesozoiche e basamento polimetamorfico (Err-Bernina e Campo, Innsbruck Phyllite e parte della Zona di Matrai nel Foglio 1; Radstatt, Semmering e Wechsel nel Foglio 2); v) "Margna nappe": unità di basamento e copertura, situata tra il sistema Err-Bernina e l'unità ofiolitica Platta-Arosa (Liguride?), a tetto, e l'unità ofiolitica Malenco-Avers (Piemontese) a letto; è riferita all'Austroalpino inferiore delle Alpi Centrali (Foglio 1) ed è correlabile, su base geometrica e in parte litologica, alla Falda Dent Blanche (Staub, 1957; Dal Piaz et al., 2003; Schmid et al., 2004).

Austroalpine System of the Western Alps – Sistema tettonico Dent Blanche e Sesia-Lanzo, di origine africana (adriatica), di cui sono distinte le unità superiori (Valpelline e 2nd diorite-kinzigite units) di crosta continentale profonda con metamorfismo prealpino di alto grado e le unità inferiori di basamento (Arolla Series, Permian gabbros, Gneiss Minuti complex, Eclogitic micaschist complex) e copertura (M. Dolin e Roisan Zone). Anche se non esplicitato in legenda, la carta mostra la differente posizione strutturale dei lembi non eclogitici Dent Blanche-Mont Mary-Pillonet e quella dei sottostanti lembi eclogitici M. Emilius, Glacier-Rafray, Tour Ponton, Santanel e Chatillon, i primi situati a tetto della Zona Piemontese, i secondi al suo interno.

Piemont-Ligurian ophiolitic nappe system and related Flysch Units – Falde derivate dalla chiusura del bacino piemontese-ligure (sic), con estese sezioni di litosfera oceanica, calcescisti terrigeni e carbonatici e subordinate unità esotiche, scoliate dalle coperture permo-mesozoiche dei margini continentali; tipico metamorfismo di subduzione (in facies eclogitica o scisti blu), riferito all'eoalpino in base

alle datazioni radiometriche del tempo, in realtà terziario. Comprende: i) Helmin-toid Flysch Units, unità della Liguria occidentale, Parpaillon e Autapie, con suc-cessioni del Cretacico Sup.-Eocene; ii) Oceanic Units: Platta-Arosa, Erro-Tobbio, Crevasco-Montenotte, unità indifferenziate delle Alpi occidentali e centrali, con distinte coperture sopraofiolitiche, locali quarziti a Mn, metabasalti e metagabbri; lherzoliti di mantello e serpentiniti con inclusi corpi eclogitici; iii) Undifferentiated Calcschists Units: metasedimenti carbonatici e terrigeni con prasiniti stratoidi, oli-stostromi, relitti di sezioni oceaniche e di successioni preofiolitiche; iv) Cover units of ocean facing continental edges: unità di scollamento derivate dal margine penni-dico interno (Prepiemont) e dal margine austroalpino esterno (Ultrapiemont), costi-tuite da flysch eocenico (?), cherts, calcescisti silicei e brecce (Malm-Neocomiano), calcari pelagici e altre brecce (Lias-Dogger), dolomie, marmi e brecce (Triassico), quarziti e scisti (Permiano-Eotrias). La prima unità è di pertinenza ligure, le altre tre corrispondono rispettivamente alla Zona di Zermatt-Saas (eclogitica), alla so-vrastante Zona del Combin (scisti blu) e all'interposta Unità Pancherot-Cime Bian-che-Bettaforca di origine continentale e affinità austroalpina, termini non specificati in legenda.

Pennine Nappe System – Potente pila di falde derivate, con inversione delle faglie distensive del rift mesozoico, da vari settori raccorciati del margine paleo-europeo: sono riferibili al margine assottigliato contiguo all'oceano (Pennidico superiore, Prepiemont, Prepiemontese), agli alti strutturali basculati del dominio Brianzone (Pennidico medio), alla Fossa vallesana e alle Unità di copertura e basamento vallesane e lepontine (Pennidico inferiore): i) Upper-Pennine Units: Dora Maira, Gran Paradiso, Monte Rosa e Suretta basement nappes (Foglio 1), con metamorfismo eclogitico eoalpino (in realtà eocenico) e pervasiva sovraim-pronta barroviana di età eocenico sup.-oligocenica; principali distinzioni: limitate coperture posterciniche, basamento prewestfaliano di alto grado con micascisti, marmi, metabasiti, paragneiss e migmatiti, gneiss occhiadini e metagranitoidi da protoliti tardoercinici. Nella Finestra dei Tauri (Fogli 1-2) sono distinte le prin-cipali unità metamorfiche di copertura e basamento, tra cui le successioni me-sozoiche della Greiner-Wolfendorf-Seidwinkel thrust unit, i metagranitoidi per-mo-carboniferi e i parascisti pregranitici dello Zentral Gneiss, con le Sonnblick, Granatspitz, Holitor, Hochalm-Ankogel basement units, le unità paleozoiche dell'Habac Series e le caratteristiche "Lamellae" di prevalenti gneiss granitici. ii) Middle-Pennine Units: Sistema tettonico del Gran San Bernardo e falda Tambò nelle Alpi Centrali; nel Gran San Bernardo sono distinte le classiche successio-ni brianzonesi di copertura, meso-cenozoiche, il tegumento vulcano-sedentario permo-carbonifero, varie unità interne e intermedie-esterne del basamento poli-metamorfico, con parascisti a relitti prealpini di alto grado, ortogneiss derivati da granitoidi ercinici e più antichi, metamorfismo alpino in facies scisti blu e/o scisti verdi. Al dominio brianzone s.l. sono attribuibili le sequenze giurassico-pale-oeniche delle falde di scollamento Falknis, Sulfluh e Tasna nelle Alpi Centrali, l'unità Roz-Champatsch e la falda di Schams. iii) Subbrianconnais Decollement Units: unità meso-cenozoiche di copertura delle Alpi italo-francesi, al limite tra il dominio brianzone e quello elvetico-delfinese, scollate in prevalenza lungo le evaporiti del Keuper. iv) Penninic Flysch Units nelle Alpi svizzere e austria-

che: falde di scollamento derivate dalla chiusura della fossa vallesana o di origine dibattuta; Wagital Unit, in prevalenza del Cretacico Sup., Arblatsch-Lenzerheide and Praetigau Units dell'Eocene Inf.-Turoniano, origine piemontese o vallesana; Sardona Unit, successioni paleocenico-oligoceniche inf. di provenienza vallesana esterna o ultraelvetica. v) Valais Units of Briga-Sion-Courmayeur Zone: scaglie embricate e unità di scollamento di provenienza dibattuta, basamento ignoto; Versoyen-Roignais Unit, prasiniti, metabasalti a pillows, serpentiniti e calcescisti di probabile età cretacea e provenienza vallesana, con associate rocce di basamento; Pierre Avoi-Cols imbricate sheets, melange tettono-stratigrafico alla fronte della Zona brianzone; Ferret e Moutiers sheets, successioni sedimentarie in prevalenza cretache, riferibili al settore centrale del bacino vallesano; Tarentaise unit: flysch, brecce sedimentarie e calcari cretaci con scaglie permo-giurassiche basali, provenienza vallesana interna. vi) Valais Calcschists and Lepontine basement nappes: calcescisti indifferenziati e minori ofioliti del Vallese, in falde, scaglie e sottili unità intercalate tra le falde di basamento penniniche inferiori, analoghe successioni nei Grigioni e nella Finestra dell'Engadina, derivate dalla chiusura del Bacino vallesano o nord-penninico; metamorfismo postfalda da scisti verdi alla facies anfibolitica in Ossola-Ticino; in carta sono distinti: Valais calcschists units, Lepontine basement nappes (Maggia, Bellinzona-Dascio-Gruf, Adula), Lower Pennine nappes (Monte Leone, Pioda-Crana, Lebendun, Antigorio-Simano), Infrapennine basement nappes (Verampio e Lucomagno-Leventina) che costituiscono le unità geometricamente più profonde esposte nell'intera catena collisionale.

Prealpine decollement nappe system – Classiche falde di scollamento delle Prealpi Romande e del Chiabrese e minori Klippen, patria della rivoluzione mobilista, derivate dal bacino piemontese-ligure e dal margine continentale europeo, emplacement eocenico-oligocenico sup. a livelli superficiali, deformazioni postfalda neogeniche. Comprendono: i) Upper Prealpine nappes, provenienza piemontese-ligure: Gets, Simme, Platten, Gurnigel-Schlieren e Habkern Units, in prevalenza arenacee, Flysch a Helmitoides con il conglomerato di Mocausa, Cretaceo-Eocene medio, olistoliti e detrito di ofioliti; ii) Breccia nappe, prepiemontese, Triassico-Paleocene; Mediane Rigide e Plastiche, affinità rispettivamente brianzone e subbrianzone, Triassico medio-Eocene; iii) Submediane and Niesen nappes, provenienza vallesana, melange tettono-sedimentario la prima e flysch cretacico sup. la seconda, con sequenze triassico-giurassiche pre-flysch e scaglie di basamento.

Dauphinois-Helvetic system – Falde di scollamento, coperture aderenti e unità di basamento derivate dal margine europeo e accrete alla fronte del Prisma collisionale austroalpino-penninico; metamorfismo regionale barroviano oligocenico-neogenico da anchizionale a scisti verdi e locale facies anfibolitica (Gottardo). Principali unità cartografate: i) Ultradaphinois sheet units, situate nelle Alpi Cozie all'interno dei massicci Pelvoux-Belledonne: serie di scaglie scollate lungo orizzonti del Keuper, di flysch arenaceo priaboniano, conglomerato basale priaboniano-luteziano, calcari triassico-oxfordiani, depositi clastici permiani, olistoliti (scaglie) di rocce carbonifere e di basamento. ii) Ultrahelvetic nappes, cover and basement units: sedimenti indifferenziati delle falde di scollamento ultra-

elvetiche (Cretacico-Eocene), con scaglie radicali, unità di copertura (prevalente Triassico-Giurassico) e Verrucano Permiano; basamento: leucograniti e granofiri del M. Chetif (Courmayeur) e massiccio del Gottardo (Alpi centrali), con il granito di Rotondo, ortogneiss da granitoidi varisici e più antichi, paragneiss, anfiboliti e ultramafiti. *iii*) South-Helvetie decollement units: sparsi affioramenti in Svizzera orientale di una zona a scaglie di prevalente flysch cretacico-eocenico. *iv*) Helvetic decollement nappes and basement units: falde di scollamento di prevalente flysch eocenico sup.-oligocenico inf. e sequenze carbonatiche mesozoiche, emplacement oligocenico e deformazioni polifasiche successive: Wildhorn, Border Chain, Niederhorn, Drusberg, Santis Units e root sheets; sottostanti Diableret, Gellihorn, Axen, Muertschen, Glarus Units; principali litotipi: grovacche e flysch arenaceo, Eocene-Oligocene inf.; Glarus Verrucano, Permiano; Massiccio di Tavetsch, relitto del basamento delle falde elvetiche situato tra Aar e Gottardo. *v*) Subalpine Chains and Dauphinois-Helvetic cover units: successioni di copertura estese lungo l'arco delle Alpi occidentali, con deformazioni in prevalenza oligocenico-plioceniche, tra cui la piega coricata dell'unità Morcles-Doldenhorn, Wildflysch, i flysch marnoso-arenacei di Ventimiglia, Annot, Clumanc, Champsaur, Taveyanne e Nord-Elvetico, età eocenico-oligocenica inf., con clasti di andesiti e diabasi, calcari nummulitici, successioni carbonatiche mesozoiche e locali spiliti triassiche (Pelvoux). *vi*) Late-Hercynian deposits and basement units of the Hercynian Massifs o "massicci esterni" dell'elvetico: Argentera, Pelvoux, Belledonne, Monte Bianco, Aiguilles Rouges, Aar e Gastern, caratterizzati da eventi polifasici prealpini e alpini e da esumazione neogenico-pliocenica. Tra i principali litotipi descritti nelle 22 suddivisioni delle 7 caselle, si riconoscono: *a*) successioni clastiche, vulcanoclastiche e vulcaniche permiane, scisti neri carboniferi; *b*) graniti tardo-ercinici (Argentera), monzograniti e leucograniti (Argentera, Monte Bianco), graniti e granodioriti debolmente foliati (Aar), Permocarbonifero; *c*) graniti e migmatiti erciniche (Gastern e Lauterbrunner-Innenkirchen), ortogneiss da granitoidi ercinici e ordoviciano-siluriani, granodioriti gneissiche ricche in cordierite (pinite) e altri ortogneiss; *d*) scisti con fossili carboniferi e cambriani, paragneiss di alto grado, migmatiti con relitti di eclogiti e granuliti, Precambriano-Paleozoico inf.; *e*) blastomiloniti e zone di taglio in prevalenza prewestfaliane; *f*) rocce basiche antiche e scaglie di peridotiti serpentizzate.

Nel Foglio 2 le Falde elvetiche sono limitate a discontinui affioramenti nel settore esterno della catena, come strips e piccole finestre a contatto o al di sotto dei Flysch nord-pennidici; anche in questo settore la loro messa in posto è in prevalenza oligocenica, seguita da importanti deformazioni neogeniche; prevalgono le sequenze di piattaforma carbonatica, cretacico-eoceniche, e le scaglie embricate dei Gresten Klippen (Ultraelvetic?), con successioni liassico-eoceniche di calcari, quarziti, argilliti, brecce sedimentarie, silt con carbone e marne variegate.

Jura Belt – Catena pellicolare arcuata di età miocenico-pliocenica, situata all'estremità nord-occidentale delle Alpi, all'esterno dell'avanfossa della Molassa; è costituita dalla "Thin-skin thrust unit" del "Folded Giura", con prevalenti successioni carbonatiche giurassico sup.-cretaciche, scollate dal basamento europeo lungo orizzonti incompetenti triassici, e dalle sequenze sedimentarie mesozoiche del "Tabular Giura".

Mesoeuropean Foreland - Crosta continentale dell'avampese europeo, con i rift oligocenici, la copertura epivarisica mesozoica e i massicci cristallini. Sono distinti: *i*) Rhine rift systems and related volcanics con sedimenti sin e postrift e le vulcaniti neogeniche del Kaiserstuhl e di Hegau; *ii*) Epivarisican tabular and deformed cover: calcari giurassici, scisti argillosi, arenarie rosse ed evaporiti triassiche, fortemente deformati a contatto col Giura; *iii*) Serre, Vosges and e Black Forest uplifted massifs, descritti da 6 caselle con 20 suddivisioni interne, tra cui: depositi clastici permiani e molassa discordante del Carbonifero sup., corpi vulcanici e intrusivi permo-carboniferi, basamento più antico estremamente complesso, riferibile a eventi varisici e caledoniani, rappresentato in dettaglio nella carta.

AFRICA-VERGING OROGENIC SYSTEM

Comprende le thrust units e le falde derivate dal margine continentale africano (Alpi Meridionali, Dinaridi e Appennini), le avanfosse del Sudalpino e degli Appennini e l'avampese padano-adriatico. Età delle principali deformazioni compressive: Paleogene (o prima) e Neogene per le Alpi Meridionali, Paleogene per le Dinaridi, Neogene per gli Appennini. Il limite tra Dinaridi (dirette NW-SE) e Alpi Meridionali (dirette E-W) è posto convenzionalmente lungo il confine Ita-lo-Jugoslavo; direttrici dinariche sono tuttavia ben rappresentate nelle Alpi Meridionali (Friuli-Dolomiti), in Austroalpino e nel settore orientale della finestra dei Tauri.

SOUTHERN ALPS

Si estendono per circa 700 km dalla Linea del Canavese alle Dinaridi, suddivise in un settore piemontese-lombardo e in un settore veneto-friulano, separati dal fascio tettonico trasversale delle Giudicarie. Espongono una sezione completa e in prevalenza ben preservata del margine continentale adriatico, dalla crosta inferiore della Zona Ivrea-Verbanò a quella intermedia-superiore della Serie dei Laghi e del basamento lombardo-veneto, al Paleozoico della Catena Paleocarnica e alle coperture permo-cenozoiche, in una paleostruttura caratterizzata da una successione in senso est-ovest di alti strutturali e di bacini, espressione della tettonica distensiva permo-triassica e giurassica. La tettonica compressiva alpina è documentata dal Cretacico Sup. al Quaternario: le prime deformazioni hanno vergenza europea (Carnic range), mentre quelle a vergenza padana (SSE) si sviluppano nel Terziario a sud del Lineamento Periadriatico; verso est, la piattaforma carbonatica friulano-adriatica mostra deformazioni con trend dinarici NW-SE. Principali fasi compressive dall'interno all'esterno delle Alpi Meridionali: Paleogene (e precedenti), Tortonian, Messiniano-Pliocene, Pleistocene, Neotettonica.

Late-and post-orogenic deposits of the chain, foredeep and foreland postdating the Tortonian (western sector) and Messinian-Pliocene tectonic events.

Depositi quaternari indifferenziati; depositi terrigeni di Biella, Varese e Como, Pliocene; conglomerati prevalentemente calcarei (Conglomerati Pontici Auct.) di Brescia e Salò, Tortoniano-Pliocene, in prevalenza messiniani (settore occidentale).

SOUTHERN ALPINE UNITS

Clastic deposits, sedimentary and magmatic rocks predating the Messinian-Pleistocene tectonic events (eastern sector) or Tortonian tectonic event (western and central sectors) and postdating the upper Cretaceous and/or Eocene tectonic phases - Tra cui: *i*) Eastern Sector (in prevalenza nel Foglio 2): depositi argillosi di Cornuda (Pliocene), conglomerati del Montello e Vittorio Veneto, Molassa catiana Auct., torbidi silicoclastiche e nummulitiche di Belluno e Vittorio Veneto; *ii*) Central Sector: conglomerati e arenarie di Monte Parei (Cortina d'Ampezzo), calcari nummulitici con vulcaniti basaltiche e minori conglomerati, vulcaniti alcaline dei Monti Lessini-Trentino, corpi subvulcanici dei Colli Euganei, Paleogene; *iii*) Western Sector: Gruppo della Gonfolite Auct.; batolite dell'Adamello (30-40 Ma) e apofisi di Miagliano (31 Ma), appartenenti alla "Periadriatic magmatic belt", con distinzione di graniti-granodioriti, tonaliti e gabbri.

Sedimentary and magmatic rocks predating the upper Cretaceous and/or Eocene tectonic phases and postdating the Hercynian orogenesis - Formazione nel Liassico di bacini con crosta continentale assottigliata a ovest (Bacino lombardo) ed a est (Bacino bellunese-giulio) del Plateau di Trento. *i*) Mainly Cretaceous turbidites in bacini diretti E-W (settore E) e NE-SW nelle Giudicarie (Cretacico Sup.) e nel settore centro-settentrionale (Albiano-Aptiano); *ii*) Mainly Mesozoic basinal and pelagic deposits: calcari pelagici e radiolariti, Giurassico inf.-Eocene (settore W) e Cretacico (settore E); sequenze condensate e calcari nodulari (e.g. Ammonitico Rosso Auct.) nel plateau centrale, Giurassico medio-Cretacico; depositi di scarpata in prevalenza norico-liassici o norico-cretacei/eocenici.

Triassic Cycle - Primo riassetto della paleogeografia prealpina (tralasciando la tettonica distensiva permiana): *i*) Platform and basinal deposits: prevalenti carbonati, Anisico p.p.-Carnico; conglomerati vulcanici discordanti (Dolomiti); depositi incompetenti, evaporiti, orizzonti di scollamento (Strati di Raibl l.s. Auct.); *ii*) Shoshonitic basalts: colate, breccie, hialoclastiti, corpi subvulcanici, conglomerati e arenarie vulcaniche, Ladinico-Carnico; Mainly granites and monzonites di Predazzo e Monzoni, Ladinico sup.-Carnico?; Andesites, rhyolites, rhyodacites: colate, ignimbriti e corpi subvulcanici, Ladinico.

Late - and post-Hercynian deposits and igneous rocks - *i*) Depositi indifferenziati: in prevalenza clastici, alluvionali, deltaici e di mare basso, Permiano medio-Anisico inf., con locali depositi clastici basali, Carbonifero sup.-Permiano inf.; evaporiti che innescano scollamenti tettonici, Permiano sup.-Anisico; *ii*) Rhyolites, rhyodacites, dacites and minor andesites, Permiano; *iii*) Granitoids: plutoni di Baveno, Alzo, Mergozzo, Bressanone, Cima d'Asta ecc., Permiano inf.

Hercynian and Pre-Hercynian basement - Basamento cristallino Sudalpino e della Catena Paleocarnica: *i*) Upper to intermediate continental crust: filladi, micascisti, minori paragneiss e marmi, pre-Carbonifero sup.; ortogneiss ercinici; porfiroidi e paragneiss, Paleozoico; metabasiti in facies scisti verdi e anfibolitica varisica, vulcaniti anchimetamorfiche della Catena Paleocarnica (in prevalenza nel Foglio 2), Carbonifero inf.-medio; *ii*) Lower continental crust and upper mantle

(Ivrea-Verbanò Zone), Proterozoico sup.-Paleozoico; corpo gabbroico stratificato di Ivrea: dioriti, gabbri cumulitici e peridotiti; rocce in facies granulitica e anfibolitica: metapeliti, metabasiti, marmi, scaglie di peridotiti di mantello.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- ARGAND E., 1911. *Les nappes de recouvrement des Alpes pennines et les territoires environants. Essai de carte structurale*. Mat. Carte géol. Suisse, carte spec. n. 64.
- ARGAND E., 1924 a. *La tectonique de l'Asie*. Comptes Rendus XIIIe Congr. Géol. Intern. Belgique, 5: 171-372.
- ARGAND E., 1924 b. *Des Alpes et de l'Afrique*. Bull. Soc. Vaudoise Sci. Nat., 214: 233-236.
- AUTORI VARI, 1973. *Moderne vedute sulla geologia dell'Appennino*. Atti Convegno Accademia Nazionale dei Lincei, Roma 16-18 febbraio 1972, Quaderno n. 183.
- BIGI G., CASTELLARIN A., CATALANO R., COLI M., COSENTINO D., DAL PIAZ G.V., LENTINI F., PAROTTO M., PATACCA E., PRATURLON A., SALVINI F., SARTORI R., SCANDONE P., VAI G.B., 1989. *Synthetic structural-kinematic map of Italy*. C.N.R., Progetto Finalizzato Geodinamica, SELCA Firenze.
- BIGI G., CASTELLARIN A., COLI M., DAL PIAZ G.V., SARTORI R., SCANDONE P., VAI G.B., 1990a. *Structural Model of Italy, sheet 1*. C.N.R., Progetto Finalizzato Geodinamica, SELCA Firenze.
- BIGI G., CASTELLARIN A., COLI M., DAL PIAZ G.V., VAI G.B., 1990b. *Structural Model of Italy scale 1:500.000, sheet 2*. C.N.R., Progetto Finalizzato Geodinamica, SELCA Firenze.
- BIGI G., COLI M., COSENTINO D., DAL PIAZ G.V., PAROTTO M., SARTORI R., SCANDONE P., 1992. *Structural Model of Italy scale 1:500.000, sheet 3*. C.N.R., Progetto Finalizzato Geodinamica, SELCA Firenze.
- DAL PIAZ G.V., 2010. *The Italian Alps: a journey across two centuries of Alpine geology*. In: M. Beltrando, A. Peccerillo, M. Mattei, S. Conticelli, C. Doglioni (Eds), *The geology of Italy: tectonics and life along plate margins*. Journal of the Virtual Explorer, 36(8): 1-108.
- DAL PIAZ G.V., BISTACCHI A., MASSIRONI M., 2003. *Geological outline of the Alps*. Episodes, 26(3): 175-180.
- DAL PIAZ G.V., HUNZIKER J.C., MARTINOTTI G., 1972. *La Zona Sesia-Lanzo e l'evoluzione tettonico-metamorfica delle Alpi nordoccidentali interne*. Mem. Soc. Geol. It., 11: 433-466.
- D'ARGENIO B., PESCATORE T., SCANDONE P., 1973. *Schema geologico dell'Appennino meridionale (Campania e Lucania)*. Atti Convegno Moderne vedute sulla geologia dell'Appennino, Acc. Nazionale Lincei, Quaderno 183: 49-95.
- D'ARGENIO B., PESCATORE T., SCANDONE P., 1975. *Structural pattern of the Campania-Lucania Apennines*. Structural Model of Italy. Map and Explanatory Notes. Quaderni de La Ricerca Scientifica, CNR, 90: 313-327.
- ELTER G., 1987. *Carte géologique de la Vallée d'Aoste, échelle 1:100.000*. Centro di Studio dei Problemi dell'Orogeno delle Alpi Occidentali, C.N.R. Torino, S.E.L.C.A., Firenze.

- FRANCHI S., MATTIROLO E., NOVARESE V., STELLA A., ZACCAGNA D., 1908. *Carta geologica delle Alpi Occidentali alla scala 1:400.000*. R. Ufficio Geologico, Roma. Riduzione al 400.000 di 28 fogli colorati a mano della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, dedotti dai rilievi di campagna al 1:25.000 eseguiti dal 1888 al 1906.
- OGNIBEN L., PAROTTO M., PRATURLON A., 1975. *Structural Model of Italy. Map and Explanatory Notes*. Quaderni de La Ricerca Scientifica, CNR, 90: 496 pp.
- SCANDONE P., 1975. *Triassic seaways and the Jurassic Tethys ocean in the central Mediterranean area*. *Nature*, 256: 117-119.
- SCANDONE P., CARMIGNANI L., FANTOZZI P., PATACCA E., 2004. *Geological maps of the future. The example of the Structural Model of Italy*. 32nd Intern. Geol. Congr. Florence, Session T12.01 Earth imaging: modeling and databanks. Abstr: 778.
- SCANDONE P., PATACCA E., ANTONPAOLI M.L., CARMIGNANI L., CASTAGNINI G., PIRRO A., FANTOZZI P., FERRI S., GIANNETTI L., GRAZIOSI B., 2004. *A geodatabase for Earth sciences: a new version of the Structural Model of Italy*. 32nd Intern. Geol. Congr. Florence, Session T12.01-Earth imaging: modeling and databanks. Abstr: 779-780.
- SCANDONE P., PATACCA E., FANTOZZI P., CASTAGNINI G., PIRRO A., FUSCHINO L., 2006. *The geographic information system (GIS) of the Structural Model of Italy*. *Rend. online Soc. Geol. Ital.*, 3(2): 712-713.
- SCHMID S.M., FUGENSCHUH B., KISSLING E., SCHUSTER R., 2004. *Tectonic map and overall architecture of the Alpine orogen*. *Eclogae Geol. Helvetiae*, 97: 93-117.
- SPICHER A., 1980. *Tektonische Karte der Schweiz 1:500.000*. Schweiz. Geol. Kommission.
- STAUB R., 1924. *Tektonische Karte der Alpen*. Der Bau der Alpen, Schweiz. Geol. Kommission, Spezial Karte n. 105.
- STAUB R., 1957. *Vom Bau der Dentblanche-Decke und seinen Beziehungen zum Bernina-System*. *Eclogae Geol. Helvetiae*, 50: 171-230.

LUIGI CARMIGNANI, PAOLO CONTI, ALTAIR PIRRO^(*)

LE ATTIVITÀ DIDATTICHE E SCIENTIFICHE DEGLI ANNI PIÙ RECENTI DI PAOLO SCANDONE A SIENA

INTRODUZIONE

Ho incontrato per la prima volta Paolo nel 1978 quando si trasferì dalla Università di Napoli a quella di Pisa.

La fama lo aveva naturalmente preceduto e noi giovani ricercatori pisani eravamo molto incuriositi da questo giovane geologo che proponeva bacini profondi tipo Lagonegro-Pindos impostati già nel Trias medio, ben prima dell'inizio dell'apertura della Tetide oceanica e ben prima anche dello smembramento delle piattaforme carbonatiche periadriatiche, smembramento di età infra-medioliassica, che noi eravamo abituati a dare per scontata e che, allora, a un geologo dell'Appennino settentrionale sembrava essere un evento generale e costante.

Nel 1978 l'esperienza di campagna di noi giovani ricercatori di Pisa era generalmente limitata all'Appennino settentrionale, al massimo poteva allargarsi alla Sardegna e alla Corsica. Le ricerche di Paolo che inseguivano dei temi regionali investigando aree che andavano dalla Sicilia alla Grecia passando per l'Appennino, le Alpi, i Carpazi e le Dinaridi ci sembravano moderne ed affascinanti.

Volentieri aderii alla sua richiesta di aiutarlo a trasferire i suoi materiali di studio e bibliografici da Napoli a Pisa, in quella occasione ci conoscemmo meglio e nacque una amicizia duratura.

Una delle prime iniziative che Paolo prese al suo arrivo a Pisa fu organizzare una lunga escursione geologica attraverso l'Appennino Centrale e meridionale in cui coinvolse molti dei giovani geologi pisani.

^(*) Centro di GeoTecnologie, Università di Siena.

Luigi Carmignani è autore dei paragrafi: Introduzione, La collaborazione di Paolo con il CGT, e della parte introduttiva del paragrafo: L'impegno di una vita nel Modello Strutturale. Paolo Conti e Altair Pirro sono autori della parte relativa al Modello digitale del Modello Strutturale d'Italia dell'ultimo paragrafo.



Fig. 1 – Gruppo di persone che parteciparono al rilevamento degli effetti al suolo nell'area colpita dal sisma dell'Irpinia del 23 novembre 1980. Ben riconoscibili da sinistra: Marco Meccheri, Renato Funciello, Etta Patacca, Piero Pertusati, Andrea Cerrina Feroni, Otto Kalin, Paolo Scandone e Graziano Plesi (Foto scattata da Luigi Carmignani).

Ho conservato il quaderno di campagna del 1979 in cui avevo riportato note di questa escursione veramente memorabile attraverso le montagne abruzzesi, gli accavallamenti frontali dell'Appennino, la fossa Bradanica, la piattaforma Apula e poi le falde calabresi e il cristallino della Sila e dell'Aspromonte, etc.

Fu per me una esperienza importante che allargava molto le mie conoscenze regionali. Riguardando il mio quaderno di campagna del 1979 ripercorro quell'itinerario, gli appunti e i disegni che vi ritrovo sono la prova dell'efficacia con cui Paolo sapeva coinvolgere noi giovani nel suo modello della catena appenninica.

L'anno successivo il terribile terremoto dell'Irpinia fu una nuova occasione di lavoro con Paolo. Già il giorno successivo al terremoto convocò tutti noi giovani e propose di partire per una ricerca mirata a verificare gli effetti superficiali del terremoto. Valutammo che fosse necessario iniziare quanto prima in quanto le tracce sul suolo dei movimenti sismici erano particolarmente labili, specie in quel periodo di piogge battenti.

Mi ricordo che ci demmo 12 ore di tempo per preparare tutto e partire per l'Irpinia terremotata. Due giorni dopo l'evento sismico maggiore, con lo

sciame di repliche ancora in pieno svolgimento e sotto una gelida pioggia di novembre che ci accompagnò costantemente, eravamo già tutti sparsi per l'Irpinia a misurare le fratture generate dal sisma. Questo era Paolo – per lui tutto era possibile – aveva la capacità di trascinare in qualunque avventura come fosse la cosa più normale del mondo!

LA COLLABORAZIONE DI PAOLO CON IL CGT

Nei decenni successivi non ebbi più occasione di lavorare con Paolo. Lui fu assorbito dai maggiori progetti geologici nazionali: Progetto Geodinamica, Progetto CROP, Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti e io lasciai l'Università di Pisa per trasferirmi prima all'Università di Cagliari e poi a quella di Siena dove, a partire dal 2000, ho passato tutto il mio tempo a organizzare il Centro di GeoTecnologie.

In tempi più recenti, è proprio nell'ambito delle attività del Centro di GeoTecnologie che ho avuto occasione di lavorare ancora con Paolo per la preparazione delle Note Illustrative del Foglio a scala 1: 50.000 Massa-Carrara (progetto CARG) e per la istituzione del Master in “Esplorazione e Produzione di Idrocarburi”. Credo che queste siano le più importanti attività di ricerca e di didattica di Paolo prima della sua scomparsa.

Le conoscenze sulla stratigrafia relative al Foglio Massa-Carrara, sviluppate in collaborazione con Etta Patacca hanno tracciato un quadro nuovo e molto più moderno delle conoscenze di questo segmento dell'Appennino, ma anche sull'evoluzione strutturale di questo complesso metamorfico Paolo ha lasciato una importante eredità a cui stiamo ancora lavorando e che darà certamente altri frutti. A questo proposito voglio ricordare l'importante contributo che Paolo ha dato con una delle sue ultime pubblicazioni sulla età della tettonica di impilamento delle unità apuane (Patacca *et al.* 2013). Ancora una volta Paolo ha portato un contributo scientifico importante e inaspettato proponendo, sulla base di nuovi dati micropaleontologici relativi alla Formazione dello Pseudomacigno, una età molto più recente (Miocene inferiore) per l'impilamento delle unità alloctone lungo la trasversale delle Alpi Apuane, ritenuta ormai da moltissimi anni oligocenica sulla base di dati radiometrici.

Il Master di secondo livello in Esplorazione e Produzione di Idrocarburi del Centro di GeoTecnologie è stata principalmente opera di Paolo. Si deve a lui non solo l'idea stessa del master, ma anche la preparazione dei programmi e l'individuazione dei docenti – molti dei quali provenienti da compagnie petrolifere. Lui tenne due corsi negli A.A. 2014/15 e 2015/2016: “Modelli strutturali del sottosuolo” e “Esercitazioni di modelli strutturali



Fig. 2 – Paolo Scandone su un affioramento di Pseudomacigno a Stazzema nel 2012.

del sottosuolo”. Questi corsi costituivano la parte centrale del master in cui si esprimeva tutta l’esperienza del grande geologo dell’Appennino e anche tutta la professionalità che Paolo aveva acquisito nella collaborazione con compagnie petrolifere italiane e straniere a partire dagli anni ’80 e a cui si erano aggiunti, a partire dagli anni ’90, i dati acquisiti attraverso gli esperimenti di sismica a riflessione profonda dei progetti CROP.

Ho sempre un po’ invidiato i nostri studenti del master in Esplorazione e Produzione di Idrocarburi che potevano seguire le lezioni di un docente con una rara esperienza interdisciplinare, che integrava le conoscenze delle strutture di superficie (derivanti da una profonda conoscenza della geologia regionale dell’Appennino unita alla esperienza di rilevamento praticato con continuità per un decennio a partire dal 1970) con le conoscenze delle strutture di sottosuolo individuate attraverso l’analisi e l’interpretazione di linee sismiche e pozzi profondi per esplorazione petrolifera.

Due sono gli aspetti di Paolo come docente che mi hanno colpito di più. La capacità di coinvolgere gli studenti in un confronto critico dei dati strutturali di superficie con i dati geofisici sismici e gravimetrici per una sintesi che non dava mai per scontata l’esistenza di un modello noto. La capacità di stare al passo con lo sviluppo tecnologico, apprendendo tecniche infor-

matiche non banali, e la sua capacità di riversarle con metodo e competenza nelle lezioni. Era davvero uno spettacolo insolito al CGT vedere un docente quasi ottantenne in un'aula informatizzata fare esercitazioni con SW avanzati quali quello per l'elaborazione sismica (il pacchetto Kingdom) e quello per il bilanciamento strutturale e il *foreward modelling* (Geosec e Move).

Nel periodo in cui Paolo ha insegnato al CGT ho avuto occasione di chiacchierare spesso con lui e a proposito della "Eredità scientifica" di Paolo a cui si richiama il Convegno, ricordo che più volte mi disse di ritenere il Modello Strutturale d'Italia il suo lavoro più importante e più impegnativo.

L'IMPEGNO DI UNA VITA NEL MODELLO STRUTTURALE

Con differente continuità, Paolo ha lavorato a questo progetto per oltre 40 anni, dalla metà degli anni '70 (inizio del Progetto Finalizzato Geodinamica del CNR) praticamente fino alla sua scomparsa. La responsabilità del Sottoprogetto "Modello strutturale d'Italia" ha consentito a Paolo di maturare una esperienza interdisciplinare probabilmente irripetibile in altre condizioni. In questo ambito è stato compiuto con successo uno dei primi tentativi di cooperazione a livello nazionale tra geologi e geofisici che, con il Progetto CROP, è proseguito fino agli anni 2000, e per la prima volta in Italia, ha permesso a un geologo regionale di ricostruire la struttura dell'Appennino fino a profondità superiori a 20 chilometri.

Come noto il progetto Geodinamica portò all'inizio degli anni '90 alla stampa di un insieme di carte tematiche che rappresenta ancora oggi la documentazione più completa in terraferma e in mare della geologia della penisola italiana e regioni adiacenti e costituisce senz'altro una importante eredità scientifica di Paolo Scandone (CNR, 1991).

Tutti i dipartimenti di Scienze della Terra hanno appeso alle pareti in bella mostra una copia di questa carta, ciò nonostante, la diffusione e la fruibilità anche a livello internazionale di questo documento cartografico resta bassa ed oggi è abbastanza difficile averne una copia. Le dimensioni stesse di questa carta e la sua organizzazione in sei fogli con legende distinte non ha mai facilitato la sua consultazione e il suo utilizzo come strumento di lavoro.

Questo limite era ben presente anche a Paolo che a partire dagli anni 2000 individuò nel Centro di GeoTecnologie la struttura più adatta per realizzare una versione digitale del Modello Strutturale d'Italia. In circa tre anni l'intero contenuto di questo documento fu organizzato omogeneamente in una base di dati strutturati in otto livelli gerarchici.

IL MODELLO DIGITALE

Nella versione digitale del Modello Strutturale d'Italia la cultura geologica classica è stata integrata con le moderne tecnologie GIS cercando di creare uno strumento che potesse essere usato con facilità da qualunque geologo. Considerata la complessità della carta e l'ingente quantità di dati, è stato necessario un grande lavoro per una corretta formalizzazione delle informazioni contenute nella carta originale, così da poterle riprodurre nel modello digitale il più fedelmente possibile e renderle facilmente interrogabili. La nuova legenda è stata strutturata unificando le differenti legende dei sei fogli che compongono il documento cartaceo con l'intento di raggruppare gli elementi geologici della carta in categorie logiche che occupano delle posizioni definite all'interno di uno schema gerarchico. L'organizzazione gerarchica delle informazioni digitali permette di ottenere con semplici *queries* differenti carte geologico-strutturali, attraverso una semplificazione progressiva dei raggruppamenti tettonici principali dell'area del Mediterraneo centrale.

Il primo livello dello schema gerarchico del Modello Strutturale d'Italia si riferisce agli elementi del primo ordine dell'area mediterranea secondo il modello classico usato da Scandone (Fig. 3):

- Sistema Orogenico Europa-Vergente
- Sistema Orogenico Africa-Vergente
- Bacini Post-Collisionali Estensivi
- Depositi di “Thrust-top” del bacino Ligure-Piemontese.

Il secondo livello gerarchico descrive alla scala dell'intero sistema Catena-Avampaese i componenti principali degli elementi geologici del primo livello. Nel Modello Strutturale d'Italia digitale la catena montuosa Europa-Vergente, la catena del Giura e l'Avampaese Europeo rappresentano gli elementi principali del Sistema Orogenico Europa-Vergente, mentre la catena Africa-Vergente e l'Avampaese Africano sono gli equivalenti nel Sistema Orogenico Africa-Vergente.

Il terzo livello gerarchico evidenzia parti dei precedenti elementi. Le Alpi e la Corsica Alpina sono differenziate nella catena Europa-Vergente mentre le Alpi Meridionali, le Dinaridi, l'Appennino, l'Arco Calabro e le Magrebidi Siciliane sono differenziate nella catena Africa-Vergente. Seguendo lo stesso criterio, l'Avampaese Europeo si divide in Avampaese Mesoeuropeo, Avampaese della Provenza e Avampaese Corso-Sardo, mentre l'Avampaese Africano si divide in Avampaese Padano-Adriatico-Ionico e Avampaese della Sicilia Meridionale-Pelagica. Nel medesimo livello gerarchico, il Bacino del Mediterraneo Occidentale, il Bacino Tirrenico e il Bacino Pannonico si differenziano nei Bacini Post-Collisionali Estensivi.

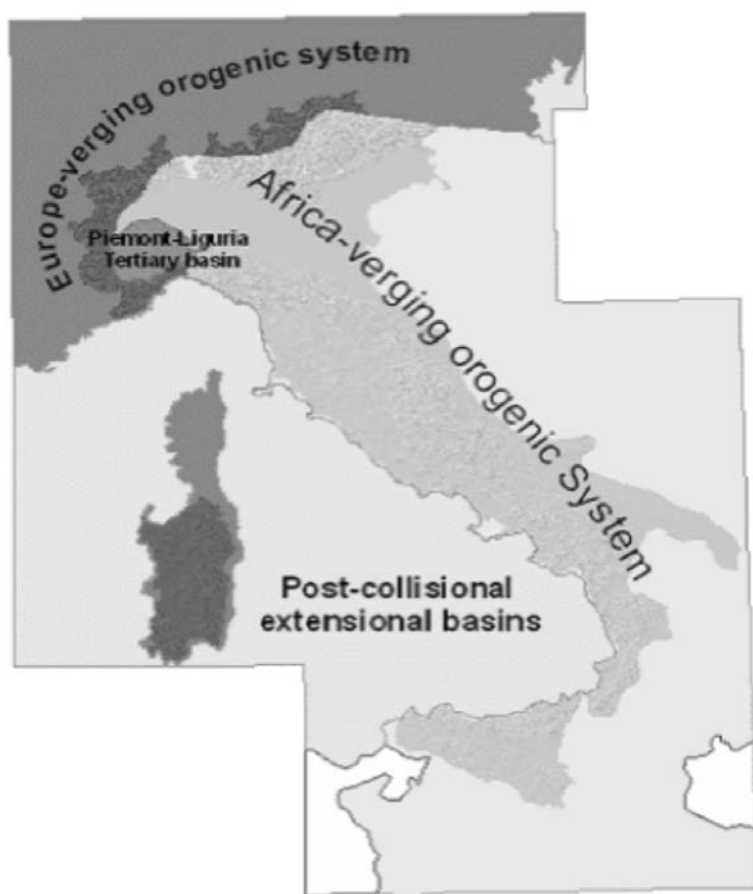


Fig. 3 – Primo livello gerarchico del Modello Strutturale d'Italia.

Il quarto livello gerarchico segue il concetto di “organizzazione strutturale” proposto negli anni novanta nella Carta Tettonica d'Europa dai geologi della Moscow Soviet Academy of Sciences. Sono stati distinti nelle catene montuose gli edifici tettonici a pieghe e faglie, i depositi di thrust-top, i sedimenti del quaternario e le rocce magmatiche del Terziario-Quaternario. Nelle aree di Avampaese, sono distinti i basamenti Pre-Alpini, le coperture sedimentarie Alpine e le rocce magmatiche del Terziario-Quaternario. Nei Bacini Post-Collisionali sono state fornite alcune informazioni nella composizione del basamento acustico. Le Isobate della base dei depositi clastici che riempiono il bacino di Avanfossa evidenziano la “flexural deflection” della placca inferiore sia nell'Avampaese Europeo che in quello Africano. Infine, le isocronopache dei depositi del Pliocene-Quaternario nel Mediterraneo Occidentale e nel Bacino Tirrenico e al tetto degli strati alloctoni dell'Arco Calabro Esterno sottolineano l'importante attività tettonica di quelle aree.

Il quinto livello enfatizza sia nella Catena Europa Vergente che in quella Africa Vergente le derivazioni paleogeografiche (Margine Africano, Margine Europeo, Bacino Ligure-Piemontese) dei sistemi a falde. Così ad esempio le Unità Tettoniche Alpine sono suddivise al quinto livello in Sistema Canavese, Sistema Australpino delle Alpi Occidentali, Sistema Australpino delle Alpi Centrali ed Orientali, Sistema a Falde Ofiolitiche Ligure-Piemontese ed Unità di Flysch correlate, Sistema della Falda Penninica, Sistema della Falda di Scollamento Prealpina e Sistema Delfino-Elvetico; oppure le Unità Tettoniche dell'Appennino che si suddividono in Unità Interne dell'Appennino Settentrionale, Unità Interne dell'Appennino Meridionale e Unità Appenniniche Esterne.

Il sesto livello raggruppa le unità tettoniche con derivazione paleogeografica comune, storia metamorfica alpina e stile tettonico (falde del basamento e falde di copertura). Un esempio è il Sistema Australpino delle Alpi Centrali ed Orientali che al sesto livello si suddividono in Austroalpino superiore ed Austroalpino inferiore.

Il settimo livello invece evidenzia le singole unità tettoniche dell'Appennino, eccetto nelle Alpi dove le varie falde sono ancora raggruppate come nel livello precedente.

L'ottavo livello fornisce informazioni sulle grandi unità litostratigrafiche (es. depositi di flysch e pre-flysch) all'interno delle singole falde. Nelle aree di Avampaese e nei bacini post-collisionali l'ottavo livello fornisce informazioni principalmente sull'età dei depositi e sulle affinità geochemiche delle rocce magmatiche presenti.

Il nono livello, infine, rappresenta il Modello Strutturale d'Italia nella sua versione stampata. A differenza dei precedenti livelli questo non è omogeneo, infatti, troviamo per esempio rappresentate unità tettoniche accanto a formazioni.

Su invito della Commission of the Geological Map of the World, una versione informatizzata del Modello Strutturale d'Italia fu presentata nel 32° Congresso Geologico Mondiale tenuto a Firenze nel 2004 (Scandone *et al.*, 2004); in quella stessa sede una versione preliminare dell'intero database del Modello Strutturale d'Italia fu reso disponibile come prodotto multimediale alla comunità scientifica internazionale (Patacca *et al.* 2004).

La banca dati distribuita tramite DVD al Congresso internazionale di Firenze costituisce un moderno modello geologico della penisola italiana ed è il documento più completo esistente dell'idea che Paolo Scandone aveva della Geologia dell'Italia al culmine della sua maturità scientifica. Nel 2004 il DVD era ancora un sistema di diffusione moderno dei dati digitali. Ma alla fine il DVD presenta gli stessi limiti della diffusione via stampa. Le copie del DVD sono esaurite da tempo e le numerose richieste che ci pervengono dall'Italia e dall'estero non possono essere soddisfatte.

Da tempo al CGT accarezziamo l'idea di mettere in rete la versione digitale del Modello Strutturale d'Italia pronta già dal 2004 (Scandone *et al.* 2006). L'occasione di questa riunione per dare una maggiore diffusione di questo documento che rappresenta una parte significativa dell'eredità scientifica di Paolo non andrebbe persa.

Credo che la fruizione via internet della banca dati del Modello Strutturale d'Italia sia un obiettivo possibile in tempi brevi che permetterebbe di valorizzare l'eredità scientifica di Paolo Scandone.

Il Modello Strutturale fruibile via Web permetterebbe anche una facile integrazione di questi dati di cartografia geologica e strutturale con molte banche dati geominerarie di differente origine quali: log di pozzi, linee sismiche, carte più recenti e più dettagliate, bibliografia, ecc. che potrebbero permettere analisi multidisciplinari ed interrogazioni complesse tra dati di diversa natura e provenienza.

La banca dati del progetto ViDePi, contenente migliaia di pozzi esplorativi e di linee sismiche, costituisce un esempio di set di dati che potrebbe trovare la sua naturale consultazione insieme ai dati del Modello Strutturale d'Italia, potendo effettuare interrogazioni incrociate fra i due database.

BIBLIOGRAFIA

- CNR – PROGETTO FINALIZZATO GEODINAMICA, 1991. *Structural Model of Italy 1: 500.000 and Gravity Map*. Quad. Ric. Sci., 3, n. 114. S.EL.CA., Firenze.
- SCANDONE P., CARMIGNANI L., FANTOZZI P.L., PATACCA E., 2004. *Geological map of the future. The example of the Structural Model of Italy*. 32nd Intern. Geol. Congr., Session T12.01 Earth imaging: modeling and databanks. Invited presentation, Abstract.
- PATACCA E., SCANDONE P., FANTOZZI P.L., CARMIGNANI L., CASTAGNINI G., PIRRO A., 2004. *The Structural Model of Italy from paper map to geodatabase*. DVD Regione Toscana, Firenze.
- PATACCA E., SCANDONE P., CONTI P., MANCINI S., MASSA G., 2013. *Ligurian - derived olistostrome in the Psudomacigno Formation of the Stazzema Zone (Alpi Apuane, Italy). Geological implication at regional scale*. Ital. J. Geosci. (Boll. Soc. Geol. It.), 132, 3: 463-476.
- SCANDONE P., PATACCA E., FANTOZZI P.L., CASTAGNINI G., PIRRO A., FUSCHINO L., 2006. *The geographic information system GIS of the Structural Model of Italy*. Rend online Soc. Geol. It., 3, 2: 712-713.

GIULIANO F. PANZA^(*)

PAOLO SCANDONE LA RIVOLUZIONE NELLE GEOSCIENZE E
NUOVI PARADIGMI: NDSHA E POLARIZED PLATE TECTONICS

*In questioni della scienza,
l'autorità di mille non vale
l'umile ragionamento
di un singolo individuo.*

pensiero di Galileo Galilei (DVRI, 2017)

SUMMARY. – The studies on the structure of the lithosphere-asthenosphere system of the Mediterranean area, financed with a single farsightedness by Paolo Scandone within the CNR Geodynamic Finalized Project (PFG), have led to the formulation of a revolutionary model of the deep structure and geodynamic of the Mediterranean area with evident subduction of continental lithosphere. The extension of these studies globally has led to the recent and even more revolutionary formulation of the Polarized Plate Tectonics model. Paolo Scandone's contribution was also decisive for the assessment of seismic hazard in Italy. The construction of the seismotectonic model and the consequent seismogenic zoning was carried out within the PFG as a support base for the probabilistic definition of seismic hazard (PSHA). The same model of seismogenic zoning has been used, since 2000, for the neo-deterministic estimation of seismic hazard (NDSHA). The NDSHA values have been dramatically confirmed by the recent earthquakes that have caused victims and extensive damage. Although based on the same seismogenic zoning, the same events instead represent unexpected “surprises” for PSHA. This allowed to highlight and explain the shortcomings of the PSHA approach. Finally, the same seismotectonic model was used for the a priori definition of the areas to be monitored with middle-range intermediate-term earthquake forecasting/prediction formalized algorithms. This has provided a key element that has allowed us to confirm, even on a national scale, that *the main shocks cannot be predicted with a precision compatible with red alarm and evacuation; however, thanks to the existing middle-range intermediate-term earthquake forecasting/prediction algorithms, it is possible to implement effective preventive actions*, as already suggested by UNESCO more than 40 years ago.

^(*) Linceo, Accademia dei XL; China Earthquake Administration Beijing; Beijing University of Civil Engineering and Architecture.

INTRODUZIONE

Gli studi sulla struttura del sistema litosfera-astenosfera dell'area mediterranea finanziati con grande ed unica lungimiranza da Paolo Scandone nell'ambito del Progetto Finalizzato Geodinamica del CNR (PFG), hanno portato (a) alla formulazione di un modello rivoluzionario della struttura profonda dell'area Mediterranea con evidente subduzione di litosfera continentale (Panza, Mueller 1978; Panza *et al.* 1980; 1982; Calcagnile *et al.* 1981; Ciaranfi *et al.* 1983; Panza *et al.* 1989) – già suggerita a livello crostale da Dal Piaz (1971) e Dal Piaz *et al.* (1972), (b) alla valutazione affidabile della pericolosità sismica (Panza *et al.* 2001, 2012; Rugarli *et al.* 2019) e (c) alla previsione a medio termine spazio-temporale, statisticamente significativa (Peresan *et al.* 2005; Molchan *et al.* 2017; Peresan 2018), dei terremoti forti, con magnitudo superiore a soglie prefissate.

POLARIZED PLATE TECTONICS E STUDI INTERDISCIPLINARI
DEL MANTELLO SUPERIORE

L'estensione a livello globale degli studi sulla struttura del sistema litosfera-astenosfera avviati in ambito PFG, ha portato alla recente ed ancor più rivoluzionaria formulazione del modello della Polarized Plate Tectonics (Doglioni, Panza 2015; Panza *et al.* 2015) ed alla realizzazione di studi realmente interdisciplinari – geologia, geotermia, geochimica, geofisica – quali, ad esempio, quelli di Frezzotti *et al.* (2010), Tumanian *et al.* (2012) e Malusà *et al.* (2018). In quest'ultimo lavoro, le cui radici stanno ovviamente negli studi sismologici del mantello terrestre promossi con convinzione, entusiasmo e competenza da Paolo Scandone, viene fornito un importante contributo allo studio dell'impatto che il bilancio a lungo termine della CO₂ può avere sulla biosfera e sul clima della Terra.

Nella zona delle Alpi, un modello del cuneo del mantello, sovrastante la placca europea subdotta, basato sulla tomografia assoluta delle onde di superficie (e.g. Foulger *et al.* 2013; Doglioni, Panza 2015), tecnica molto apprezzata con notevole lungimiranza da Paolo Scandone fin dagli anni '70, documenta un'anomalia di bassa velocità delle onde di taglio a profondità superiori a 180 km. Quest'anomalia può essere spiegata dall'estrazione dall'astenosfera di fusi ricchi di carbonato, messi in posto dalla subduzione a freddo. La rete transitoria risultante di fusioni di carbonio è congelata nel cuneo del mantello e non produce vulcanismo. Questi risultati forniscono la prima prova empirica *in-situ* del sequestro di carbonio in corso nel mantello

superiore alla scala della tettonica a placche, consistente con la Polarized Plate Tectonics. Il carbonio sequestrato durante la subduzione fredda può in parte controbilanciare il carbonio degassato in corrispondenza delle dorsali e delle isole oceaniche. Tuttavia, il carbonio subdoto può essere rapidamente rilasciato durante il rifting continentale, con effetti globali sulle tendenze climatiche a lungo termine e sull'abitabilità del pianeta Terra.

VALUTAZIONE AFFIDABILE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA

Il contributo di Paolo Scandone è stato decisivo anche per la valutazione della pericolosità sismica in Italia. La costruzione di un modello sismotettonico e la conseguente zonazione sismogenetica è stata realizzata nell'ambito del PFG (Scandone 1978; Meletti *et al.* 2000) come supporto di base per la determinazione probabilistica della pericolosità sismica (PSHA), fondata sul chimerico⁽¹⁾ concetto di “periodo di ritorno” (Eos 2019). Lo stesso modello di zonazione sismogenetica è stato usato, a partire dal 2000, per la stima deterministica della pericolosità sismica NDSHA (Panza *et al.* 2001; 2012). Ciò ha permesso evidenziare e spiegare le carenze dell'approccio PSHA correntemente usato. Carenze drammaticamente testimoniate dai recenti terremoti italiani (a partire dal 2009) che hanno reclamato vite umane. Al contrario, fino ad ora, le stime NDSHA sono state drammaticamente confermate da tutti questi eventi.

La mappa ufficiale di pericolosità sismica (PSHA) utilizzata nel codice sismico italiano risale al 2004 (MPS04 - <http://zonesismiche.mi.ingv.it/>). La mappa NDSHA risale al 2000. Dal 2000 in Italia si sono verificati i seguenti terremoti che hanno causato anche perdite di vite umane.

1. L'Aquila 2009 (6 aprile 2009 M = 6,3). Sebbene sia avvenuto in una zona definita ad alta pericolosità sismica, i valori di accelerazione osservati hanno superato quelli previsti dal codice antisismico, ovvero PGA atteso (475 anni) pari a 0,250-0,275 g (mappa MPS04); PGA osservato > 0,35 g (309 vittime).
2. Emilia 2012 (20 maggio M = 5,9; 29 maggio M = 5,8). Avvenuti in una zona definita a basso rischio sismico, i valori osservati hanno superato quelli attesi: PGA atteso (475 anni) < 0,175 g (mappa MPS04), PGA osservato > 0,25 g (17 vittime).

⁽¹⁾ Bohème, Atto Primo: *Mi piaccion quelle cose / che han sì dolce malia, / che parlano d'amor, di primavera; / che parlano di sogni e di chimere, / quelle cose che han nome poesia.*

La poesia non (sempre) è scienza!

3. Italia Centrale 2016 (24 agosto $M = 6,0$; 30 ottobre $M = 6,5$). La sequenza è avvenuta in una zona definita ad alta pericolosità sismica, tuttavia i valori di accelerazione osservati superano quelli previsti dal codice antisismico, ovvero PGA atteso (475 anni) 0,250-0,275 g (mappa MPS04); PGA osservato $> 0,4$ g (valore maggiore rispetto a quello registrato all'Aquila) (299 vittime in agosto, nessuna in ottobre perché la zona era praticamente evacuata).
4. Ischia 2017 (21 agosto $M=4,0-4,2$). I valori registrati dalla stazione IOCA, PGA: 0,280 g (componente E-W), 0,272 g (componente N-S) e 0,192 g (componente Z) (2 vittime); secondo le Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC08), nella mappa MPS04 (475 anni), per Latitudine 40,7458 N e Longitudine 13,9008 E, PGA = 0,1511 g al substrato roccioso; tale valore corretto per gli effetti locali (IOCA si trova su terreno B – fattore amplificazione 1,2), cioè $0,1511 \text{ g} \times 1,2 = 0,181 \text{ g}$, evidenzia quindi i seguenti fattori di NON SICUREZZA: $0,280/0,181$ ovvero $> 55\%$ per componente orizzontale; $0,192/0,0951$ ovvero $> 101\%$ per componente verticale⁽²⁾. Al contrario NDSHA stima al substrato roccioso valori nell'intervallo [0,15-0,30] g, cioè, compresi gli effetti locali a Latitudine 40,7458 e Longitudine 13,9008 come determinati da NTC08, [0,18-0,36] g⁽³⁾; entro tale intervallo cade il valore osservato 0,280 g! Maggiori dettagli sono forniti da De Natale *et al.* (2019).

Quindi, contrariamente alla mappa PSHA, per tutti gli eventi che hanno causato vittime, la mappa NDSHA pubblicata nel 2000 fornisce valori che inviluppano quelli osservati. PSHA (mappa MPS04), nonostante utilizzi la zonazione sismogenetica formulata nel PFG, ha fallito in occasione di tutti gli eventi menzionati! A tal proposito si è rivelata profetica, fra l'altro, parte del contenuto del volume 306 degli Atti dei Convegni Lincei (2016) “Resilienza delle città d'arte ai terremoti”.

Ciò nonostante, a proposito delle stime PSHA, si possono leggere dichiarazioni o affermazioni molto gravi, che lette con molta attenzione e considerando le parole usate danno i brividi e sconcerto (Crespellani *et al.* 2018; Meletti 2019). Adeguati approfondimenti multidisciplinari su questa materia drammaticamente importante ed attuale, ma ahimè non debitamente affrontata nelle sedi competenti, sono contenuti in Rugarli (2018; 2019) e Rugarli *et al.* (2019).

⁽²⁾ Il problema persiste anche considerando terreno di tipo C, al quale la normativa associa un fattore di amplificazione 1,5.

⁽³⁾ [0,23-0,45] g per suolo C.

PREVISIONE A MEDIO TERMINE SPAZIO-TEMPORALE DEI FORTI TERREMOTI,
CON MAGNITUDO SUPERIORE A SOGLIE PREFISSATE

Lo stesso modello sismotettonico (Scandone, 1978; Meletti *et al.* 2000) è stato di fondamentale importanza per la definizione a priori delle zone da sottoporre a monitoraggio con algoritmi di previsione a medio termine spazio-temporale (Peresan *et al.* 2005), basati sull'identificazione di specifici *patterns* sismici. I risultati conseguiti, utilizzando come informazione a priori il modello sismotettonico, confermano, anche a scala nazionale, la validità di quanto segue.

I terremoti principali (main shocks) non sono prevedibili con una precisione compatibile con allarme rosso ed evacuazione; però grazie agli algoritmi di previsione a medio termine spazio-temporale esistenti è possibile mettere in atto azioni preventive efficaci, come anche suggerito da UNESCO (Proc. UNESCO Conference on Seismic Risk, Paris, 1977).

La validità statistica, sia a scala globale che a scala nazionale, delle previsioni a medio termine spazio-temporale è stata discussa e dimostrata da Kossobokov *et al.* (2002), Kossobokov, Soloviev (2015), Kossobokov *et al.* (2015), Kossobokov (2017), Molchan *et al.* (2017), Peresan *et al.* (2005, 2012) e Peresan (2018). Per quanto riguarda l'Italia, la prestazione dell'algoritmo CN, nell'intervallo di tempo 1954-2018, è descritta in Tabella 1 e Figura 1. Questo documento può costituire un elemento di riflessione per la Protezione Civile.

TABELLA 1 – Volume dell'allarme spazio-temporale nell'applicazione dell'algoritmo CN (Keilis-Borok and Soloviev, 2003) in Italia (regioni illustrate in Figura 1).^{*} Solo regioni Central e Southern;^{**} La regione Adria è monitorata dal 2005. L'algoritmo CN ha previsto 22 dei 26 forti terremoti avvenuti nelle zone di Italia monitorate, compresa la regione Adria (Figura 1), n=numero eventi previsti, N=numero totale eventi avvenuti durante l'esperimento. I valori riportati in tabella, come esempio, sono aggiornati al 31 Dicembre 2018. L'archivio aggiornato delle previsioni CN può essere consultato al sito: <http://www.mitp.ru/en/cn/CN-Italy.html> e-mail: aperesan@inogs.it dove si può verificare che l'evento con M=6,4 avvenuto nella regione Adria il 26 novembre 2019 è stato previsto (nota aggiunta in bozze)

Esperimento	Volume spazio-temporale dell'allarme (%)	n/N	Livello di confidenza (%)
Retrospettivo* (1954-1963)	41	3/3	93
Retrospettivo (1964-1997)	26	10/12	>99
Previsione <i>in tempo reale</i> ** (1998-2018)	34	9/11	>99
Globale (1954-2018)	30	22/26	>99

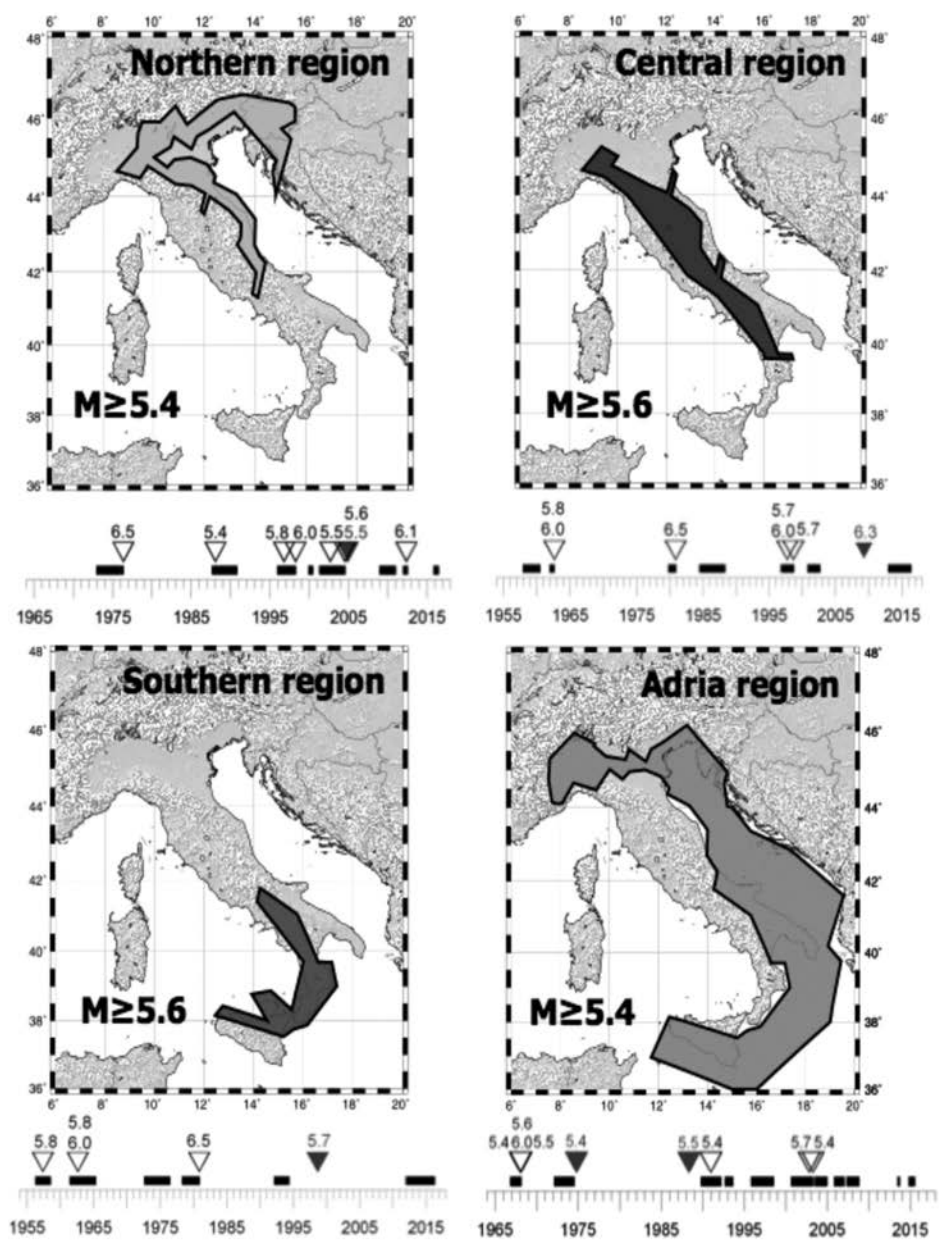


Fig. 1 – Lungo gli assi orizzontali (arco temporale 1954-2018) sono indicati con triangoli vuoti i successi di previsione, mentre i triangoli pieni indicano i fallimenti; i segmenti in nero rappresentano i periodi di allarme (quelli non sovrastati da triangoli rappresentano falsi allarmi); i valori di M indicano il limite inferiore di magnitudo che definisce i terremoti forti per ciascuna regione (modificata da Peresan *et al.* 2018).

CONCLUSIONE

Tutto quanto qui sintetizzato è auspicabile che trovi accoglienza presso gli addetti ai lavori perché perfettamente rispettoso del pensiero di Galileo Galilei e coerente con quanto da lui affermato (Il Saggiatore, 1623, Cap 6⁽⁴⁾):

“... La filosofia è scritta in questo grandissimo libro che continuamente ci sta aperto innanzi a gli occhi (io dico l’universo), ma non si può intendere se prima non s’impara a intender la lingua, e conoscer i caratteri, ne quali è scritto. Egli è scritto in lingua matematica, ...”,

che è naturalmente integrato dalla affermazione di Albert Eintein (Geometry and Experience, 27 gennaio, 1921):

“.... As far as the laws of mathematics refer to reality, they are not certain; and as far as they are certain, they do not refer to reality....”.

Mi piace in conclusione evidenziare che molto di quanto ho imparato da Paolo, e qui essenzialmente riassunto, ha permesso di raggiungere risultati ampiamente riconosciuti ed apprezzati in sede internazionale come testimoniato da EGU (Gutenberg Medal 2000) ed AGU (International Award 2018). Penso che questi premi lo avrebbero inorgoglito, dato che è in qualche modo dalla sua pianta che sono scaturiti.

⁽⁴⁾ da G. Galilei, *Il Saggiatore*, a cura di L. Sosio, pref. di G. Giorello, Feltrinelli, Milano 1992.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- CALCAGNILE G., FABBRI A., FARSI F., GALLIGNANI P., GASPARINI C., INNACCONE G., MANTOVANI E., PANZA G.F., SARTORI R., SCANDONE P., SCARPA R., (1981). Structure and evolution of the Tyrrhenian basin. *Rapp. Comm. Int. Mer Medit.*, 27, pp. 197-208.
- CIARANFI N., GUIDA M., IACCARINO G., PESCATORE T., PIERI P., RAPISARDI L., RICCHETTI G., SGROSSO I., TORRE M., TORTORICI L., TURCO E., SCARPA R., CUSCITO M., GUERRA I., IANNACCONE G., PANZA G.F., SCANDONE P., (1983). Elementi sismotettonici dell'Appennino Meridionale. *Boll. Soc. Geol. It.*, 102, 201-222.
- CRESPELLANI T., DE MARCO R., GUAGENTI GRANDORI E., GUIDOBONI E., PETRINI V. (2018). La prevenzione sismica in Italia: una sconfitta culturale, un impegno inderogabile.
<http://www.sigeaweb.it/documenti/prevenzione-sismica-italia.pdf>
- DAL PIAZ G.V. (1971). Alcune considerazioni sulla genesi delle ofioliti piemontesi e dei giacimenti ad esse associati. *Boll. Ass. Min. Subalpina*, 8, 365-388.
- DAL PIAZ G.V., HUNZIKER J.C., MARTINOTTI G. (1972). La Zona Sesia-Lanzo e l'evoluzione tettonico-metamorfica delle Alpi nordoccidentali interne. *Mem. Soc. Geol. It.*, 11, 433-466.
- DE NATALE G., PETRAZZUOLI S., ROMANELLI F., TROISE C., VACCARI F., SOMMA R., PERESAN A., PANZA G. (2019). Seismic risk mitigation at Ischia island (Naples, Southern Italy): an innovative approach to prevent catastrophic scenarios. Submitted to *Engineering Geology*.
- DOGLIONI C., PANZA G.F. (2015). Polarized Plate Tectonics. *Advances in Geophysics*, 56, 1-167, Doi: 10.1016/bs.agph.2014.12.001.
- DVRI (2017). Innovatori nella storia, <http://distrettovenezianoricerca.it/innovatori-nella-storia.html#galileo-galilei>
- Eos (2019). AGU News, Awardees and Prize Winners Honored at 2018 AGU Fall Meeting. *Earth & Space Science news*, 100, 2, 38-39.
- FOULGER G.R., PANZA G.F., ARTEMIEVA I.M., BASTOW I.D., CAMMARANO F., EVANS J.R., HAMILTON W.R., JULINA B.R., LUSTRINO M., THYBO H., YANOVSKAYA T.B. (2013). Caveats on tomographic images. *Terra Nova*, 25, 259-281. DOI: 10.1111/ter.12041.
- FREZZOTTI M.L., PECCERILLO A., PANZA G.F. (2010). Earth's CO₂ degassing in Italy. *Journal of the Virtual Explorer*, 36, paper 21, doi: 10.3809/jvirtex.2010.00227.
- Gutenberg Medal (2000). <https://www.egu.eu/awards-medals/beno-gutenberg/2000/giuliano-f-panza/>
- International Award (2018). <https://eos.org/agu-news/panza-receives-2018-international-award>
- KEILIS-BOROK V.I., SOLOVIEV A.A. (Eds) (2003). *Non-linear dynamics of the lithosphere and earthquake prediction*, Springer, Heidelberg, Germany, pp. 337, ISBN 978-3-662-05298-3.
- KOSSOBOKOV V.G., ROMASHKOVA L., PANZA G.F., PERESAN, A. (2002). Stabilizing intermediate-term medium-range earthquake predictions. *J. Seismology Earthquake Engineering*, 2002, 4, 11-19.

- KOSSOBOKOV V.G. (2017). Testing an Earthquake Prediction Algorithm: The 2016 New Zealand and Chile Earthquakes. *Pure Appl. Geophys.* 174, 1845–1854; <https://doi.org/10.1007/s00024-017-1543-9>.
- KOSSOBOKOV V.G., PERESAN A., PANZA G.F. (2015). On operational earthquake forecast/prediction problems. Opinion Paper. *Seism. Res. Letters*, 86, March/April 2015. doi: 10.1785/0220140202.
- KOSSOBOKOV V.G., SOLOVIEV A.A. (2015). Evaluating the results of testing algorithms for prediction of earthquakes. *Doklady Earth Sciences* 460, 192–194; <https://doi.org/10.1134/S1028334X15020208>
- MALUSÀ M.G., FREZZOTTI M.L., FERRANDO S., BRANDMAYR E., ROMANELLI F., PANZA G.F. (2018). Active carbon sequestration in the Alpine mantle wedge and implications for long-term climate trends. *Nature Scientific Reports*, 8, 4740, DOI:10.1038/s41598-018-22877-7.
- MELETTI, C. (2019). Come si racconta la pericolosità sismica? <https://blog.ilgiornaledellaprotezionecivile.it/italiapaesesismico/2019/01/06/come-si-racconta-la-pericolosita-sismica/?fbclid=IwAR3C3sQknSD5t3sJz-kM16mmyiCP7Zk5KabvwnXiOfwIk8oBLa7AR8l3afLE>
- MELETTI C., PATACCA E., SCANDONE P. (2000). Construction of a seismotectonic model: the case of Italy. In: *Seismic Hazard of the Circum-Pannonian Region*, Eds: G.F. Panza, M. Radulian and C. Trifu, *Pure Appl. Geophys. Topical Volume*, 157, 11–35.
- MOLCHAN G., ROMASHKOVA L., PERESAN A. (2017). On some methods for assessing earthquake predictions. *Geophys J. Int.*, 210, 1474–1480, <https://doi.org/10.1093/gji/ggx239>
- NTC08 (2008) <http://www.cslp.it/cslp/index.php?option=com=view&id=66&Itemid=20>
- PANZA G.F., BRANDMAYR E., ROMANELLI F. (2015). The Alps and the deep revolution against standard plate tectonics: polarized plate tectonics. *Rend. Online Soc. Geol. It.*, Roma, 37, 50–53. Doi: 10.3301/ROL.2015.175.
- PANZA G.F., MUELLER S. (1978). The plate boundary between Eurasia and Africa in the Alpine Area. *Mem. Sc. Geol.*, 33, 43–50.
- PANZA G.F., CALCAGNILE G., SCANDONE P., MUELLER S. (1980). La struttura profonda dell'Area Mediterranea. *Le Scienze*, 141, 60–69.
- PANZA G.F., CALCAGNILE G., SCANDONE P., MUELLER S. (1982). Die Geologische Tiefenstruktur des Mittelmeerraumes. *Spektrum Wissen.*, 1, 18–28.
- PANZA G. F., LA MURA C., PERESAN A., ROMANELLI F. VACCARI F. (2012). Seismic Hazard Scenarios as Preventive Tools for a Disaster Resilient Society. *Advances in Geophysics*, 53, 93–165.
- PANZA G.F., ROMANELLI F., VACCARI, F. (2001). Seismic wave propagation in laterally heterogeneous anelastic media: theory and applications to seismic zonation. *Advances in Geophysics*, 43, 1–95.
- PANZA G.F., SCANDONE P., CALCAGNILE G., MUELLER ST., SUHADOLC P. (1989). Modello strutturale: note illustrative del modello della litosfera in Italia e regioni circostanti. *Progetto Finalizzato Geodinamica* inedito; maggiori dettagli in Panza *et al.* (1980, 1982).

- PERESAN A., KOSSOBOKOV V.G., ROMASHKOVA L., PANZA, G.F. (2005). Intermediate-term middle-range earthquake predictions in Italy: a review. *Earth Sci. Rev.*, 69, 97-132.
- PERESAN A., KOSSOBOKOV V.G., PANZA G.F. (2012). Operational earthquake forecast/prediction, *Rend. Fis. Acc. Lincei*, 23, 131-138, DOI:10.1007/s12210-012-0171-7.
- PERESAN A. (2018). Recent developments in the detection of seismicity patterns for the Italian region. In: *Pre-Earthquake Processes: A Multi-disciplinary Approach to Earthquake Prediction Studies*, Eds: D. Ouzounov, S. Pulinets. K. Hattori, P. Taylor. Chapter 9, Volume 234, *AGU Geophysical Monograph Series*. Wiley and Sons, 149-172. DOI: 10.1002/9781119156949.ch9
- RUGARLI P. (2018). *Norme tecniche per le Costruzioni 2018*, EPC Editore, Roma, pp. 558. ISBN 978-88-6310-846-0. https://www.epc.it/contenuti/NTC2018_IVed_sito.pdf
- RUGARLI P. (2019). *Norme tecniche per le costruzioni integrate con la circolare applicativa. Con CD-ROM*, EPC Editore, Roma, pp. 1087. ISBN 88-6310-906-0. <https://www.epc.it/Prodotto/Editoria/Libri/Norme-tecniche-per-le-Costruzioni-integrate-con-la-circolare-applicativa/885>
- RUGARLI P., AMADIO C., PERESAN A., FASAN M., VACCARI F., MAGRIN A., ROMANELLI F., PANZA G.F. (2019) Neo-Deterministic Scenario-Earthquake Accelerograms and Spectra: a NDSHA approach to seismic analysis, Chpt. 6 In: *Engineering Dynamics and Vibrations: Recent Developments*, Eds: Jia, J. and Paik, J.K., 187-241, CRC Press Boca Raton, Florida, USA. ISBN:978-1-4987-1926-1 <https://www.crcpress.com/Engineering-Dynamics-and-Vibrations/Jia-Paik/p/book/978149871926>
- SCANDONE P. (1978). Relazione introduttiva. Progetto Finalizzato Geodinamica. Sottoprogetto Modello Strutturale. *Mem. Soc. Geol. Ital.*, 19, 435-436.
- TUMANIAN M., FREZZOTTI M. L., PECCERILLO A., BRANDMAYR E., PANZA G.F. (2012). Thermal structure of the shallow upper mantle beneath Italy and neighbouring areas: Correlation with magmatic activity and geodynamic significance. *Earth Sci. Rev.*, 114, 369-385.

GIAN BATTISTA VAI^(*)

DAI PASCOLI IRPINI ALLO «SFASCIUME» CALABRO LUCANO
ALLE COLTRI DELLE ALPI, E RITORNO: PAOLO SCANDONE

ABSTRACT. – Paolo Scandone's core vision about geological structure of the Apennines and their relation with adjoining seas and the Alps focused on the analysis of the intra Messinian tectonic phase and the overall chronology of the Apennine deformation applied to the *Synthetic Structural-Kinematic Map of Italy* 1:2.000.000 (1985-1989), the two different Apennine Arc, and the CROP profiles. His view suggests «that active subduction processes of the Po-Adriatic-Ionian lithosphere beneath the Apennines in post-Tortonian time are incompatible with the admissible slip vectors of the Adriatic Promontory». The anatomy of the «Calabria-Peloritani arc» shows Alpine and extra-Alpine affinity favouring its interpretation as a composite recent terrane. A deep knowledge of Alpine and basement geology, as Paolo had, was required to clear up the complex geology of Calabria. About the presumed controversy between Raimondo Selli and Scandone, it did not overcome the level of friendly discussion. Paolo was fascinated from Selli, as to duplicate and update many aspects of Selli's scientific and professional works, with the same rigorous interdisciplinary field approach. Selli had great esteem of Paolo, and perhaps felt that Paolo and Renzo Sartori, deep friends in research teams, were to become his two leading pupils.

Il mio primo incontro con molti di quelli che sarebbero diventati i geologi della mia generazione e il più dei nostri Maestri, di una generazione precedenti, risale all'8-14 Settembre 1963, la 62^a Adunanza Estiva della SGI in Carnia, Presidente Selli, con la pioggia battente nella sessione al coperto a Bologna e una fantastica sequela di sei splendide radiose giornate nei colori smaglianti della geologia carnica. Ricordo di primo acchito D'Argenio, Colacicchi, Praturlon, Casnedi, Carulli, Brambati, Dal Cin, Cocozza, Braga, Bonardi, Premoli Silva, Cita, Sgrosso, Vezzani, Berzi, Pasini, Semenza, Parea, Torre, Bortolotti, Passerini, Zanzucchi, da un lato, e Schiavinato, Scarsella, Ogniben, Deriu, Giannini, Malaroda, Trevisan, Desio, Losacco, Vardabasso, e tanti altri, dall'altro, fino ai grandi vecchi Gortani e Kahler (Ciabatti 1974).

^(*) Museo Geologico Giovanni Capellini, Dip BiGeA, *Alma Mater Studiorum* Bologna.

Paolo Scandone non c'era.

Lo incontrai le prime volte a Roma agli inizi degli anni 1970, al Convegno dei Lincei sulle *Moderne Vedute della Geologia dell'Appennino* (1972), e nella serie di Seminari sul Messiniano dal 1973 al 1976. Diventammo amici nell'avventuroso Convegno SGI in Calabria nel 1976, in particolare nella giornata dedicata al Paleozoico di Stilo-Bivongi. Sarebbe rimasto un rapporto di stima e fiducia costante e inalterato fino all'ultimo.

Altri approfondiranno in modo sistematico e contestuale la sua opera scientifica e organizzativa, sempre ai vertici per qualità e alla frontiera per novità, sempre a partire dall'esperienza e dai dati originali. Io mi limiterò alle testimonianze e alle percezioni sorte in noi da quando operavamo insieme in alcuni progetti a cui si applicava la sua inesaurita passione di ricercatore.

Mi riferirò quindi, per rapidi cenni, a:

1. L'immersione passiva della litosfera adriatica, la fase intramessiniana e la cronologia della deformazione appenninica applicata nella *Synthetic Structural-Kinematic Map of Italy 1:2,000,000* (1985–1989), con i due archi appenninici e i CROP;
2. l'anatomia del *terrane* Calabro-Peloritano;
3. i rapporti fra Scandone e Selli.

1. L'IMMERSIONE PASSIVA DELLA LITOSFERA ADRIATICA, LA *SYNTHETIC STRUCTURAL-KINEMATIC MAP OF ITALY*, E LA FASE INTRAMESSINIANA, CON I DUE ARCHI APPENNINICI E I CROP

Negli anni 1970 l'impatto della *Plate Tectonics* suscitò entusiasmi anche in Italia, con adesioni immediate e largo seguito soprattutto nella scuola geologica toscana. Ricordo il clamore interno e internazionale dell'articolo di Boccaletti e altri presentato al 23^d IGC Montreal 1972, in una sessione eccitatissima.

Presto però cominciarono i distinguo fra gli stessi sostenitori italiani (con subduzioni oceaniche eterocrone opposte prima verso E poi verso W oppure con subduzione unica verso W, proprio in Toscana) e le parziali opposizioni di scettici e critici. Costoro rappresentavano un arco vasto di chi, accettato il nuovo modello in linea più o meno speculativa, ne constatava le difficili applicazioni in aree complesse come quelle alpino mediterranee, e ne contestava l'accettazione letterale; e cominciava a teorizzarne le modifiche.

Le prime modifiche sostanziali erano la subduttività della crosta profonda (per motivi di densità praticamente analoga a quella della crosta oceanica), il suo facile disaccoppiamento dalla crosta superiore, e il conseguente

sviluppo della tettonica post collisionale, tanto evidente e diffusa nelle catene alpino mediterranee.

Fra chi sosteneva questa visione non poteva mancare Paolo, campione di esperienza e diuturna osservazione in campagna, geologo completo dotato di competenza autonoma e di sensibilità disciplinare a largo spettro dall'analisi di facies alla tettonica, dalla micropaleontologia al magmatismo e alla geofisica, dalla paleogeografia all'attualismo e alla geodinamica, messi tutti alla prova nell'Appennino Meridionale e nelle Alpi Svizzere (campagne 1968 e 1973).

La Legge Sullo del 1960 per il completamento della prima *Carta Geologica d'Italia al 100.000* (a un secolo dall'avvio), aveva fornito massa critica (e giovane) alla piccola comunità geologica italiana. Il terremoto del Friuli (1976) ne aveva messo alla prova la capacità di intervento efficace anche nello studio e prevenzione dei rischi concreti e drammatici del Paese. Il grande terremoto dell'Irpinia (1980) comportava un impegno ancora maggiore, esteso all'intera Italia. L'Italia e i suoi geologi rispondevano ideando e attuando in ambito CNR il *Progetto Finalizzato Geodinamica* (1976-1981) (PFG) (una sorta di versione italiana del coevo *International Geodynamic Project*, rivolta concretamente alle esigenze vitali del Paese). Negli stessi anni iniziavano il *DSDP* (poi *ODP*) per la ricerca di conoscenza pura della geologia degli oceani, e il *Lithosphere Program* per quella finalizzata allo studio della *Plate Tectonics* nei continenti.

Quella appena schizzata qui sopra era la situazione in cui a metà anni 1980 stavamo operando per adottare una legenda comune per il *Modello Strutturale Tridimensionale* (MST), sotto progetto chiave del PFG. Era Paolo a guidarlo, nel modo più persuasivo, ma anche più umile e condiviso. Da qui comincia la mia interazione stabile, seppur ricorrente, con lui.

Era il Febbraio 1985 al Convegno della Regione Emilia-Romagna sulla Cartografia Geologica. Ero voce più critica, dove necessario, che partecipe (per polarizzazioni politiche indebite). Paolo era fra i relatori (Patacca, Scandone 1985) (Fig. 1), e sarebbe stato consulente della Regione per la sismotettonica. Proprio in quell'anno, con Alberto Castellarin e altri colleghi stavamo pubblicando la nostra visione sulla stratigrafia e struttura del margine dell'Appennino Settentrionale (Castellarin *et al.* 1985). E contemporaneamente con Stefano Marabini stavo pubblicando anche la geologia di quel corpo singolare, anche dal punto di vista strutturale, che è la Vena del Gesso Romagnola, già da un decennio al centro del rinnovato interesse internazionale sulla Crisi di Salinità del Messiniano nel Mediterraneo (Marabini, Vai 1985). Nel mio intervento al Convegno della Regione accennai anche alle prove convincenti di una fase tettonica regionale fra Gessoso Solifera e Formazione a Colombacci (più le sovrastanti Argille Azzurre del Pliocene basale) documentata in modo esemplare alla Cava Monticino di Brisighella.

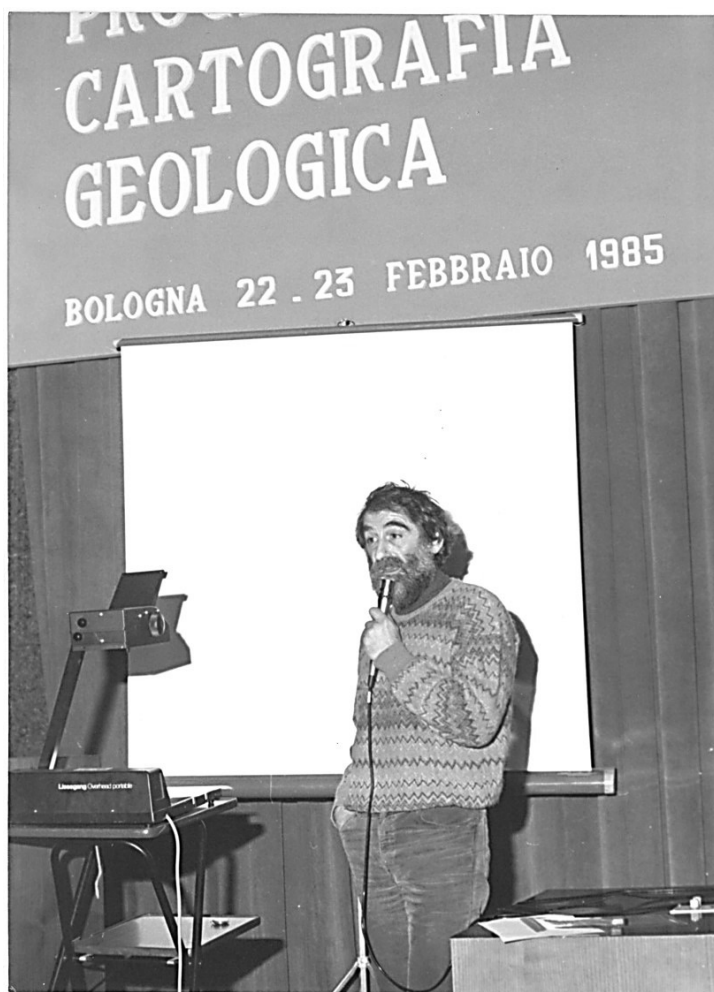


Fig. 1 – Paolo Scandone nel 1985, relatore al Convegno della Regione Emilia-Romagna sulla Cartografia Geologica.

Devo precisare che, allora, pochissimi avevano sospettato l'esistenza in Appennino di una tale fase, fra quelle ben documentate tortoniana e plioce-nica inferiore. Ricorderò solo un paio di fonti che riferivano evidenze pli-cative dubbie nei gessi vicini a Eraclea Minoa (es. Decima, Wezel 1973). Il dubbio derivava dall'imponente presenza di sali associati ai gessi siciliani e dalla conseguente tettonica diapirica, a scapito di una possibile tettonica regionale o sovra regionale.

Paolo mi chiese subito dettagli e precisazioni. In un successivo incontro, dopo qualche mese, mi esprime tutto il suo consenso dopo essersi recato in cava a verificare i dati. Ne era molto lieto, e ci era grato perché quell'evi-

denza risolveva molti altri casi ben più complessi in cui l'intervento di una tale fase tettonica era ipotizzabile ma non ancora dimostrato.

È un piccolo esempio di come l'indagine approfondita di un singolo caso rivesta in geologia una rilevanza generale in chi, come Paolo, affronta i problemi in maniera olistica, ed è pronto a coglierne ogni implicazione.

Me ne sono accorto nei tre o quattro anni seguenti, ogni volta in cui ci siamo seduti intorno a un tavolo durante i vari stadi di varo della legenda del MST e in particolare della versione sintetica al 2 milioni, un prodotto totalmente nuovo e originale pur nell'ambito del MST (Patacca, Scandone 2001).

Per il medio termine del *Lithosphere Program* con Boriani pensammo di organizzare un Convegno ai Lincei. Mi occupai di scegliere i relatori fra i numerosi partecipanti al Programma e poi di curare gli atti del Convegno (Boriani *et al.* 1989). Etta e Paolo furono fra i più solleciti, nonostante il frenetico periodo di impegni. Nell'articolo veniva discusso e formulato uno dei capisaldi della geologia scandoniana, a partire dal titolo *Post-Tortonian mountain building in the Apennines. The role of the passive sinking of a relic lithospheric slab* (Patacca, Scandone 1989). Le ragioni consistevano nel fatto che

active subduction processes of the Po-Adriatic-Ionian lithosphere beneath the Apennines in post-Tortonian times are incompatible with the admissible dip vectors of the Adriatic Promontory (Scandone, Patacca 1984). Therefore, all compressional features which have developed at the outer margin of the Apennines after Tortonian times must derive from an active thrust of the mountain chain over its foreland (Castellarin, Vai, 1986). The source area for this shortening should be sought in the Tyrrhenian basin and in the adjacent extensional regions (p. 159).

According to this model, folding and thrusting along the outer margins of the Apennines, time-space migration of the thrust belt-foredeep-foreland system and rifting in the Tyrrhenian area are different products of a unique, major geodynamic process controlled by gravitational sinking of a relic and fragmented lithospheric slab of the Adriatic promontory (p. 159).

Si doveva quindi ammettere che la litosfera padano-adriatica continentale fosse stata subdotta solo fino al Tortoniano, e dal Messiniano si fosse immersa passivamente per gravità entro la litosfera producendo un *roll back* e la geodinamica collegata.

L'idea espressa e documentata in Castellarin, Vai (1986) era sintetizzata nello schizzo che segue (Fig. 2).

A quel punto, decidere o meno della presenza di una fase deformativa regionale intra-Messiniana, in concomitanza col radicale cambiamento di regime geodinamico diventava critico per l'analisi cinematica, e Paolo poteva finalmente citare un'evidenza probante:

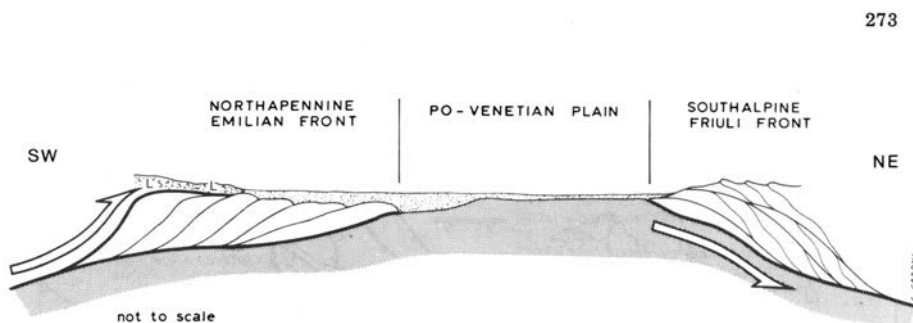


Fig. 8. Simplified kinematic S-N section across the eastern sectors of the Po Plain and the adjoining buried Apenninic and Southalpine fronts.

Fig. 2 – Accavallamento attivo dell’Appennino Settentrionale sull’avampaese padano-veneto, e sottoscorrimento solidale dei due componenti al fronte del Sudalpino orientale (Adriatic indenter) (da Castellarin, Vai 1986).

The first proof of a severe Messinian compression was provided, in our opinion, by Marabini and Vai (1985) who describe in Romagna a sharp angular unconformity between the lower Messinian evaporites and the upper Messinian “Argille a Colombacci” formation grading upwards to lowermost Pliocene deposits. The existence of this compressional phase along the Padan border of the Apennines suggests that the siliciclastic turbidites of the Fusignano formation (Dondi 1985) may be considered good evidence of a late Messinian foredeep basin in the Po Plain subsurface (p. 166).

Ciò che Paolo aveva potuto constatare nel 1985 è rappresentato fedelmente in una foto della Cava Monticino nel 1987 (Fig. 3), due anni dopo la scoperta dell’omonima fauna a vertebrati continentali tardo messiniani fluitati nella Formazione a Colombacci (Costa *et al.*, 1985; Marabini, Vai 1988). E ciò che ancor oggi appare nella ex cava monumentalizzata a Parco Museo Geologico è una esemplare discordanza angolare con substrato gessoso in un fianco di piega inclinato oltre 45° e paleocarsificato prima della deposizione della parte superiore della Formazione a Colombacci seguita in concordanza dalle Argille Azzurre del Pliocene basale in facies tipo Trubi, a strati inclinati sui 20° (Fig. 4).

L’importanza e l’estensione della fase intramessiniana nella costruzione della catena appenninica è evidente nella *Structural-Kinematic Map of Italy* al 2.000.000 (1989) (Fig. 5, dove la banda quasi centrale più chiara rappresenta la catena intramessiniana).

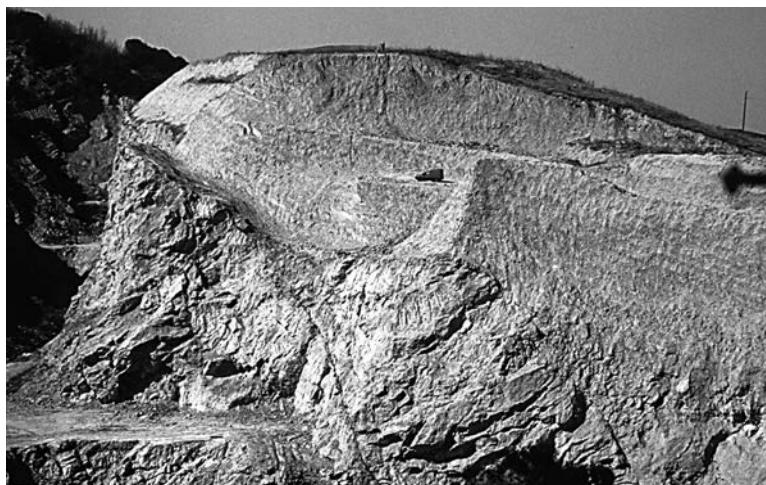


Fig. 3 – Discordanza intra Messiniana nella Cava Monticino di Brisighella nel 1987 (foto G.B. Vai). Evidente la superficie paleo carsica al tetto dei gessi piegati e inclinati oltre 45° con cavità riempita in discordanza da peliti fossilifere della Formazione a Colombacci seguite in concordanza dalle Argille Azzurre del Pliocene basale, inclinate meno di 20° , in cui si intravede la facies Trubi (ritmiti chiaro scure), unico caso finora in Italia settentrionale.



Fig. 4 – Parco Museo Geologico del Monticino di Brisighella nel Giugno 2006 (foto G.B. Vai). Ancor più marcata la superficie paleo carsica al tetto dei gessi piegati e inclinati oltre 45° con due cavità riempite in discordanza dalle peliti fossilifere della Formazione a Colombacci seguite in concordanza dalle Argille Azzurre del Pliocene basale, inclinate meno di 20° , in cui si intravede la facies Trubi (ritmiti chiaro scure), unico caso finora in Italia settentrionale.

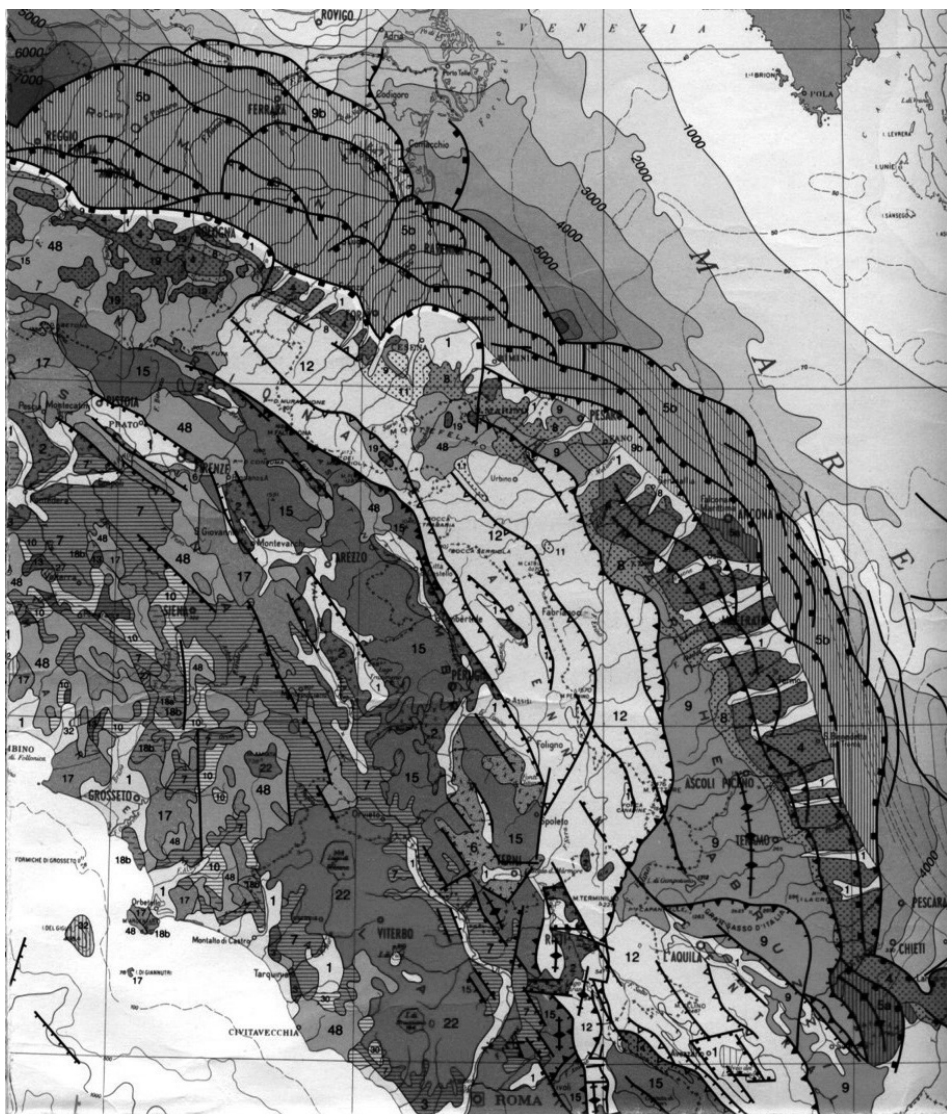


Fig. 5 – Estensione della catena intramessiniana (fascia centrale gialla) nella *Structural-Kinematic Map of Italy* (1989). Si noti che nel tratto settentrionale dell'Appennino la catena intramessiniana appare regolarmente incapsulata fra quella tortoniana (marron) a W e pliocenica inferiore (arancio) a E, mentre nel tratto meridionale è triplicata per il diverso grado di deformazione nei due archi appenninici.

La carta documenta e conferma la differenza radicale fra i due archi appenninici schematizzata in pianta (con una linearità e semplicità degna del famoso schizzo di Suess 1883 nel *Das Antlitz der Erde*) e in sezione da Patacca e Scandone (1989) (Figg. 6, 7 qui sotto).

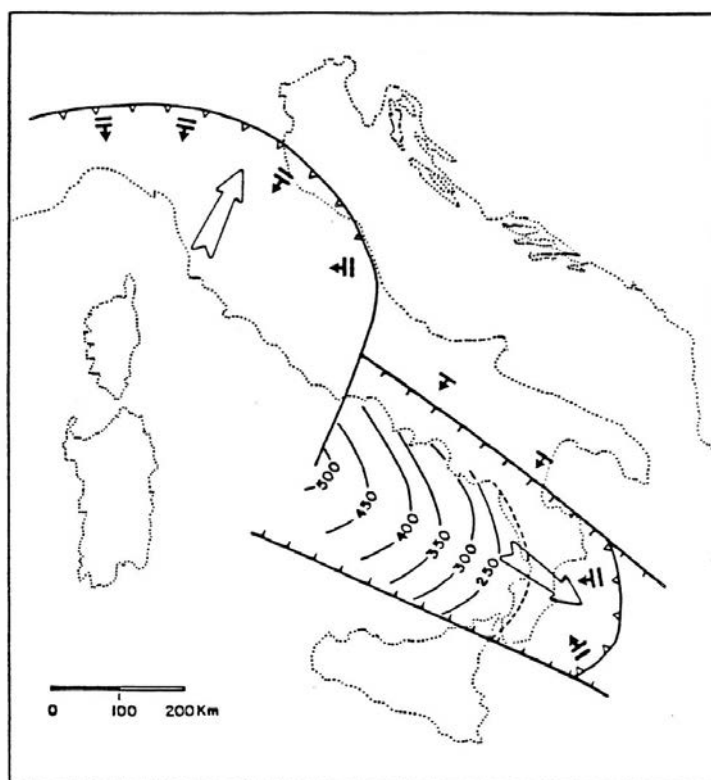


Fig. 6 – Immersione gravitazionale differenziale della litosfera padana, adriatica e ionica nei due archi appenninici durante il Quaternario, indicata dalle frecce nere; le frecce bianche segnano le direzioni del trasporto orogenico attuale (da Patacca, Scandone 1989).

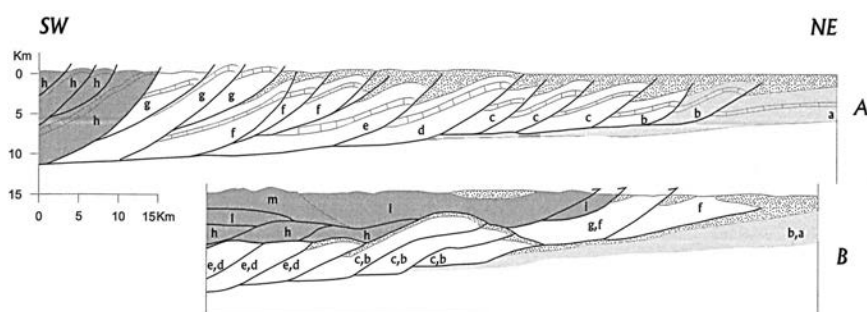


Fig. 7 – Differenza radicale di stile tettonico fra l'Arco Appenninico Settentrionale (A) e quello Meridionale (B); in grisé le unità già deformate dalla tettonica burdigaliana e tortoniana (da Patacca, Scandone 1989). La sezione A corre all'incirca da Piombino ad Ancona; quella B dal Napoletano alla Puglia. Le lettere minuscole indicano una propagazione regolare della deformazione verso l'esterno nella sezione A, e fuori sequenza nella sezione B.

2. L'ANATOMIA DEL *TERRANE* CALABRO-PELORITANO

Fino al 1978 Paolo usò il termine “Arco Calabro Peloritano”, come tutti in quegli anni (Amodio Morelli *et al.*, 1976). Ma già dal 1980 Paolo, pur senza modificare il termine, comincia a evidenziare le grandi differenze dei basamenti metamorfici e delle coperture post erciniche e alpine dei vari ‘blocchi’ che costituiscono l’insieme calabro-lucano-peloritano (Scandone, 1980; Scandone, 1982), implicandone storie geologiche e deformative diverse. Ciò ha un riflesso anche nelle legende della *Synthetic Structural-Kinematic Map of Italy* (1989) e dello *Structural Model* al 500.000 (1991). Paolo discute in particolare le diverse affinità metamorfiche dei basamenti e le differenti pertinenze delle coperture. Risulta così ben chiara la differenza fra Calabria settentrionale da un lato e Calabria meridionale più Peloritani dall’altro.

A partire da questo quadro analitico assai articolato, cominciai a valutare anche le differenze fra i suddetti ‘blocchi’ in termini di tipologia della catena ercinica (e/o precedente) più o meno metamorfica, rivelata soprattutto dallo studio dei calcari a conodonti e delle peliti ad acritarchi condotti in quegli anni. I risultati che ne derivavano sono sintetizzati qui sotto (Fig. 8) e nell’articolo *Il segmento calabro peloritano dell’orogene ercinico. Disaggregazione palinspastica* (Vai 1992) di cui riporto due passi:

L’«arco calabro-peloritano» si compone di vari frammenti di un antico basamento ercinico, imparentati fra di loro anche se non strettamente identici. Essi sono caratterizzati da metamorfismo ercinico abbastanza differente, ma sono tutti intrusi da granitoidi tardo ercinici. Coperture tardo erciniche mancano o sono sconosciute, mentre le coperture post-erciniche del ciclo alpino sono marcatamente diverse nei singoli frammenti. Si possono così riconoscere almeno sei diverse minizolle o blocchi singoli o compositi, aventi ognuno una data posizione palinspastica tardo ercinica, una specifica evoluzione post-ercinica e un caratteristico destino come «terrane» mono o poli accrezionari. È sorprendente rimarcare che un’accrezione così rimarchevole di «terrane» è quasi sempre largamente successiva all’impilamento delle falde che li costituiscono (p. 109).

A prescindere da altri problemi (come quello se la Calabria, e in particolare quella meridionale, poggia su crosta appenninica oppure ionica), la conclusione più sorprendente da sottolineare, comunque, è che tutti i blocchi individuati, ad eccezione di quello di Longobucco, mostrano vistosi processi di migrazione e accrezione marcatamente successivi alle fasi principali del loro impilamento tettonico interno. Pare proprio che la struttura delle aree mediterranee voglia distinguersi anche per la complessità dei suoi *terrane* (pp. 124–126).

Mi pare chiaro che qui usavo il termine *terrane* non come sinonimo di ‘coltre’ nella classica terminologia alpina (come purtroppo in quei tempi

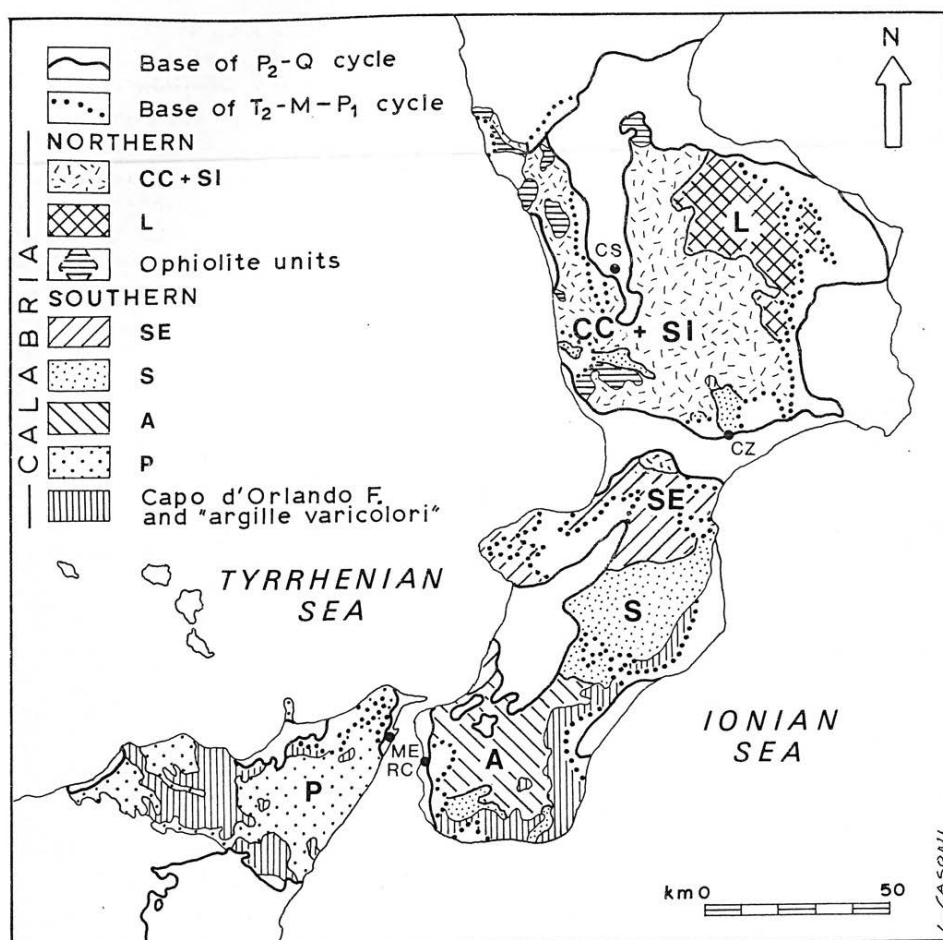


Fig. 8 – Distribuzione attuale dei *terrane* calabro peloritani: CC+SI Catena Costiera e Sila, L Longobucco, SE+S Serre e Stilo, A Aspromonte, P Monti Peloritani (da Vai 1992).

facevano, inutilmente, molti autori extra europei poco esperti di tettonica alpina), bensì termine specifico dell'accrescimento di un blocco esotico che può già contenere al suo interno un pezzo di catena a coltri.

Quasi dieci anni dopo la barriera del termine "Arco Calabro-Peloritano" veniva infranta in modo motivato e sostituita dal termine *Calabria-Peloritani Terrane* nel Cap. 17 del volume *Anatomy of an Orogen* (Vai, Martini 2001) proprio ad opera del più stretto coautore di Paolo in Calabria (Bonardi *et al.*, 2001). Anche da questo articolo riporto un brano topico:

This chapter provides a synthesis of the past and current state of the knowledge on geological structure and evolution of the Calabria-Peloritani terrane and the northern (N) Ionian Sea. A general introduction to the study area is followed by a brief overview of past interpretations, a description of its main tectono-stratigraphic units and a new interpretation of its evolution in terms of terrane analysis and accretion history. The term Calabria-Peloritani Arc, traditionally found in the literature, is discontinued because it refers to the present-day morphological curvature of the terrane in map view, but it is confusing if geologically defined.

The Calabria-Peloritani terrane (CPT) is a fault-bounded, exotic terrane located at the intersection between the NW-SE-trending Southern Apennines and the E-W-trending Sicilian Maghrebides (Fig. 17.1) (p. 287).

Non si trattava quindi di un puro cambiamento di nome, ma dell'interpretazione di una storia più complessa che richiedeva maggior varietà di termini per essere raccontata.

3. I RAPPORTI FRA SCANDONE E SELLI

Tratteggiare i rapporti tra Scandone e Selli in termini di contrasto, se non di guerra, sia pure scientifica e fra gentiluomini, sarebbe un errore di prospettiva storica, un vero anacronismo. Selli infatti non ha mai applicato una logica baronale né coi suoi assistenti/collaboratori a Bologna né con quelli di altre sedi. Forse una tale dialettica di contrapposizione si potrebbe applicare ai rapporti tra Cita e Selli sul Messiniano, ma non certamente nel caso di Selli e Scandone. Mai ho sentito Selli eccepire qualcosa su Scandone in tal senso, e lo stesso vale per Scandone. Questo però non impediva che fra i due ci fosse stata fin dall'inizio quella dialettica franca che ben si addiceva ai due, forse i migliori conoscitori della geologia dell'Italia Meridionale. Dialettica che è perdurata, fruttuosa, fra gentiluomini appunto, finché i due sono rimasti in vita e anche dopo la morte di Selli nel 1983.

Sarà bene ricordare che Selli soprattutto (1957, 1962, 1964), ma anche Ogniben (1969) hanno messo a disposizione di Scandone, e di molti altri giovani geologi delle scuole di Napoli, Roma, Bari, Messina, e Palermo, e non solo, un quadro rivoluzionato, riordinato e ispirato della complessa geologia meridionale, tale da stimolare nuove e importanti scoperte come quelle di Paolo e di altri.

La pubblicazione della monografia di Selli (1962) e la sua illustrazione al convegno SGI dello stesso anno suscitarono enorme scalpore, non tanto nei colleghi coetanei di Selli quanto nei giovani geologi portati alla ribalta della ricerca e del lavoro dalla legge Sullo del 1960, che in un decennio consentì il completamento della Carta Geologica d'Italia al 100.000, dopo quasi

un secolo dall'avvio incerto gestito da Quintino Sella. C'era una schiera di giovani dotati e appassionati che avevano già fatto sufficienti esperienze di campagna per poter discutere, quasi da pari a pari, ma anche sfruttare quel nuovo quadro interpretativo selliano, così armonico e lineare.

D'altra parte, le ragioni per una proficua dialettica, vicendevole, c'erano tutte. Selli già nelle Alpi Giulie aveva incontrato il Trias pelagico dei Bacini Giulio e Nordalpino, nelle scaglie sovrapposte del M. Mangart dove è presente anche il Trias di scogliera (Selli 1953, p. 21, nota 1; Vai 2017, pp. 24-26). L'aveva poi ritrovato, ancora più potente e profondo nelle Coltri Lagonegresi (Selli 1957, 1962, 1964; Casnedi 2017). Paolo ne aveva fatto la trasposizione, in termini di dominio pre-tettonico, nel Bacino Lagonegrese (Scandone 1967), generalizzando poi il concetto di Tetide Triassica (Scandone 1975). E su questo non c'era contrasto perché Selli come Paolo riteneva i bacini triassici indipendenti dalla Tetide giurassica.

Invece, quella della posizione specifica originaria delle Coltri Lagonegresi, se a E o a W oppure sia a E che a W, dell'Appennino Calcareo (la Piattaforma o le Piattaforme) era materia di discussione di grado specialistico ulteriore, che dipendeva molto anche dal grado di cilindrismo applicato nella ricostruzione (Vai 2001, pp. 20-29).

Che il quadro delineato sopra abbia fondamento trova esemplare conferma nel Bollettino SGI, Vol. Spec., n. 4 (2005) in onore di R. Selli e R. Sartori (Capozzi, Vai 2005). Nella Conferenza dedicata, tenuta nel Dicembre 2003 a Bologna, Paolo fu l'interprete e l'attore principale del ricordo dei due grandi geologi (Maestro e Allievo) prematuramente scomparsi (Figg. 9, 10).

All'inizio del 2003 Renzo Sartori e io avevamo trovato fra le carte di Selli, non ancora inventariate, una bozza in due versioni, di campagna e di bella temporanea, di una "*Carta Geologica del Sannio*" e un dattiloscritto, rigorosamente inediti. Paolo immediatamente si ricordò che a fine 1962, al convegno della SGI a Roma, Selli (presidente) ritenne opportuno tenere una relazione sul «Problema tettonico dell'Appennino meridionale» dove fornì ricchissima documentazione non contenuta nella monografia pubblicata (Selli 1962). In aggiunta, la relazione di cui Selli aveva annunciato la pubblicazione nel vol. 4 delle Memorie SGI, non vide mai la luce. Per questo motivo Paolo sospettò che il dattiloscritto potesse rappresentare una versione di quella relazione e si disse lieto di occuparsi, con Etta, dello studio e pubblicazione del nuovo materiale ritrovato.

La carta è stata digitalizzata e stampata postuma alla scala originaria 1:100,000 (Selli 2003) e commentata insieme con il dattiloscritto da Patacca, Scandone (2005). Appare evidente dalla loro ricostruzione l'elasticità mentale di Selli, maturo caposcuola, nel discutere e accettare quelle contestazioni puntuali dei giovani leoni che riteneva fondate, anche se in con-



Prof. Paolo Scandone tumači geološku građu centralnih Apenina (u pozadini najviši vrh Gran Corno 2890m)
Slika 3 od 15

ZATVORI
CLOSE X

Fig. 9 – Paolo Scandone intento a spiegare la geologia dell'Appennino Meridionale di fronte al Corno Grande del Gran Sasso.

26

E. PATACCA & P. SCANDONE

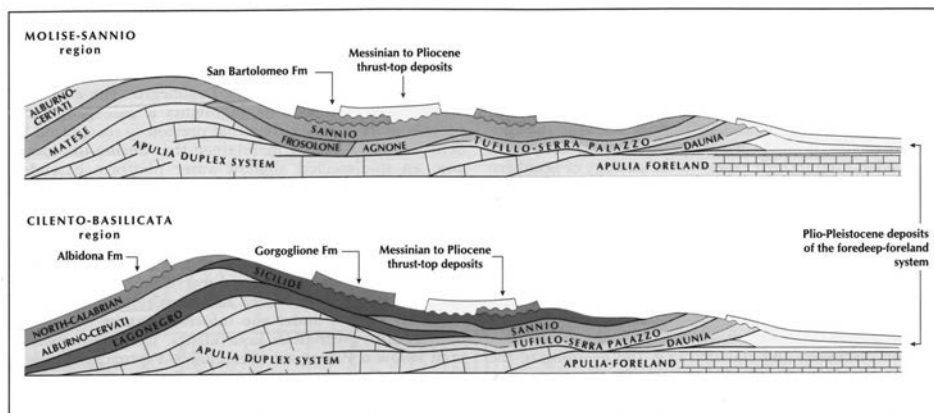


Fig. 10 – Assetto strutturale e disposizione geometrica, secondo la moderna letteratura geologica, delle unità tettoniche e stratigrafiche cartografate da R. Selli nella *Carta Geologica del Sannio e regioni limitrofe* (da Patacca, Scandone 2005).

flitto con aspetti delle sue pubblicazioni precedenti (per es. la serie bacinale autoctona nel pozzo S. Croce 1 (p. 25) a suggerire una paleogeografia più variegata anche nel Mesozoico).

E la carta di Selli, pur vecchia, allora, di almeno mezzo secolo, per loro

is therefore a unexplored mine of data, still to be fully exploited, containing observations that are well worth recovering and studying in the case we wish to realize an efficient update of the geological cartography of the region. Products such as this are increasingly rare today because too often they are substituted by geological maps that derive from models instead of contributing to create them (p. 30).

In chiusura, Patacca e Scandone (2005) si chiedono perché Selli non tenne fede al proposito di pubblicare la relazione e la Carta nel 1964. Posso testimoniare che non è questo il solo caso. Selli perfezionista lasciava sedimentare i suoi manoscritti anche per anni (Vai 1985). Se poi si ricorda solamente la messe di impegni, scientifici e non, assunti e realizzati in quegli anni cruciali (Vaiont, nuova sede dell'Istituto di Geologia, Congresso SGI in Carnia, Comitato Geologico, Consulenza per l'ONU, progetto Geologia Marina in Italia, concomitanza dell'AGI Field Trip Italy 1964), è comprensibile che Selli abbia dovuto rinunciare a quell'intenzione.

Si può quindi dire che la *Carta del Sannio* di Selli è stata stampata postuma, per nostro volere unanime e *in primis* di Paolo, non tanto come documento storico, già di per sé meritevole, quanto per farne pietra di paragone per la nuova campagna di cartografia geologica in atto allora in Italia (Vai 2005).

L'originale manoscritto della carta in bella, con la grafia tipica di Selli qua e là, è ancora esposto oggi nel Museo Geologico Giovanni Capellini.

Il mio grato ricordo di Paolo, sui rapporti con Selli, non potrebbe finire in modo migliore di quanto esprimano le parole stesse di Paolo (in Patacca, Scandone 2005):

The oldest of the present writers, who attended the session of the Italian Geological Society held in Rome in December 1962, would like to conclude these notes by remembering the expectation that there was for Selli's paper, the attentive silence that accompanied the presentation of the work and the long debate that animated the following discussion. Many young geologists were present full of enthusiasm but arguably with limited capacity to distinguish between first-order problems and marginal problems. These young geologists argued with the «baron», disputing many aspects of the proposed model, aspects that in their opinion contradicted the «objective» geological data. Raimondo Selli listened carefully to these criticism and replied politely but very coldly, in the style of an «old university baron». None of those present could have imagined that very soon after the «old baron» would have given to those same young researchers a lesson of vivacity and scientific curiosity inviting

them to discuss in the field the main points of disagreement. And this discussion in effect took place during a long fieldtrip in the Southern Apennines from Sannio to Basilicata. During the same trip, Selli defined the plan for an excursion (see Selli 1964) that the American Geological Institute wished to dedicate, precisely in 1964, to the geology of the Apennines (p. 30).

Evidentemente, il presunto «vecchio barone universitario» si era dimostrato, in breve volger di tempo, il Selli vero, riflessivo, attento, dialettico, e trascinatore di giovani. Questo mi ha spinto a ritenere Paolo un grande vero allievo di Selli.

REFERENZE

- AMODIO MORELLI L. *et al.*, 1976. *L'Arco Calabro-Peloritano nell'Orogene appenninico-maghrebide*. Mem. SGI, 17: 1-60.
- BIGI G. *et al.*, 1991. *Synthetic structural-kinematic Map of Italy. Time of main alpidic deformations and of related sedimentary metamorphic and magmatic processes, Scale 1:2.000.000*. In: CNR – Progetto Finalizzato Geodinamica, Structural Model of Italy. SELCA, Firenze 1991.
- BIGI G. *et al.*, 1992. *Structural Model of Italy 1:500.000 and Gravity Map*. CNR-Progetto Finalizzato Geodinamica, Quad. Ric. Sci., 3, n.114, SELCA, Firenze.
- BONARDI G., CAVAZZA W., PERRONE V., ROSSI S., 2001. *Calabria-Peloritani terrane and northern Ionian Sea*. In: VAI G.B., MARTINI I.P. (eds), 2001. *Anatomy of an Orogen: The Apennines and Adjacent Mediterranean Basins*. Kluwer Academic Publishers: 287-306.
- BORIANI A., BONAFEDE M., PICCARDO G.B., VAI G.B. (Eds.), 1989. *The lithosphere in Italy. Advances in Earth Science Research*. It. Nat. Comm. Int. Lith. Progr., Mid-term Conf. (Rome, 5-6 May 1987), Atti Convegni Lincei, 80: 540 pp.
- CIABATTI M., 1965. *La LXII Adunanza Estiva della Società Geologica Italiana*. Bollettino SGI, 83 (1964), 3: 375-407.
- CASNEDI R., 2017. *Raimondo Selli, consulente nella ricerca petrolifera nell'Italia meridionale (anni '50)*. In: VAI, G.B. (a cura di), *Raimondo Selli (1916–1983) e la Società Geologica Italiana*, Suppl. n.2 Italian Journal of Geosciences vol. 137 n. 1: 107-114.
- CASTELLARIN A., EVA C., GIGLIA G. & VAI G.B., 1985. *Analisi strutturale del Fronte Appenninico Padano*. Giornale di Geologia, 47: 47-75.
- CASTELLARIN A., VAI G.B., 1986. *Southalpine versus Po Plain Apenninic arcs*. In: WEZEL F.C. (ed), *The Origin of Arcs*, Amsterdam, Elsevier: 253-280.
- COSTA G.P., COLALONGO M.L., DE GIULI C., MARABINI S., MASINI F., TORRE D., VAI G.B., 1985. *Latest Messinian vertebrate fauna preserved in a palaeo-karst-neptunian dyke setting (Brisighella, Northern Apennines)*. Le Grotte d'Italia, (4), 12, 1984-1985: 221-235.

- DECIMA A., WEZEL F.C., 1973. *Late Miocene Evaporites of The Central Sicilian Basin*, Italy. In: W.B.F. RYAN *et al.* (eds), Initial Reports DSDP 13: 1234–1240.
- MARABINI S., VAI G.B., 1985. *Analisi di facies e macrotettonica nella Vena del Gesso in Romagna*. Bollettino SGI, 104: 21-42.
- MARABINI S., VAI G.B., 1988. *Geology of the Monticino Quarry (Brisighella, Italy). Stratigraphic implications of its Late Messinian mammal fauna*. In: DE GIULI C., VAI G.B. (eds), *Fossil Vertebrates in the Lamone Valley, Romagna Apennines*, Int. Work. “Continental faunas at the Miocene/Pliocene Boundary”: 39-52.
- OGNIBEN L., 1969. *Schema introduttivo alla geologia del confine calabro-lucano*. Memorie SGI, 8: 453-763.
- PATACCA E., SCANDONE P., 1985. *Struttura geologica dell’Appennino emiliano-romagnolo: ipotesi sismotettoniche*. Regione Emilia-Romagna, Conv. Reg. di Cartografia, Atti del Seminario (Bologna, 22-23 febbraio 1985): 102-118.
- PATACCA E., SCANDONE P., 1989. *Post-Tortonian mountain building in the Apennines. The role of the passive sinking of a relic lithospheric slab*. In: BORIANI A., BONAFEDE M., PICCARDO G.B., VAI G.B. (Eds.) *The lithosphere in Italy. Advances in Earth Science Research*. It. Nat. Comm. Int. Lith. Progr., Mid-term Conf. (Rome, 5-6 May 1987), Atti Convegno Lincei, 80: 157-176.
- PATACCA E., SCANDONE P., 2001. *Late thrust propagation and sedimentary response in the thrust belt-foredeep system of the Southern Apennines (Pliocene-Pleistocene)*. In: VAI G.B., MARTINI I.P. (Eds.), *Anatomy of a mountain: The Apennines and adjacent Mediterranean basins*. Kluwer Academic Publ., 401-440.
- PATACCA E., SCANDONE P., 2005. *The Geological Map of Sannio and surroundings Areas by Raimondo Selli (Scale 1:100.000). A precious collection of still current data*. In: R. CAPOZZI, G.B. VAI, *Geology of the Tyrrhenian Sea and the Apennines: a volume in honour of Raimondo Selli and Renzo Sartori*. Bollettino SGI, Vol. Spec. n. 4 (2005): 17-30.
- SCANDONE P., 1975. *Triassic seaways and the Jurassic Tethys Ocean in the Central Mediterranean Area*. Nature, 256: 117-119.
- SCANDONE P., 1980. *Origin of the Tyrrhenian Sea and Calabrian Arc*. Bollettino SGI, 98: 27-34.
- SCANDONE P., 1982. *Structure and evolution of the Calabrian Arc*. Earth Evolution Sciences, 3: 172-180.
- SELLI R., 1953. *La geologia dell’alto bacino dell’Isonzo (Stratigrafia e Tettonica)*. Giornale di Geologia, 19: 1-153.
- SELLI R., 1957. *Sulla trasgressione del Miocene nell’Italia meridionale*. Giornale di Geologia, 26: 1-54.
- SELLI R., 1962. *Il Paleogene nel quadro della geologia dell’Italia meridionale*. Memorie SGI, 3: 737-789.
- SELLI R., 2003. *Carta Geologica del Sannio e regioni limitrofe*. Pubblicata postuma a cura di R. SARTORI, L. CARMIGNANI, E. PATACCA, P. SCANDONE, G.B. VAI. 2 Fogli in scala 1:100.000, LAC Firenze. Allegata al Bollettino SGI, Vol. Spec. N. 4, 2005.
- VAI G.B., 1985. *Raimondo Selli (1916–1983)*. Commemorazione alla seduta tematica della Società Geologica Italiana, S. Benedetto del Tronto, 16 Aprile 1984. Memorie SGI 27-1984: 5-15.

- VAI G.B., 1992. *Il segmento calabro peloritano dell'orogene ercinico. Disaggregazione palinspastica*. Bollettino SGI, 111 (1992): 109-129.
- VAI G.B., 2005. *Rationale and recurrences*. In: R. CAPOZZI & G.B. VAI (eds), *Geology of the Tyrrhenian Sea and the Apennines: a volume in honour of Raimondo Selli and Renzo Sartori*, Bollettino SGI, vol. spec. 4: 5-7.
- VAI G.B., 2017a. *L'opera scientifica di Raimondo Selli (1916-1983)*. Seconda edizione, Società Geologica Italiana, Suppl. n.2 Italian Journal of Geosciences, 137 n. 1: 1-96.
- VAI G.B., (a cura di), 2017b. *Raimondo Selli (1916-1983) e la Società Geologica Italiana*, Suppl. n.2 Italian Journal of Geosciences vol. 137 n. 1: 97-133.
- VAI G.B., MARTINI I.P. (eds), 2001. *Anatomy of an Orogen: The Apennines and Adjacent Mediterranean Basins*. Kluwer Academic Publishers: 636 pp.

CARLO DOGLIONI^(*)

STRUTTURA DELL'APPENNINO MERIDIONALE E IL CONTRIBUTO DI PAOLO SCANDONE

RIASSUNTO – La conoscenza della struttura dell'Appennino Meridionale ha avuto un fondamentale avanzamento grazie agli studi stratigrafici e tettonici di Paolo Scandone. Sulla base delle sue scoperte e dei vincoli dettati dal bilanciamento delle sezioni geologiche, è più consistente il modello di accrezione *thin-skinned*, cioè della sola parte alta della crosta adriatica in subduzione sotto l'Appennino. Il basamento cristallino può essere stato coinvolto come relitto della catena alpina ereditata a ovest con tettonica *thick-skinned*, o come horst troncato dal piano di scollamento basale del prisma di accrezione appenninico posizionato nella parte superficiale della crosta e in propagazione verso 'est', in associazione all'arretramento della cerniera dello slab.

La struttura profonda della catena appenninica rimane ancora un argomento controverso: domina il regime *thin-skinned* (prisma di accrezione coinvolgente la sola copertura sedimentaria) o quello *thick-skinned* (prisma con rampe dei sovrascorrimenti radicate nel basamento metamorfico)? Gli studi giovanili scandoniani di straordinaria importanza sui sedimenti del Bacino Lagonegrese Mesozoico, sovrascorsi sulla Piattaforma Apula coeva, impongono un coinvolgimento primario della copertura sedimentaria, con un raccorciamento minimo di oltre 250 km. Questo dato è imprescindibile nelle ricostruzioni della geometria e cinematica della strutturazione appenninica. L'Appennino Meridionale si trova al margine nordest di una subduzione conclamata di almeno 550 km sotto la Calabria e il Tirreno Meridionale, a dimostrazione che un raccorciamento equivalente deve essere ritrovato all'interno dell'intero prisma di accrezione appenninico nell'area di massima espansione calabra. Questi vincoli determinano un limite di profondità ammissibile per il piano di scollamento basale del prisma di accrezione: se il piano di scollamento avesse coinvolto l'intera crosta a una profondità di circa 30 km, la subduzione di 550 km avrebbe

^(*) Linceo, Dipartimento Scienze della Terra, Università Sapienza e Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Roma.

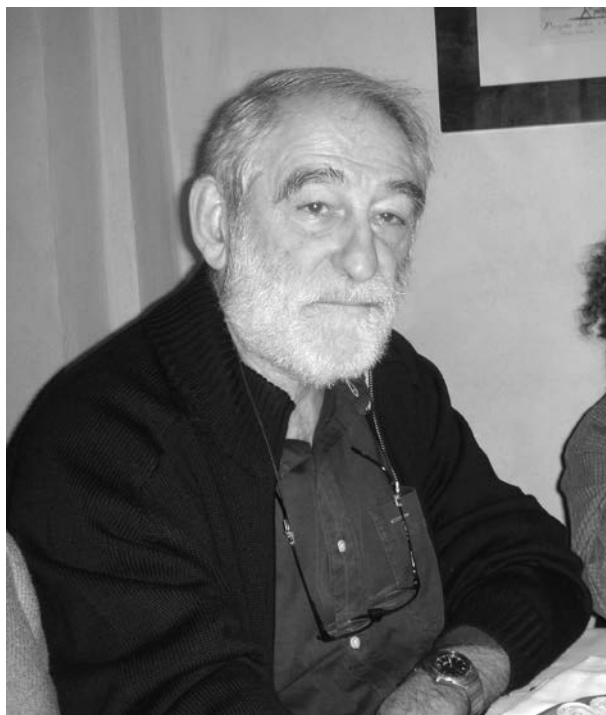


Fig. 1 – Paolo Scandone nel 2004 a Padova, in occasione della Laurea Honoris causa attribuita a Carlo Morelli, su iniziativa di Giorgio Vittorio Dal Piaz.

generato una catena ‘semi-himalayana’ con una sezione di 16.500 km². In realtà, le sezioni del prisma calabro hanno aree in sezione crostale di circa 3000 km² e la conseguenza è che il piano di scollamento deve essere stato inevitabilmente molto superficiale, viaggiante in larga parte nella copertura sedimentaria depostasi sopra la crosta oceanica dello Ionio. Il coinvolgimento del basamento metamorfico e cristallino sia ercinico che alpino in Calabria e Basilicata è però un dato di fatto: questo basamento è stato solo sollevato precedentemente durante la formazione della catena alpina con subduzione a polarità opposta, oppure è stato anche coinvolto dal prisma di accrezione da un piano di scollamento coinvolgente la parte alta del basamento della crosta continentale della placca adriatica durante la subduzione appenninica?

Geometria, cinematica e dinamica sono il percorso più logico per ricostruire i fenomeni naturali. In tettonica, la stratigrafia e la disposizione spaziale delle rocce rappresentano la ricostruzione prima per ogni interpretazione della geologia di una regione. Gli studi stratigrafici pionieristici di Paolo Scandone (Fig. 1) sono stati una rivoluzione nell’analisi e comprensione dell’alloctonia delle facies bacinali mesozoiche Lagonegresi sulla co-

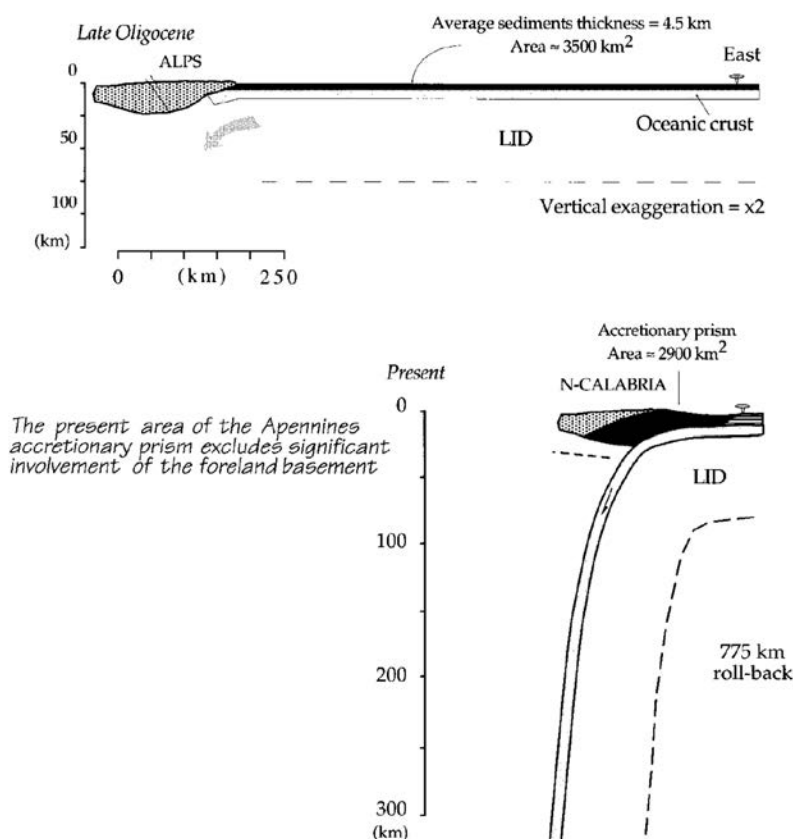


Fig. 2 – L'area del prisma appenninico in una sezione dalla Calabria verso lo Ionio è troppo piccola per poter ipotizzare il pieno coinvolgimento della crosta nel prisma di accrezione. Assumendo una subduzione di 550 km e una profondità del piano di scollamento a 20 km, l'area della catena dovrebbe raggiungere circa 11000 km², mentre al massimo si possono calcolare circa 3000 km² (Doglioni *et al.* 1999). sismicità e dai dati geodetici (Devoti *et al.* 2008).

eva piattaforma Apula (Scandone 1967; 1972; 1975). Si veda l'articolo di Daniele Bernoulli in questo volume.

Le sue ipotesi sono state ampiamente confermate dalle perforazioni petrolifere dell'Appennino Meridionale. Il problema meccanico di come far sovrascorrere e raccorciare di oltre 250 km la copertura sedimentaria rimane un problema irrisolto, ma siamo già avanti nel coniugare la geometria con la cinematica, visto che i dati stratigrafici, tettonici, tomografici e geodetici sono coerenti con la subduzione acclarata sotto tutta la catena appenninica. Il prisma di accrezione si è creato a spese della placca Adriatico-Ionica a letto, in subduzione verso 'ovest' (Fig. 2). Lo slab è notoriamente arretrato relativamente alla placca Europea a tetto, lasciando una litosfera budinata

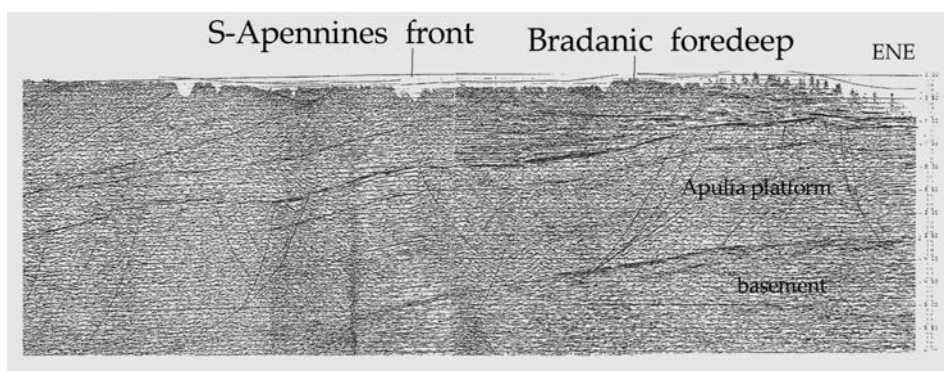


Fig. 3 – Profilo sismico Agip-ENI attraverso l'Appennino Meridionale lucano in cui si riconoscono la monoclinale regionale con la piattaforma apula e il basamento cristallino immergenti a ovest, la sovrastante avanfossa bradanica e il prisma appenninico.

nel bacino di retroarco, rappresentato dal Mediterraneo occidentale, formatosi dall'Eocene superiore all'attuale. La subduzione appenninica si è sviluppata lungo la retrocatena alpina, in particolare dove era presente litosfera oceanica tetidea (Catalano *et al.* 2001). La regola strutturale della geometria e cinematica appenninica è dunque associata all'arretramento dello slab, con accrezione nella parte pellicolare e formazione dell'avanfossa lungo un avampase in subsidenza. Propagandosi verso 'est', la parte interna è stata e viene abbandonata a 'ovest' nell'area soggetta a estensione, come documentato sia dalle faglie che ritagliano i sovrascorrimenti, che dalla sismicità e dai dati geodetici (Devoti *et al.* 2008).

L'accrezione si è esplicitata con frequenti retroscorrimenti e quindi strutture a triangolo visibili sia in affioramento che nella prosecuzione del prisma nello Ionio (Doglioni *et al.* 1999; Patacca, Scandone 2007).

L'Appennino Meridionale è il segmento della catena appenninica che appare più rallentato nell'arretramento della subduzione e quindi nell'avanzamento del prisma di subduzione, come documentato ripetutamente dai lavori di Etta Patacca e Paolo Scandone (ad es. 2007), come anche dai dati GPS (Devoti *et al.* 2007). Il volume limitato della catena appenninica, oltre che il dato di sismica a riflessione (Fig. 3) vincolano la tipologia del prisma di accrezione, facendo pendere l'interpretazione per un modello thin-skinned, cioè con un piano di scollamento pellicolare (Fig. 4).

La dorsale appenninica è comunque la sede di sismicità devastante generata dalla tettonica estensionale, come evidente dal terremoto di Mw 6.9 del 23 novembre 1980. La comprensione di questi eventi è di vitale importanza scientifica e sociale. Il modello dei gravimoti (o graviquake) è in grado

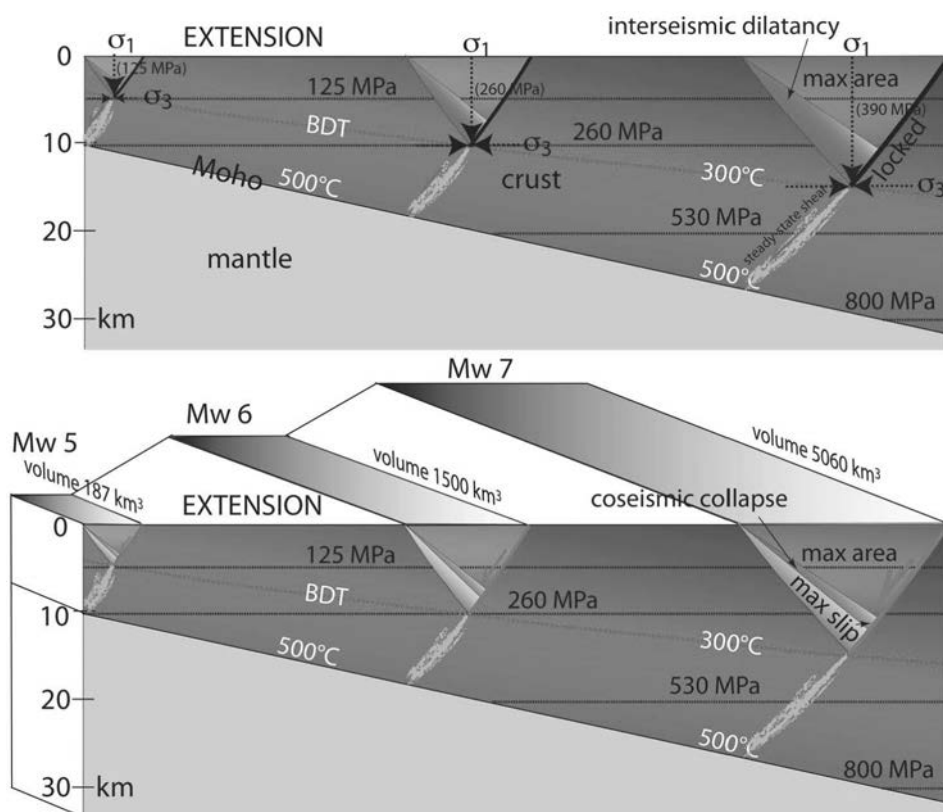


Fig. 5 – Spostandosi dal Tirreno all’asse della catena appenninica, la transizione fragile-duttile (BDT) si approfondisce, ispessendo lo spessore sismogenetico. Si osserva che, in generale, tale spessore si moltiplica per circa 3 volte lungo l’orizzontale nel determinare il volume e quindi la relativa lunghezza di una faglia normale. Più è grande il volume, maggiore è la magnitudo attesa al collasso del volume stesso che richiede la generazione di una fascia pre-dilatata durante il periodo intersismico in zona antitetica. Il carico litostatico è in megapascal (MPa).

riveste dunque un ruolo essenziale nel controllo della dimensione della sismicità (Fig. 5).

Paolo Scandone, nella sua evoluzione di ricercatore, ha virato verso ricerche finalizzate allo studio strutturale come base per l’esplorazione mineraria e per l’applicazione concreta della tettonica all’analisi della pericolosità sismica. Fu un attore protagonista del Gruppo Nazionale Difesa Terremoti, in cui riuscì a comunicare l’importanza della comprensione del modello geologico nell’identificazione delle aree maggiormente esposte alla sismicità. Il suo ruolo proponente del progetto ‘Geodinamica’ ebbe anche questa fondamentale applicazione di cui hanno giovato generazioni di giovani geologi.

Paolo Scandone è stato un vero protagonista della geologia e della scienza italiana. Promotore e realizzatore del progetto 'CROP 04', ha contribuito in modo fondamentale allo sviluppo delle geoscienze in Italia. Intellettuale colto e raffinato, lettore incallito e pronto al continuo rinnovamento, ha rappresentato per tanti ricercatori un vero esempio. Ha seminato e raccolto grandi risultati di cui gli siamo tutti grati.

Grazie a Raimondo Catalano per avermi stimolato a contribuire con questo breve ricordo.

BIBLIOGRAFIA

- BERNOULLI D., 2019. A portrait of the scientist as a young man: Paolo Scandone fathoms the Triassic seaways. Atti dell'Accademia dei Lincei, questo volume.
- CATALANO R., DOGLIONI C., MERLINI S., 2001. On the Mesozoic Ionian basin. *Geophys. J. Int.*, 144, 49-64.
- CHIARABBA C., DE GORI C., SPERANZA F., 2008. The southern Tyrrhenian subduction zone: Deep geometry, magmatism and Plio-Pleistocene evolution. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 268, 408-423.
- DE GORI P., CIMINI G.B., CHIARABBA C., DE NATALE G., TROISE C., DESCHAMPS A., 2001. Teleseismic tomography of the Campanian volcanic area and surrounding Apenninic belt. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 109, (1-3), 55-75.
- DEVOTI C., RIGUZZI F., CUFFARO M., DOGLIONI C., 2008. New GPS constraints on the kinematics of the Apennines subduction. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 273, 163-174.
- DOGLIONI C., CARMINATI E., CUFFARO M., SCROCCA D., 2007. Subduction kinematics and dynamic constraints. *Earth Science Reviews*, 83, 125-175, doi:10.1016/j.earscirev.2007.04.001.
- DOGLIONI C., CARMINATI E., PETRICCA P., RIGUZZI F., 2015. Normal fault earthquakes or graviquakes. *Scientific Reports*, 5, 12110 doi:10.1038/srep12110.
- DOGLIONI C., GUEGUEN E., HARABAGLIA P., MONGELLI F., 1999. On the origin of W-directed subduction zones and applications to the western Mediterranean. *Geol. Soc. Sp. Publ.*, 156, 541-561.
- DOGLIONI C., HARABAGLIA P., MARTINELLI G., MONGELLI F., ZITO G., 1996. A geodynamic model of the Southern Apennines. *Terra Nova*, 8, 540-547.
- DOGLIONI C., MERLINI S., CANTARELLA G., 1999. Foredeep geometries at the front of the Apennines in the Ionian sea (central Mediterranean). *Earth & Planetary Science Letters*, 168, 3-4, 243-254.
- PATACCA E., SCANDONE P., 2007. Geology of the Southern Apennines. *Boll. Soc. Geol. It., Italian J. Geosci.*, 7, 75-119.
- PETRICCA P., BARBA S., CARMINATI E., DOGLIONI C., RIGUZZI F., 2015. Graviquakes in Italy. *Tectonophysics*, 656, 202-214, doi:10.1016/j.tecto.2015.07.001

- PROSSER G., SCHIATTARELLA M., TRAMUTOLI M., DOGLIONI C., HARABAGLIA P., BIGOZZI A. 1996. Una sezione rappresentativa dell'Appennino Meridionale. Conferenza sulla Ricerca Scientifica in Basilicata, Università della Basilicata, 1° marzo 1996.
- SCANDONE P., 1967. Studi di geologia lucana: la serie calcareo-silico-marnosa e i suoi rapporti con l'Appennino calcareo. Boll. Soc. Natur. Napoli, 76: 301-469.
- SCANDONE P., 1972. Studi di geologia lucana: Carta dei terreni della serie calcareo-silico-marnosa e note esplicative. Boll. Soc. Natur. Napoli, 81: 225-300.
- SCANDONE P., 1975. Triassic seaways and the Jurassic Tethys Ocean in the central Mediterranean area. Nature 256: 117-119.
- SCROCCA D., CARMINATI E., DOGLIONI C., 2005. Deep structure of the Southern Apennines (Italy): thin-skinned or thick-skinned? Tectonics, 24, TC3005, doi:10.1029/2004TC001634.

ALESSANDRO IANNACE^(*)

PAOLO SCANDONE E LA GEOLOGIA A NAPOLI “SENZA SCANDONE”

ABSTRACT. – In 1978 Paolo Scandone left the University of Naples to get a new position at Pisa University. For many years, however, he has been “present” in Naples through countless tales and anecdotes about his researches, lectures and recreational affairs taught by his former colleagues in Naples. All these memories, notwithstanding some contrasting judgements about his role in the riotous Neapolitan academic environment of the '70's, agreed on assigning to him an undisputed talent for field and regional geology. His scholarship is further witnessed by the persistence of his regional geological models in orienting many succeeding researches as well as by particularly well documented descriptions.

LA NAPOLI DEL “DOPO-SCANDONE”

Mi sono iscritto al Corso di Laurea in Scienze Geologiche dell'Università di Napoli nell'autunno del 1980, qualche mese prima del terribile terremoto che tanti effetti ha avuto sulla vita della città e sul Paese tutto, a cominciare dalla creazione della protezione civile e la costruzione di reti sismiche. Qualche mese dopo mi intrufolai, da giovane studente curioso, tra i geologi italiani riuniti a convegno nello splendido scenario del Castel dell'Ovo sul lungomare di Napoli. Mi fece grande effetto l'intervento di un geologo barbuto grazie al quale venni a conoscenza della subduzione e del vulcanismo calco-alcalino nel Mar Tirreno e in Calabria, scoperta entusiasmante per un ragazzo che aveva appena iniziato ad appassionarsi alla Tettonica delle Placche ma che, come molti, la associava alla cintura di fuoco del Pacifico o alla faglia di San Andreas.

Qualche anno dopo, quando con la tesi di laurea iniziai il mio percorso di avvicinamento all'ambiente accademico, potei collegare questa figura, ancora sfocata nel ricordo, al nome di Paolo Scandone e seppi che solo pochi anni

^(*) Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e delle Risorse, Università Federico II, Napoli.

prima aveva lasciato l'Università di Napoli per insegnare a Pisa. Iniziava per me quel fenomeno che ha caratterizzato la formazione di molti studenti napoletani negli anni '80 e '90, e cioè fare geologia "senza Scandone". Intendo dire occuparsi di geologia con la costante presenza, veicolata dai racconti dei suoi ex-colleghi, della figura scientifica e umana di Paolo Scandone.

Il mio modo di ricordare e di onorare la figura di Paolo Scandone, non essendo stato presente durante gli anni da lui trascorsi all'Università di Napoli, è quello di dare una testimonianza del periodo immediatamente successivo. In particolare, ricordare come il suo carisma, la sua autorità scientifica e la sua carica di energia siano riusciti a resistere anche in sua assenza nell'ambiente scientifico napoletano, in particolare, ma non solo, tra coloro che si riconoscevano nella geologia "classica", cioè quella strettamente vincolata all'analisi di terreno ed alla ricostruzione geologico-regionale.

Tra la fine della tesi di laurea e fino alla fine degli anni '90, cioè da quando ho cominciato a essere uno studente "interno" del Dipartimento e poi ricercatore, ho in effetti avuto modo di vedere come la figura di Paolo Scandone fosse tangibile per i continui riferimenti nei racconti dei miei colleghi. Tali racconti riguardavano non solo esperienze di didattica e di ricerca condivise con Scandone ma anche vividi racconti e aneddoti di quei tanti momenti di convivialità che la geologia, ed in particolare le esperienze di campagna, sempre offrono ai praticanti di questa disciplina. Devo anche ricordare che tali racconti non sempre erano contrassegnati da connotazioni positive ma, ancor più per questo, lasciavano sempre emergere la fortissima influenza che ancora esercitava la sua figura.

Bisogna dire che questi giudizi discordanti erano il riflesso di un vero e proprio scisma che si era verificato sul finire degli anni '70 nella geologia napoletana a seguito di due eventi che avrebbero avuto importanti conseguenze sullo sviluppo di questo settore dell'Accademia: mi riferisco al trasferimento di Felice Ippolito (direttore del Dipartimento dal 1969) all'Università di Roma nel 1977 e poi di Paolo Scandone all'Università di Pisa nel 1978. Questi eventi, piuttosto burrascosi nelle loro dinamiche accademiche e personali, sono ancora troppo vicini, e alcuni protagonisti ancora troppo coinvolti, perché io, che non li ho vissuti direttamente, possa darne una disamina storica completa ed equilibrata. Per questo motivo mi limiterò solo a testimoniare del peso e della figura di uno dei protagonisti di questi avvenimenti.

La comunità scientifica con la quale iniziai a confrontarmi nei primi anni '80 era divisa in due vere e proprie fazioni: coloro che erano stati grandi sostenitori di Paolo Scandone, che ne avevano condiviso stili e temi di ricerca nonché idee ed umori, anche politici, e che si ritenevano orfani (o a me sembravano tali) del loro maestro; coloro che invece non manifestavano particolare nostalgia per quella fase della vita geologica napoletana durante la quale

il peso di Scandone, fortemente appoggiato da Ippolito, era evidentemente stato decisivo nel condizionare le vicende didattiche e gli indirizzi di ricerca dell'allora Istituto di Geologia. Un giudizio sul quale tutti però in qualche modo concordavano era la grande competenza di Scandone nel campo della geologia regionale, frutto di una sua proverbiale ed ineguagliabile capacità di analisi di terreno. Da questo punto di vista si può affermare senza dubbio che per alcuni Scandone avesse finito per incarnare quasi un mito, il mito del “geologo rilevatore”. Il rilevamento geologico, come interpretato da Paolo Scandone, veniva esaltato attraverso il ricordo di lunghe ed impegnative campagne geologiche, arricchito, a seconda di chi lo rievocava, da dettagli su sgroppate lungo sentieri impossibili sotto la pioggia, sistemazioni di fortuna, cene attorno al fuoco con vino (spesso “spuntato” a detta di molti) e “schitarrate” del maestro. Ma, soprattutto, il rilevamento geologico era diventato, per l'intera sede napoletana, una disciplina *in sé* piuttosto che un metodo e, soprattutto, quasi l'unica attività di ricerca degna di interesse che potesse impegnare un geologo: e Scandone ne era il profeta, anche se ormai esiliato. La cosa significativa è che il gruppo che era stato grande sostenitore di Scandone riteneva di averne ereditato la scuola e quindi si attribuiva la patente di continuatore dell'opera, soprattutto quella finalizzata alla ricostruzione della paleogeografia appenninica; al contrario, l'altro gruppo tradiva spesso, nella propria attività di ricerca, l'intenzione di voler dimostrare di poter fare “meglio di Scandone”, anche laddove il rilevamento geologico e la geologia regionale non erano i temi centrali della ricerca.

Nella mia attività di dottorando e poi di ricercatore ho avuto modo di ascoltare tanti racconti sul periodo di “quando c'era Scandone” dai numerosi colleghi che lo avevano frequentato. Non potendo fare in queste pagine una lunga raccolta di aneddoti né una disamina del dibattito scientifico dell'epoca, mi limiterò a citare solo due persone molto legate a Paolo. La prima è la collega Valeria Zamparelli, dalla quale ho ascoltato sempre i commenti più scevri da pregiudizi scientifici e più ricchi di affetto, forse perchè meno toccata dalla profonda divisione che interessò l'ambiente di San Marcellino, la splendida sede monumentale della geologia e paleontologia napoletane fino al 2018. A testimonianza degli anni di amicizia e collaborazione tra Valeria e Paolo ci sono alcune immagini (Fig. 1), realizzate dal Direttore dell'Istituto Francesco Scarsella, che li ritraggono durante un'ascensione al Corno Grande del Gran Sasso (in perfetta consonanza con il mito) per una campionatura della successione stratigrafica.

La seconda di queste persone è stata Paola de Capoa, ora scomparsa e molto cara a tante generazioni di studenti di Geologia. Paola, che aveva contribuito con i suoi studi biostratigrafici alle fondamentali ricostruzioni stratigrafiche e tettoniche di Paolo Scandone nei primi anni '60 (Scandone, de Capoa 1966), aveva conservato con lui un profondo legame. Per me



Fig. 1 – Paolo Scandone e Valeria Zamparelli durante una escursione al Corno Grande del Gran Sasso.

Paola de Capoa rimane legata, in particolare, ad un episodio per il quale Paolo Scandone, dopo tanti anni nei quali era stato per me solo il “mito”, acquisì improvvisamente concretezza umana. Fu in occasione, purtroppo, della morte di Paola, allorché una sera Paolo, avendo appreso che io stavo curando la commemorazione della collega, mi telefonò, profondamente turbato, per “parlare con me” di Paola, come farebbero dei vecchi amici. In quell’occasione sentii che il legame affettivo forte stabilito da entrambi con Paola de Capoa, in tempi e modi diversi, aveva fatto nascere tra noi un sentimento che non esito a definire di amicizia e che potrei qualificare come un altro dei tanti momenti nei quali Paolo è stato a Napoli senza esserci.

Come conclusione di questa lunga influenza ricordo il giorno in cui, avendo citato il nome di Scandone ad uno studente, mi accorsi che questi non lo aveva mai sentito nominare: in quel momento realizzai che un grande ciclo si era definitivamente chiuso.

IL MIO RAPPORTO SCIENTIFICO CON PAOLO SCANDONE

Non mi sono mai confrontato direttamente sul terreno con Paolo Scandone, ma alla fine ho dovuto “fare i conti” con un paio dei suoi contributi sulla geologia dell’Italia meridionale.

Avevo terminato un dottorato in sedimentologia dei carbonati (Iannace 1991) e nell’ambiente napoletano ero considerato un “non-geologo”, vale

a dire non un membro della razza degli Scandone, avvezzi a macinare chilometri quadrati per produrre estese carte geologiche. Qualche anno dopo, avendo trovato delle facies di *reef* triassiche nella Calabria settentrionale, mi ritrovai a dover scrivere il *Geological setting* dell'articolo (Boni *et al.* 1994) nel quale sarebbero state descritte. Si trattava di citare la stratigrafia delle unità carbonatiche di San Donato e Verbicaro, che erano state introdotte in Amodio-Morelli *et al.* (1976). Tale lavoro, come è noto, è una ampia e fondamentale monografia multidisciplinare sull'Arco calabro-peloritano, con tantissimi autori in ordine alfabetico, tra i quali Scandone, in realtà l'ispiratore fondamentale dell'intera ricerca. Presi atto in quell'occasione che per i miei co-autori, colleghi della generazione di Scandone, sarebbe stato sufficiente citare tale lavoro per inquadrare la geologia regionale di questo settore. Al contrario, io mi accorsi che le successioni di nostro interesse erano trattate solo marginalmente in Amodio-Morelli *et al.* (1976) e, peraltro, sulla base di uno schema molto povero di dati.

Ho già raccontato in un altro lavoro commemorativo (Iannace, Vitale 2013) come la rivalutazione delle stratigrafie precedentemente pubblicate sull'area e una lunga fase di verifiche sul campo avessero condotto ad una interpretazione geologico-regionale sostanzialmente diversa da quella proposta nello schema di Amodio-Morelli *et al.* (1976), successivamente integrato nel Modello Strutturale d'Italia (Bigi *et al.* 1991). Voglio qui solo sottolineare che con questo episodio avevo toccato con mano quanto l'*auctoritas* di Paolo potesse in qualche modo far desistere molti ricercatori dall'approfondire uno suo schema geologico regionale, quasi fosse protetto da un *ipse dixit*.

In altre occasioni ho invece avuto modo di trarre grande profitto dalla precisione e dalla ricchezza di documentazione fornite dai lavori di Paolo Scandone, il logico (ma non scontato!) complemento della sua ampia conoscenza della geologia di terreno. Tutto nacque, in particolare, da una roccia che aveva attratto la mia attenzione negli scantinati di San Marcellino e che individuai subito come dolomia con strutture “a zebra”, un tipico prodotto di attività diagenetica idrotermale (Beales, Hardy 1980). Poiché il campione faceva parte di una collezione raccolta nella successione triassica lagonegrese, ne trassi la conclusione che in qualche parte dei depositi bacinali lagonegresi dovesse essere presente della dolomia idrotermale.

In anni successivi, preparando attività didattiche di campo a Sasso di Castalda, in Basilicata, mi ritrovai a leggere con attenzione le pubblicazioni di Scandone. In quell'occasione compresi come buona parte della formazione triassica dei “Calcarei con Selce” fosse costituita in realtà da dolomie; in particolare, Scandone aveva pubblicato alcune immagini di affioramenti di dolomia “a zebra” (da lui definita “dolomia con fratture-diaframma”) con

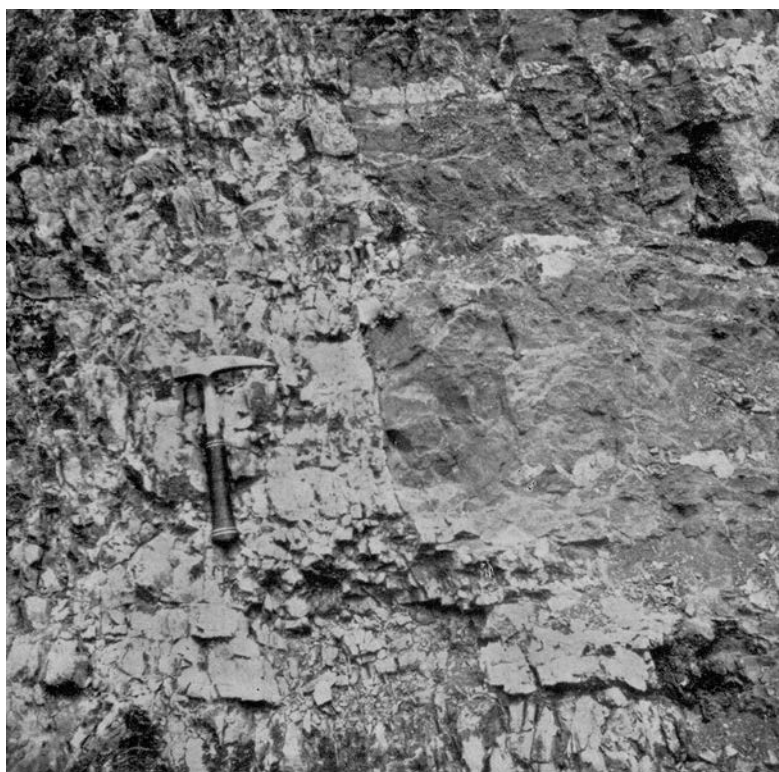


Fig. 2 – Dolomia a zebra della successione dei Calcarei con selce di Lagonegro: immagine tratta dalla monografia di Scandone (1967).

l'annotazione della loro ubicazione (Fig. 2). L'accuratezza della descrizione mi consentì di ritrovare con facilità l'affioramento quando iniziai a studiare i fenomeni di circolazione idrotermale legati alla formazione dei *fold-and-thrust belt*. La dolomitizzazione idrotermale, ben nota nell'ambiente minerario fin dagli inizi del '900 e da me già studiata in relazione alle mineralizzazioni della Sardegna sud-occidentale (Boni *et al.* 1992), sul finire degli anni '90 era stata "riscoperta" dal mondo della ricerca petrolifera (Davies, Smith 2006). Non a caso, sul tema furono coinvolti colleghi dell'Istituto Francese del Petrolio con i quali documentammo (Iannace *et al.* 2012; Gabellone *et al.* 2013) il fenomeno della dolomitizzazione idrotermale associata alle fasi di deformazione della successione lagonegrese. Da notare che, quando la ricerca fu estesa all'intera area di affioramento dei Calcarei con Selce, nonché al sottosuolo, fu anche dimostrato come le precedenti ipotesi sull'origine di queste dolomie, pubblicate da Scandone (1967) e Miconnet (1988) e poi sviluppate da Passeri *et al.* (2005), e che io avevo ritenute erranee, fossero invece sostanzialmente corrette almeno per una parte di tali dolomie (Gabellone *et al.* 2014).

EPILOGO

Da ricercatore formatosi nella sede di Napoli in anni successivi al trasferimento di Paolo Scandone da Napoli a Pisa, ho scritto queste note per rievocare il clima che si era stabilito proprio in quegli anni nel Dipartimento di Scienze della Terra di Napoli e per testimoniare come la figura e l'opera di Paolo avesse permeato l'ambiente geologico napoletano ben al di là della sua presenza fisica.

A prescindere dalle opinioni, talvolta divergenti sul suo operato, queste influenze dimostrano come quello di Paolo Scandone debba essere considerato un vero e proprio magistero culturale a cui la geologia napoletana è debitrice. Tra i suoi insegnamenti, in parte dispersi dopo la sua partenza, c'era quello di una Geologia intesa come scienza unificante (anche nella pratica), al di là delle emergenti divisioni in specialismi. E, come complemento, l'importanza delle evidenze di terreno, e quindi del rilevamento geologico, inteso non come specialità fine a sé stessa ma come pratica che dà un senso e che accomuna ogni indagine o modello geologico, per quanto specialistico.

Il “mito del geologo rilevatore”, alimentato nella sede di Napoli negli anni '80 e '90 dal ricordo di Scandone, fu accompagnato paradossalmente da una progressiva riduzione delle ore dedicate alla didattica sul terreno. Se c'è un contributo che credo di aver dato per riannodare le fila con una persona che non ho avuto direttamente come docente e maestro è stato quello di aver fatto sì che le campagne sul terreno ridiventassero una prassi consolidata nei corsi ad impronta geologica della sede di Napoli. Se c'è invece un rammarico è quello di non aver potuto confrontarmi direttamente con lui, non su temi di ricerca, ma nell'interpretazione di un classico della cultura musicale napoletana, “*O guarracino*”, unica attività nella quale, mi dicono, forse avrei potuto avere l'ambizione di superarlo.

BIBLIOGRAFIA

- AMODIO MORELLI L., BONARDI G., COLONNA V. *et al.* 1976. *L'Arco calabro-peloritano nell'orogene appenninico-maghrebide*. Mem. Soc. Geol. Ital., 17: 1-60.
- BEALES F.W., HARDY J.L. 1980. *Criteria for the recognition of diverse dolomite types with an emphasis on studies on host rocks for Mississippi Valley-Type ore deposits*. In Zenger D.H., Dunham J.B., Ethington R.L. eds., *Concepts and Models of Dolomitization*: SEPM Special Publication, 28: 197-213.
- BIGI G., COSENTINO D., PAROTTO M., SARTORI R., SCANDONE P. 1991. *Structural model of Italy*. CNR, Roma.

- BONI M., IANNACE A., KÖPPEL V., FRUH-GREEN G., HANSMANN W. 1992. *Late- to post-Hercynian hydrothermal activity and mineralization in SW Sardinia (Italy)*. *Economic Geology*, 87: 2113-2137.
- BONI M., IANNACE A., TORRE M., ZAMPARELLI V. 1994. *The Ladinian-Carnian reef facies of Monte Caramolo (Calabria, Southern Italy)*. *Facies*, 3: 185-196.
- DAVIES G.R., SMITH JR L.B. 2006. *Structurally controlled hydrothermal dolomite reservoir facies: an overview*. *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, 90:1641-1690.
- GABELLONE T., GASPARRINI M., IANNACE A., INVERNIZZI C., MAZZOLI S., D'ANTONIO M. 2013. Fluid channeling along thrust zones: the Lagonegro case history, southern Apennines, Italy. *Geofluids*, 13: 140-158.
- GABELLONE T., IANNACE A., GASPARRINI M. 2014. *Multiple Dolomitization Episodes in Deep-Water Limestones of the Triassic Lagonegro Basin (Southern Italy): From early reflux to tectonically driven fluid flow*. *J. Sediment. Res.*: 435-456.
- IANNACE A. 1991. *Il Trias Superiore di piattaforma carbonatica nei Monti Lattari e Picentini (Salerno): studi sedimentologici e diagenetici*. Tesi di Dottorato di Ricerca, Università Federico II di Napoli.
- IANNACE A., GASPARRINI M., GABELLONE T., MAZZOLI S. 2012. *Late dolomitization in basinal limestones of the southern Apennines fold and thrust belt (Italy)*. *Oil & Gas Science and Technology, Revue d'IFP Energies Nouvelles*, 67: 59-75.
- IANNACE A., VITALE S. 2013. *The value of the old scientific literature: a lesson from the Calabria-Lucania border geology*. *Rendiconti on line della Soc. Geol. Ital.*, 25: 68-77.
- MICONNET P. 1988. *Evolution Mésozoïque du secteur de Lagonegro*. *Mem. Soc. Geol. Ital.* 41: 321-330.
- PASSERI L., BERTINELLI A., CIARAPICA G. 2005. *Paleogeographic meaning of the Late Triassic–Early Jurassic Lagonegro units*. *Boll. Soc. Geol. Ital.*, 124: 231-245.
- SCANDONE P. 1967. *Studi di geologia lucana: la serie calcareo–silico–marnosa e i suoi rapporti con l'Appennino calcareo*. *Boll. Soc. Naturalisti in Napoli*, 76: 1-175.
- SCANDONE P., DE CAPOA P. 1966. *Sulla posizione stratigrafica e l'età dei livelli a Daonella ad Halobia in Lucania*. *Boll. Soc. Naturalisti in Napoli*, 75: 30-39.

FRANCO BARBERI^(*)

IL RUOLO DI PAOLO SCANDONE NEL PROGETTO FINALIZZATO GEODINAMICA DEL CNR

(*Riassunto*)

Il Progetto Finalizzato Geodinamica (PFG) ha operato dal 1976 al 1981. In ambito internazionale era stato lanciato l'*International Geodynamics Project* e con Paolo Scandone, Paolo Gasparini, Renato Finetti ed altri, ci adoperammo per far approvare dal CNR una versione italiana, del tutto originale, di un "Progetto Geodinamica" che si prefiggesse come obiettivo principale il tema della valutazione e mitigazione dei rischi sismico e vulcanico. Il compito non era facile, perché era necessario elaborare uno studio di fattibilità e farlo approvare da almeno due Comitati del CNR (Scienze Fisiche e Scienze Geologiche) e coinvolgere un terzo Comitato, quello di Ingegneria, che era indispensabile per fornire le competenze necessarie relative alla valutazione della vulnerabilità delle strutture. Il contributo al Progetto di Giuseppe Grandori, ingegnere sismico del Politecnico di Milano, si rivelò poi assolutamente essenziale.

Il PFG è stato senza dubbio il più grande sforzo di ricerca multidisciplinare coordinato realizzato in Italia: oltre 1.000 ricercatori partecipanti, da tutte le Università e Istituti di ricerca italiani, che variavano per specializzazione dalla geologia strutturale all'ingegneria sismica, alla sismologia, alla vulcanologia. Furono prodotti il Modello Strutturale e la Carta Neotettonica d'Italia, un nuovo catalogo dei terremoti, la prima classificazione sismica del Territorio nazionale. Furono realizzate mappe geologiche e di pericolosità dei vulcani attivi italiani, e le prime reti geofisiche e geochimiche di monitoraggio dei vulcani. Vennero elaborati manuali tecnici per gli interventi di consolidamento sismico delle "vecchie" costruzioni, quelle più vulnerabili perché realizzate prima della classificazione sismica del Territorio. Ma soprattutto furono gettate, in Italia, le basi per una cultura della prevenzione dei rischi sismico e vulcanico.

^(*) Linceo, Università Roma Tre.

Paolo Scandone è stato uno dei principali protagonisti del PFG e lo diresse anche brevemente nel 1977, dopo Paolo Gasparini e prima di me. Il suo contributo principale è stato la realizzazione del Modello Strutturale d'Italia, opera mastodontica della quale altri parleranno e che conserva tuttora un grande valore scientifico. Paolo partecipò anche a tutte le scelte principali del Progetto in materia di rischio sismico e di classificazione sismica del territorio nazionale. Conservo ancora vivo il ricordo della sua mente aperta, della sua vasta cultura geologica e geofisica, della sua straordinaria capacità di sintesi.

DISCUSSIONE FINALE

Nel commemorare Paolo Scandone era nostra intenzione recuperare e rilanciare i risultati delle sue ricerche ancora di grande impatto. Ci è sembrato opportuno sentire le opinioni di molti operatori della ricerca ancora in attività che per varie ragioni potevano contribuire a questa iniziativa. Come si è visto nella appassionata discussione che si è svolta nella seconda parte del convegno, qui riportata nei punti essenziali, il dibattito si è concentrato sullo Structural Model of Italy and Gravity Map e, in particolare, sulla possibilità di renderlo fruibile nel contesto attuale, prospettiva già sollevata da Franco Barberi, Carlo Doglioni e Giorgio V. Dal Piaz. Si auspicava la sua divulgazione attraverso la costruzione di un moderno webGIS on line, con la possibilità di integrarlo con ulteriori studi e nuovi dati. Questo strumento, già in parte elaborato dallo stesso Scandone, era stato illustrato nella presentazione di Carmignani (Carmignani et al., questo volume), partendo dalla considerazione che la diffusione e l'utilizzo, in particolare a livello internazionale, dello Structural Model, attualmente ormai irreperibile, fossero rimasti poco significativi e limitati anche per scelte editoriali (dimensioni delle carte, numero di fogli con legende distinte, bassa tiratura). Questi limiti erano ben presenti anche a Paolo Scandone che, a partire dagli anni 2000, individuò nel Centro di GeoTecnologie di Siena la struttura più adatta per realizzare una prima versione digitale del Modello Strutturale d'Italia. In circa tre anni gli elementi principali di questo documento furono organizzati, con il contributo essenziale di Scandone, in una base dati strutturata in nove livelli gerarchici, brevemente descritti dallo stesso Carmignani.

Prendendo le mosse da queste informazioni sullo stato dell'arte, problemi e possibili soluzioni sono discussi in dettaglio durante il dibattito, convintamente partecipato, soprattutto, dai ricercatori più giovani. Riportiamo gli interventi principali.

PRATURLON: Introduce la discussione sottolineando l'esigenza che venga avanzata qualche proposta sulla possibilità di rendere attuale e fruibile non solo dai geologi italiani ma anche a livello internazionale il Modello Strutturale in una veste informatizzata; spera, inoltre, che si possano quantificare anche i costi per questa operazione. Quindi invita Carmignani ad intervenire ed illustrare lo stato dell'arte.

CARMIGNANI: Riprendo in sintesi quanto detto prima nella mia comunicazione. Ci sono tre livelli possibili di intervento. Il primo è quello di completare la messa in rete in internet della banca dati attualmente realizzata in gran parte e di cui esiste già un modello Gis strutturato (questo intervento consentirebbe di avere il Prodotto n. 1). La preparazione di questo Prodotto richiede in termini temporali un periodo di 6 mesi ed un investimento minimo. Il secondo livello di intervento è quello di fare del Modello Strutturale il cuore di un database nazionale di tutte le informazioni che esistono già in forma digitale (Prodotto n. 2). I dati già georiferiti potranno essere posizionati sul modello strutturale. Anche questa è un'operazione di diversa complessità ma di grande risultato, con un minimo investimento. Nel senso che si possono usare tutti i dati esistenti e già pronti per costruire questo Prodotto. Il terzo livello ovviamente è diverso, prevederebbe proprio un progetto geologico, nel senso che se si vuole produrre o aggiornare l'esistente con delle finestre di nuovi dati oppure rendere digitali le informazioni provenienti da vari campi (ad esempio su migliaia di pozzi petroliferi) questa non è un'operazione semplice e richiede naturalmente la competenza geologica per integrare un modello di questa complessità. Questi sono i tre livelli possibili di intervento, ma mentre per i primi due è sufficiente utilizzare esperti con competenze tecniche (problema economicamente e tecnologicamente affrontabile), per il terzo livello si renderebbe invece necessaria la partecipazione della comunità scientifica con le sue conoscenze geologiche specifiche. Questo coinvolgimento porterebbe inevitabilmente ad un aggiornamento sostanziale del Modello Strutturale.

LA VECCHIA (Università di Chieti): Quanto proposto da Luigi Carmignani, relativamente alla necessità ed opportunità di un aggiornamento, a vari possibili livelli di approfondimento, del Modello Strutturale, mi trova completamente d'accordo e sono convinta che la comunità universitaria dei Geologi s.l. (geologi, sismologi, geofisici) sarà desiderosa di contribuire all'iniziativa. Come è stato raccontato oggi da tutti voi, Paolo ci ha insegnato che la ricostruzione e comprensione della storia geologica di lungo termine di un territorio esposto al rischio sismico è uno dei modi, non solo possibili ma anche necessari, per studiare le strutture tettoniche attive e potenzialmente sismogeniche. Ci ha fatto anche ben capire come questo approccio metodologico geologico-strutturale allo studio dei terremoti vada inteso a supporto ed integrazione di quelli più classici di tipo strettamente sismologico, geofisico, geodetico, ingegneristico etc.

Dalla metà degli anni '70 alla fine degli anni '90, questo è stato proprio lo spirito del Progetto Finalizzato Geodinamica, prima, e del Gruppo Nazionale Difesa Terremoti, a seguire. Per circa un ventennio, questi progetti hanno visto lavorare fianco a fianco un'ampia comunità interdisciplinare di ricercatori provenienti dalle Università e dai centri di ricerca, nell'interesse sia della ricerca di base sia di quella applicativa nel campo della tettonica attiva e della geologia e fisica dei terremoti, per finalità di riduzione del rischio sismico. Poi, con il 2000

è iniziato un periodo buio, durante il quale la ricerca interdisciplinare in sismo-tettonica ed il dialogo, in tale ambito, tra Università, Enti di Ricerca e Dipartimento di Protezione Civile, hanno subito un forte rallentamento.

Negli ultimi anni, c'è stata nel mondo universitario una nuova iniziativa di aggregazione della comunità geologica-geofisica-sismologica che ha portato alla istituzione, nell'aprile del 2016, del "Centro Interuniversitario per l'Analisi Sismo-Tettonica Tridimensionale con applicazioni territoriali" denominato CRUST. Al CRUST, che ha sede amministrativa presso l'Università di Chieti, aderiscono 12 Università italiane dalla Sicilia alla Lombardia, con gruppi di ricerca misti in geologia, geofisica e sismologia, per un totale di circa 80 aderenti. Tutti i ricercatori afferenti al CRUST, indipendentemente dalla loro specifica formazione, sono animati dalla volontà di parlare un linguaggio comune, sostanzialmente interdisciplinare e multi-scala. Questa era proprio la visione di Paolo Scandone.

Anche in tale ottica, il raggiungimento dell'obiettivo che suggerisce Luigi Carmignani è doveroso. Non solo dobbiamo rendere il Modello Strutturale fruibile all'intera comunità scientifica, ma, a mio avviso, dobbiamo sviluppare un concetto portante della visione geologico-strutturale di Paolo, ovvero la rappresentazione tridimensionale delle strutture. Quando il Modello Strutturale è stato realizzato, negli anni ottanta, non poteva che essere un prodotto cartaceo e bidimensionale, pur contenendo preziose informazioni sulla terza dimensione, basti pensare alle contour lines delle isobate del Pliocene. Negli anni a seguire, come ci ha ricordato Luigi Carmignani, il Modello Strutturale è stato digitalizzato e georeferenziato, ma sicuramente si può fare ancora di più, implementando l'informazione sulla geometria delle strutture profonde, e costruendo una reale rappresentazione tridimensionale delle strutture affioranti e sepolte. Certamente, i software e le competenze scientifiche oggi disponibili ci consentono di ricostruire e rappresentare in tre dimensioni un complesso ed articolato assetto tettonico che controlla, attivamente e passivamente, il rilascio di energia sismica e che può essere prezioso per la realizzazione di calcoli di pericolosità sismica.

I terremoti purtroppo creano catastrofi, ma per i geologi sono preziosi perché forniscono informazioni sulla geometria e cinematica delle strutture geologiche profonde, permettendo di vincolare strutture attive e potenzialmente sismogeniche. Il modello geometrico-cinematico tridimensionale che ho in mente sarebbe quindi in continuo divenire, verificabile e modificabile ad ogni nuova sequenza sismica.

La comunità di ricercatori raccolta intorno al CRUST è pronta e desiderosa di impegnarsi in un simile progetto. Evidentemente, è necessario non solo trovare adeguati finanziamenti, ma in primis identificare gli interlocutori con cui condividere il progetto e mettere, via via, a confronto opinioni diverse.

A tutt'oggi, guardando il Modello Strutturale, pieno di infiniti dettagli ed informazioni, ancora insuperati ed attuali, immagino di discutere di geologia

con Paolo. Rendere questo prezioso documento disponibile e fruibile per tutta la comunità scientifica è sicuramente doveroso, tanto più da parte di quanti hanno conosciuto Paolo e lavorato con lui.

Prima di concludere, lasciatemi ricordare che sono stata l'ultima studentessa di Paolo Scandone a Napoli, dove mi sono laureata nel Dicembre 1977, subito prima che si trasferisse a Pisa. Quindi mi sento di aver raccolto la sua eredità napoletana. Molti geologi napoletani della mia generazione si sono formati con Paolo. Paolo ci ha certamente insegnato la geologia e la geodinamica, ma più ancora ci ha trasmesso la passione per la ricerca scientifica, articolata ed interdisciplinare, con continui cambi di scala e di prospettiva spazio-temporale, e ci ha inculcato l'attitudine al confronto continuo ed alla discussione, articolata ed estrema, ma sempre nel rispetto degli altri. Ci ha insegnato un modo di comportarsi nell'accademia. Insegnamenti sicuramente ancora più importanti di quello del mestiere di geologo.

Ringrazio tutti per questa bella giornata e vi riconfermo che il CRUST, di cui sono Direttore, è interessato e disponibile alla messa a punto e realizzazione di un Progetto Geodinamica Tridimensionale del Terzo Millennio, in collaborazione con tutti gli altri Enti (INGV, ISPRA, CNR etc.) ed Istituzioni (DPC) che volessero contribuire, economicamente e scientificamente, a questa impresa. Grazie.

PRATURLON: Mi pare di capire, ritornando alle proposte di Carmignani, che l'idea di andare comunque avanti subito col primo e secondo livello sia condivisa in senso generale. Il risultato non sarebbe sicuramente una ripetizione. Si tratta di utilizzare un grande patrimonio che già possediamo e che non può essere pienamente utilizzato dalla comunità scientifica né a livello teorico né a quello applicativo. Secondo te, Carmignani, può essere possibile immaginare di puntare dritti al primo e secondo livello, e intanto pensare a come organizzare il terzo?

CARMIGNANI: Questo è un obiettivo minimo. Ma pensate alla diffusione che potrebbe avere il modello che già esiste, organizzato su 9 livelli come già concepito con Scandone e già utilizzabile con uno sforzo minimo. Come già detto, l'aspetto più complicato riguarda la costruzione del terzo livello. Tuttavia, secondo me i tre Prodotti prima descritti possono essere realizzati uno appresso all'altro (in fila).

BARBERI: come diceva Antonio mi pare che ci sia poco da discutere sul fatto che siamo tutti d'accordo sull'utilità di realizzare il primo e il secondo dei Prodotti che Carmignani prima ci ha indicato. Il terzo a me pare che abbia più le caratteristiche di un Progetto di ricerca e quindi lo assocerei a un'indagine un po' più approfondita. Diventerebbe una sorta di Geodinamica *bis* per quanto riguarda il Modello Strutturale. Vanno bene quindi le intenzioni di completare i primi due livelli. A questo punto debbo chiedere a Carmignani, che ci ha prospettato il problema, se ha avuto modo di riflettere su cosa serve in termini

pratici ed economici. Puoi tradurre in costi quello che serve per realizzare sia il primo che il secondo livello e, se lo hai pensato, quale potrebbe essere la strada per chiedere i fondi e come ottenere queste risorse? Sulla base di dati concreti potremmo anche farlo, anche se approssimativamente, oggi ed in questa sede.

CARMIGNANI: Ovviamente ci avevamo già pensato con Scandone. Il primo livello potrebbe essere realizzabile in 6-8 mesi, un anno al massimo (più probabilmente otto mesi sono un tempo ragionevole), anche in relazione alle esigenze di personale e alle operazioni cui lo stesso è chiamato (pratica sufficiente di webgis). Si renderebbero necessarie due borse di studio annuali, dal costo facilmente quantizzabile. Con queste cifre e avendo già accessibilità ai software Educational e al server io credo che, con una cifra intorno ai trentamila euro, noi potremmo realizzare questa parte del progetto. Il secondo livello è più impegnativo, in quanto si renderebbe necessaria la consultazione di nuove carte geologiche. Facendo riferimento alle carte geologiche, esiste già un gran numero di carte digitalizzate, come quelle del CNR del Progetto SITMI (Sistema Informatico Territoriale del Mezzogiorno d'Italia, a cura di Fabrizio Rallo, di cui esiste a livello informatizzato solo un "Atlante di Posizione e Banca Dati della Cartografia Tematica nel Mezzogiorno"), anche se solo una parte di esse appare georiferita (un migliaio). Carmignani accenna alle carte geologiche di tale progetto, chiuse in un hangar e irraggiungibili. Lo stesso vale per i pozzi petroliferi (accessibili peraltro presso la apposita Banca Dati presso la Biblioteca centrale di Roma Tre) e per molte linee sismiche. Tutti questi dati vanno archiviati e posizionati in una carta strutturale: una carta del genere era già in parte in allestimento da parte di Scandone e del Centro.

BARBERI: Non devi convincere noi sull'utilità e l'importanza di queste cose. A questo punto la mia proposta è quella di incaricare formalmente Carmignani di trasformare tutto quello che qui ha detto e pensato in un documento concreto che si prefigga la realizzazione di questi due primi obiettivi e che spieghi perché è utile che questi obiettivi vengano raggiunti. Faccia una stima del fabbisogno sia in termini di costi ma anche di borse di studio, assegni di ricerca etc. Per raggiungere questo obiettivo l'Accademia dei Lincei, che ha proposto l'iniziativa, potrebbe essere ancora la struttura che porta avanti questo documento con la speranza che diventi una sorta di obiettivo comune a tutte le Scienze della Terra italiane, coinvolgendo istituzioni della Ricerca e Dipartimenti universitari di geologia anche in termini economici.

IANNACE (Università di Napoli): Apprezzo lo slancio per le proposte fatte in nome di Paolo e concordo sulle iniziative in discussione e sulla collaborazione che potrebbe pervenire da Istituzioni universitarie (in questo senso mi sento di parlare anche a nome di molti colleghi dell'Università di Napoli). Penso che in un progetto del genere sia importante coinvolgere, e non solo economicamente, enti come Eni ed Enel e alcune compagnie petrolifere che operano sul territorio italiano, considerata anche la tradizione di ricerca applicata di Paolo Scandone.

Ritengo infine che sponsorizzazioni come quelle della SGI e/o dell'Accademia dei Lincei siano fondamentali e che la Comunità geologica italiana possa dare un segno di unità su questo progetto.

D'AMBROSIO (Servizio Geologico d'Italia): Ritengo che l'iniziativa proposta di integrare, mettere in rete e quindi rendere disponibile il Modello Strutturale appare come un'operazione di grandissimo valore. Vorrei suggerire che nella rielaborazione dei Prodotti relativi al secondo e terzo livello si tenga anche conto dei materiali esistenti; esistono infatti dati disponibili già fruibili attraverso i servizi web che il Servizio Geologico (ISPRA) mette a disposizione della Comunità scientifica.

PRATURLON: In effetti mi sembra logico andare ad esplorare le disponibilità di tutti gli Enti interessati, di tutte le reti geologiche regionali e dei dati degli Enti privati. A questo proposito, riprendendo le perplessità prima espresse da Carmignani a proposito di privati, vorrei ricordare che la banca dati dei pozzi petroliferi è stata realizzata con fondi sostanzialmente erogati da CNR ed Università, ma che l'Assomineraria ha contribuito mettendo a disposizione un bravo esperto per più di un anno, dedicato all'organizzazione dei dati. Immagino che molti di questi Enti sarebbero interessati ad iniziative del genere. Purtroppo, stiamo attraversando un periodo in cui noi andiamo assolutamente controcorrente. Tutto il nostro sistema è avviato verso la dispersione. Abbiamo sul tavolo un progetto che interessa tutti, che si può realizzare bene con pochi mezzi, un progetto che trent'anni fa avremmo finanziato, come Comitato 05 CNR, dopo mezz'ora di discussione. Ma oggi manca un tavolo permanente di riferimento per le iniziative più importanti. Mancano i referenti istituzionali quali erano allora i Comitati CNR, i luoghi cioè dove presentarsi a discutere e proporre programmi scientifici di comune interesse, progetti strategici, adesione a progetti internazionali.

DOGLIONI: Sono rimasto favorevolmente colpito dalle valutazioni che ha fatto Franco Barberi e dalle indicazioni date anche da Giorgio Dal Piaz sull'importanza e necessità di rendere fruibile l'esistente Modello Strutturale, iniziativa che si collega bene con l'esigenza del rilancio di un nuovo Progetto Geodinamica a scala nazionale o europea. Questa convinzione sta crescendo anche all'interno dell'INGV, dove è in elaborazione una proposta molto simile, ma si infrange nella difficoltà di trovare gli interlocutori istituzionali che dovrebbero svolgere il ruolo di agenzia, ruolo che fino a vent'anni fa svolgeva il CNR che ha finanziato appunto il Progetto Geodinamica del quinquennio 1976-1981. Come ha ricordato Antonio Praturlon, manca il soggetto cui presentare l'idea e la richiesta di finanziamento di questo grande progetto che potrebbe coinvolgere tutta la comunità geologica italiana. Anche se la comunità geologica italiana ha mostrato troppo spesso divisioni e mancanza di coesione per raggiungere traguardi unificanti e proporre un grande progetto accettabile e condiviso, dobbiamo perseguire questa strada. Altre comunità scientifiche come quella dei

fisici appaiono titaniche nel raggiungimento di mete di grande levatura e grande ambizione (si veda il Cern, Virgo, i laboratori del Gran Sasso etc.). Dobbiamo ritrovare l'unità d'intenti per proporre un progetto di studio della struttura della Terra, a cominciare dal Mediterraneo, che sia lungimirante, sostenibile e condiviso, requisiti indispensabili anche per il suo finanziamento. Vi invito a riflettere su quanto al cittadino comune possano interessare le scoperte delle onde gravitazionali o del bosone di Higgs rispetto ai grandi risultati che potremmo raggiungere nella protezione dai terremoti, nel ritrovamento di forme di energia rinnovabile e non inquinante. Mi pare che i geologi abbiano elementi scientifici anche altrettanto importanti sia sull'origine e composizione più profonda e più nascosta della natura fisica del nostro pianeta, ma anche applicabili, come ha detto prima Franco Barberi, proprio alla protezione civile.

CATALANO: Dagli interventi precedenti emerge la convinzione che la realizzazione dei vari Prodotti potrà essere uno strumento molto efficace per ricordare nel tempo e negli infiniti spazi della rete la straordinaria figura di Paolo Scandone e la sua eredità scientifica, assieme al lavoro, rimasto sostanzialmente oscuro, delle centinaia di ricercatori che, sotto la sua guida, hanno partecipato a vario livello alla sua magnifica impresa. Potrà essere il punto di partenza per stimolare le Geoscienze italiane ad aggiornarlo, con l'auspicio che sia realizzato nell'ambito di nuove iniziative aggreganti e innovative di grande respiro come fu il Progetto Finalizzato Geodinamica.

PRATURLON: In conclusione, mi pare di capire che la strada da seguire sia quella prima indicata. Ora incarichiamo Carmignani di avanzare una proposta concreta, una sorta di Studio di Prefattibilità da inviare a noi. Una volta ricevuta, noi come Accademia proponiamo la sponsorizzazione, poi iniziamo per prima cosa a individuare quali possono essere le operazioni da effettuare per raccogliere i fondi necessari per l'avvio. Nel frattempo, cerchiamo di mettere a fuoco le idee per lanciare successivamente il terzo livello.

Ringrazio tutti sia per la presenza che per gli interventi e i suggerimenti. Mi pare che lo spirito di Paolo continui ad aleggiare intorno a noi.

SCHEDA DELLA PRODUZIONE SCIENTIFICA PIÙ SIGNIFICATIVA
DI
PAOLO SCANDONE

Di seguito vengono elencati alcuni articoli (tra gli oltre duecento della produzione scientifica) ritenuti tra i più significativi nel contesto degli studi affrontati da Paolo Scandone. Pur consapevoli dell'esistenza di un filo rosso che lega le tematiche di ricerca di Paolo, per semplicità di lettura le stesse sono state inserite in intervalli temporali, durante i quali, maggiore appariva la loro influenza nel campo delle Geoscienze, non solo in Italia.

Gli articoli sono scaricabili dal sito del Centro di Geotecnologie dell'Università di Siena alla pagina: <http://www.geotecnologie.unisi.it/scandone>.

1961-80. Gli interessi principali di Paolo Scandone, all'inizio della sua attività scientifica, convergono sullo studio delle successioni stratigrafiche e dell'assetto strutturale dell'Appennino Meridionale (con particolare riguardo a quello Lucano), sull'analisi dei bacini di tipo Lagonegro-Pindos, bacini profondi mesozoico-terziari impostatisi, secondo l'Autore, nel corso del Trias medio, ben prima dell'inizio dell'apertura della Tetide oceanica e dello smembramento delle piattaforme carbonatiche periadriatiche. Le aree investigate vanno dalla Sicilia alla Grecia passando per l'Appennino, le Alpi, i Carpazi e le Dinaridi. Successivamente Paolo si dedica allo studio dell'Arco Calabro coinvolgendo studiosi di varie discipline nel campo delle Geoscienze e sviluppando tematiche che furono poi dibattute nel corso di uno specifico Congresso della SGI. Infine contribuisce con intuizioni originali al dibattito internazionale sull'origine del Tirreno ed alla conoscenza della scarpata di Malta organizzando su quest'ultima tematica anche una spedizione oceanografica (LEGS E-3E-78 ed E-3F-78) a bordo della nave oceanografica R/V EASTWARD della Duke University (North Carolina) con un team di ricercatori italiani e stranieri.

Appennino Meridionale

- SCANDONE P., 1967. *Studi di geologia lucana: la serie calcareo-silico-marnosa e i suoi rapporti con l'Appennino calcareo*. Boll. Soc. Natur. Napoli, 76, 301-469.
- D'ARGENIO B., PESCATORE T., SCANDONE P., 1973. *Schema geologico dell'Appennino Meridionale (Campania e Lucania)*. Atti del Convegno: "Moderne vedute sulla geologia dell'Appennino". (Roma 16-18 febr. 1972), Accad. Naz. Lincei, Quad. 183, 49-72.
- BONARDI G., PESCATORE T., SCANDONE P., TORRE M., 1971. *Problemi paleogeografici connessi con la successione mesozoico-terziaria di Stilo (Calabria meridionale)*. Boll. Soc. Natur. Napoli, 80, 147-159.
- D'ARGENIO B., SCANDONE P., 1971. *Jurassic facies pattern in the southern (Campania-Lucania) Apennines*. In: Colloque du jurassique mediterraneen. Annals of the Hungarian Geological Institute, 54(2), 393-396.

Sicilia

- SCANDONE P. *et al.*, 1972. *Sul significato delle Dolomie Fanusi e dei calcari ad ellipsactinie nella Sicilia settentrionale*. Riv. Min. Sicil., anno 23, (133-135), 13 pp.
- PATACCA E., SCANDONE P., *et al.*, 1979. *Mesozoic paleotectonic evolution of the Ragusa zone (Southeastern Sicily)*. Geologica Rom., 18, 331-369.

Regione Mediterranea

- SCANDONE P., RADOICIC R., 1974. *The ultrapindic zone in Greece*. Boll. Soc. Geol. Ital., 93, 1049-1058.
- SCANDONE P., *et al.* 1977. *The connection between the Apulia and Sahara continental margins in the Southern Apennines and in Sicily*. Mem. Soc. Geol. Ital., 13, suppl. 2, 317-323.
- SCANDONE P., 1975. *Triassic seaways and the Jurassic Tethys Ocean in the Central Mediterranean Area*. Nature, 256, 117-119.
- PANZA G.F., CALCAGNILE G., SCANDONE P., MUELLER S., 1980. *La struttura profonda dell'area mediterranea*. Le Scienze, 24 (141), 60-69.

Arco Calabro

- SCANDONE P., 1976. *L'Arco Calabro-Peloritano: un frammento di Alpi accavallato sull'Appennino*. 68° Congr. Soc. Geol. Ital., (Praia a Mare, 3 ott., 1976), Sviluppo, 56-65.
- AMODIO MORELLI L., ..., SCANDONE P., *et al.*, 1976. *L'Arco Calabro-Peloritano nell'Orogene appenninico-maghebide*. Mem. Soc. Geol. Ital., 17, 1-60.

Tirreno e Ionio

- SCANDONE P., 1979. *Origin of the Tyrrhenian Sea and Calabrian Arc*. Boll. Soc. geol. ital., 98, 27-34.

- SCANDONE P., *et al.*, 1981. *Mesozoic and Cenozoic rocks from Malta escarpment (Central Mediterranean)*. Bull. Amer. Assoc. Petroleum Geol., 65 (7), 1299-1319.
- CHAVES D., ..., SCANDONE P., 1979. *Preliminary results of dredgings on the Malta-Siracusa, Apulia and Cephalonia escarpments (Eastward) Legs E-3E-78 and E-3F-78*. Rend. Soc. Geol. Ital., 2, 3-4.

1975-90. Partecipa al Progetto Finalizzato Geodinamica (PFG) del CNR in qualità di membro della Commissione per l'elaborazione del Piano di Fattibilità, Direttore per un breve periodo e infine Responsabile del Sottoprogetto "Modello Strutturale Tridimensionale d'Italia" (esperienza di coordinamento interdisciplinare in un progetto nazionale in cui operarono per la prima volta affiancati, geologi, geofisici, informatici e ingegneri sismici). L'elaborato finale "*Structural Model of Italy and Gravity Map* comprendente la carta geologico-strutturale del territorio nazionale e delle aree limitrofe (prodotto in sei fogli alla scala 1:500.000), la carta di sintesi cinematico-strutturale a scala 1:2.000.000 e varie carte tematiche geologico-geofisiche, costituisce tutt'oggi la documentazione più completa in terraferma e in mare della geologia della Penisola italiana e regioni adiacenti.

- SCANDONE P., 1978. *Relazione introduttiva. Progetto Finalizzato Geodinamica. Sottoprogetto Modello Strutturale*. Mem. Soc. Geol. Ital., 19, 435-436.
- BIGI G., SCANDONE P., *et al.*, 1992. *Structural Model of Italy 1:500.000 and Gravity Map*. CNR-Progetto Finalizzato Geodinamica, Quad. Ric. Sci., 3, n. 114, S.E.L.C.A., Firenze.
- BIGI G., SCANDONE P., *et al.*, 1991. *Synthetic structural-kinematic Map of Italy. Time of main alpidic deformations and of related sedimentary metamorphic and magmatic processes, Scale 1:2.000.000*. In: CNR - Progetto Finalizzato Geodinamica, Structural Model of Italy. S.E.L.C.A., Firenze 1991.

In continuità con questa esperienza Paolo comincia a sviluppare uno degli obiettivi fondamentali del PFG in termini di ricaduta sociale della ricerca scientifica: la cultura della prevenzione del rischio sismico e la coscienza della necessità di una proposta di riclassificazione sismica per l'intero territorio nazionale. Da qui i lavori pionieristici sull'analisi sismotettonica e sulle relazioni tra faglie attive e terremoti distruttivi utilizzando un approccio di tipo cinematico.

- PETRINI V., SCANDONE P., 1980. *Proposta di riclassificazione sismica del territorio nazionale*. CNR, Prog. Final. Geodin., pubbl. 361, 83 pp.
- BARBANO M.S., SCANDONE P., *et al.*, 1982. *Carta sismotettonica d'Italia*. Mem. Soc. geol. ital., 24, 491-496.
- PATACCA E., SCANDONE P., 1985. *Struttura geologica dell'Appennino emiliano-romagnolo: ipotesi sismotettoniche*. Regione Emilia-Romagna, Conv. Reg. di Cartografia, Atti del Seminario (Bologna, 22-23 febbraio 1985), 102-118.

1985-2000. Con la progressiva acquisizione di nuove conoscenze basate su dati di sottosuolo provenienti da perforazioni di pozzi profondi e da profili sismici a riflessione Paolo propone un modello sulla struttura profonda della Catena italiana, delineandone l'evoluzione neogenica attraverso le relazioni tra tettonica e sedimentazione.

- ROYDEN L., PATACCA E., SCANDONE P., 1987. *Segmentation and configuration of subducted lithosphere in Italy: an important control on thrust-belt and fore-deep-basin evolution*. *Geology*, 15, 714-717.
- PATACCA E., SCANDONE P., 1989. *Post-Tortonian mountain building in the Apennines. The role of the passive sinking of a relic lithospheric slab*. In: BORIANI A., BONAFEDE M., PICCARDO G.B., VAI G.B. (Eds.) "The lithosphere in Italy. Advances in Earth Science Research". It. Nat. Comm. Int. Lith. Progr., Mid-term Conf. (Rome, 5-6 May 1987), Atti Conv. Lincei, 80, 157-176.
- PATACCA E., SARTORI R., SCANDONE P., 1990. *Tyrrhenian basin and Apenninic arcs: kinematic relations since Late Tortonian times*. *Mem. Soc. Geol. Ital.*, 45, 425-451.
- ROEDER D., SCANDONE P., 1992. *Recent tectonics of the Mediterranean*. In: D. Blundell, R. Freeman and S. Mueller (Eds.), "A Continent Revealed - The European Geotraverse", Cambridge Univ. Press, 202-214.
- CINQUE A., SCANDONE P., *et al.*, 1993. *Quaternary kinematic evolution of the Southern Apennines. Relationships between surface geological features and deep lithospheric structures*. Spec. Issue on the Workshop: "Modes of crustal deformation: from the brittle upper crust through detachments to the ductile lower crust", (Erice, 18-24 November 1991), *Ann. Geofis.*, 36, 249-260.
- PATACCA E., SARTORI R., SCANDONE P., 1993. *Tyrrhenian basin and Apennines. Kinematic evolution and related dynamic constraints*. In: BOSCHI E., MANTOVANI E., MORELLI A. (Eds.), "Recent Evolution and Seismicity of the Mediterranean Region", Kluwer Academic 161-171.

Durante questo periodo vengono approfonditi i legami strettissimi tra ricerca di base e ricerca finalizzata i cui risultati avranno un elevato impatto sociale (la realizzazione di una zonazione sismica nazionale, base per le stime di *hazard* e rischio sismico utilizzate per la normativa sismica in Italia). Tra il 1985 e il 1996 è Responsabile della Linea di Ricerca "Zonazione Sismica e Riclassificazione Sismica" del Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti (GNDT) e, a seguito di una ristrutturazione del Gruppo, della Linea di Ricerca "Sismotettonica". In questo periodo è anche membro della Commissione Grandi Rischi della Protezione Civile. Nel 1996, a causa di dissensi culturali e scientifici all'interno del Consiglio Scientifico del GNDT, rassegna le dimissioni da Responsabile di Linea di Ricerca, da membro del Consiglio Scientifico del GNDT e successivamente, nel 1997, anche dalla Commissione Grandi Rischi.

- PETRINI V., SCANDONE P., 1990. *Esperienze del GNDT nelle metodologie di zonazione sismica*. *Mem.Soc.geol.ital.*, 45, 159-162.

- SCANDONE P., *et al.*, 1996. *Main recent deformation and seismotectonics in the Central Mediterranean Region*. Workshop on: "Geodynamics of the Mediterranean Area and Implications on Volcanic and Seismic Hazards", Int. School Earth and Planet. Sci. (Pontignano, Siena, 1-4 April 1996).
- MELETTI C., PETRINI V., SCANDONE P., 1991. *Risk assessment for a new seismic code of Italy*. Fourth International Conference on Seismic Zonation, Stanford 25-29/8/1991. (poster).
- MELETTI C., PETRINI V., SCANDONE P., 1995. *Valutazione della pericolosità sismica*. In: V. Petrini (a cura di): *Pericolosità sismica e prime valutazioni di rischio in Toscana*. CNR Istituto di Ricerca sul Rischio Sismico/Regione Toscana – Dipartimento Ambiente, Landini Ed. – Firenze, 3-36.
- SLEJKO D., SCANDONE P., *et al.*, 1999. *GSHAP seismic hazard assessment for the Adria region*. Ann. Geofis., 42(1), 1085-1107.
- MELETTI C., PATACCA E., SCANDONE P., 2000. *Construction of a seismotectonic model: the case of Italy*. Pageoph, 157, 11-35.

1990-2010. Negli anni '90 era partito il Progetto CRO sta Profonda (CROP) con l'obiettivo di sviluppare ricerche mirate ad integrare dati di geologia di superficie con dati di sottosuolo, attraverso l'uso intensivo di profili sismici a riflessione (alla cui interpretazione Paolo aveva lavorato a partire dagli anni '80). In particolare, gli interessi in questo nuovo Progetto, che vedeva coinvolti di nuovo, in un clima di collaborazione interdisciplinare la gran parte dei ricercatori delle Geoscienze, si focalizzano prevalentemente sulla comprensione della struttura profonda della catena appenninica e sulle relazioni tra tettonica e sedimentazione in sistemi attivi di catena-avanfossa-avampaese. Dal 1989 all'inizio degli anni 2000 Paolo Scandone è Direttore del Sottoprogetto "CROP 04/89 - Appennino Meridionale", coordinando i lavori di acquisizione e *processing* e l'interpretazione geologica del primo profilo di sismica a riflessione a basso angolo attraverso l'Appennino. I risultati conseguiti hanno permesso di interpretare la struttura profonda della catena fino al limite crosta-mantello.

- SCANDONE P., 1990. *Profilo attraverso l'Appennino meridionale*. In: CNR, Progetto Strategico Crosta Profonda. Analisi di priorità Profilo CROP 1989, pp. 65-70. Tipografia Esagrafica – Roma.
- PATACCA E., SCANDONE P., 2001. *Late thrust propagation and sedimentary response in the thrust belt-foredeep system of the Southern Apennines (Pliocene-Pleistocene)*. In: VAI G.B., MARTINI I.P. (Eds.), "Anatomy of a mountain: The Apennines and adjacent Mediterranean basins". Kluwer Academic Publ., 401-440.
- MAZZOTTI A., PATACCA E., SCANDONE P. (Eds.), 2007. *Results of the CROP Project, Sub-project CROP-04 Southern Apennines (Italy)*. Boll. Soc. Geol. It. (Ital.J.Geosci.), Spec. Issue 7 (2007), 315 pp.
- PATACCA E., SCANDONE P., 2007. *Constraints on the interpretation of the CROP-04 seismic line derived from Plio-Pleistocene foredeep and thrust-sheet-top deposits (Southern Apennines, Italy)*. In: MAZZOTTI A., *et al.* (Eds.), 2007, 241-256.

- PATACCA E., SCANDONE P., 2007. *Geological interpretation of the CROP-04 seismic line (Southern Apennines, Italy)*. In: MAZZOTTI A., et al. (Eds.), 2007, 297-315.
- PATACCA E., SCANDONE P., 2007. *Geology of the Southern Apennines*. In: MAZZOTTI A., et al. (Eds.), 2007, 75-119.
- MAZZOTTI A., SCANDONE P., 2007. *Re-processing of the CROP-04 seismic data*. 141-153.
- PATACCA E., SCANDONE P., DI LUZIO E., et al., 2008. *Structural architecture of the central Apennines: Interpretation of the CROP 11 seismic profile from the Adriatic coast to the orographic divide*. *Tectonics*, 27, TC3006.

Nella visione prospettica di Paolo, instancabile rilevatore, le carte geologiche hanno un futuro particolare nella cartografia digitale. La versione informatizzata del Modello Strutturale d'Italia, realizzata attraverso una collaborazione scientifica con il Centro di Geotecnologie dell'Università di Siena, sotto la direzione di L. Carmignani, viene presentata nel 32° Congresso Geologico Mondiale del 2004 a Firenze e l'intero contenuto informativo di questo documento, organizzato omogeneamente in una base di dati strutturati in otto livelli gerarchici, è stato reso disponibile come prodotto multimediale alla comunità scientifica internazionale.

- SCANDONE P., et al., 2004. *A geodatabase for Earth sciences: a new version of the Structural Model of Italy*. 32nd Intern. Geol. Congr., Session T 12.01-Earth imaging: modeling and databanks. A prospective for the 21st century after more than a hundred years of mapping experience. Abstracts 779-780.
- PATACCA E., SCANDONE P., FANTOZZI P.L., CARMIGNANI L., CASTAGNINI G., PIRRO A., 2004. *The Structural Model of Italy: from paper maps to geodatabase*. In: GADENZ S. (Ed.), "Past, present and future of the Italian geological maps: from ink to digital cartography". Prodotto multimediale Regione Toscana.
- SCANDONE P., et al., 2006. *The geographic information system (GIS) of the Structural Model of Italy [Il sistema informativo geografico del Modello Strutturale d'Italia]*. *Rend. online Soc. Geol. Ital.*, 3(2), 712-713.

Questo progetto è stato ripreso e portato avanti negli anni da Paolo insieme alla implementazione e gestione, attraverso *softwares* dedicati, delle banche dati inerenti la sua attività di ricerca.

2000-2015. Vengono ripresi temi già elaborati in passato conducendo: 1) ricerche di sismotettonica che si prefiggono di applicare i concetti di base della retrodeformazione e del *forward modeling* al bilanciamento delle strutture sismogenetiche; 2) completamento e pubblicazione di studi precedenti (tra cui il rilevamento della Majella alla scala 1:25.000, revisione delle successioni toscane metamorfiche e non della regione Apuana, studio stratigrafico-strutturale dell'Unità di Massa (Alpi Apuane); 3) caratterizzazione stratigrafico-strutturale della Piattaforma Apula in superficie e sottosuolo, analisi geometrica del sistema duplex di carbonati apuli, sepolto sotto le coltri appenniniche (principale obiettivo dell'esplorazione petrolifera nell'Italia centro-meridionale).

2014-2016. Concorre ad organizzare con entusiasmo il Master di secondo livello in “Esplorazione e Produzione di Idrocarburi” per il Centro di Geotecnologie dell’Università di Siena, tenendovi due corsi fondamentali: “Modelli strutturali del sottosuolo” ed “Esercitazioni di modelli strutturali del sottosuolo”. Paolo Scandone amava insegnare e lo faceva trasmettendo con estrema semplicità, chiarezza e rigore scientifico i concetti geologici più complicati. Per questo è stato il riferimento più autorevole, indiscusso, ascoltato ed amato per generazioni di studenti di Geologia.

L'uomo mortale, Leucò, non ha che questo di immortale: il ricordo che porta e il ricordo che lascia (Cesare Pavese).

ATTI DEI CONVEGNI LINCEI

1. *I Nibelunghi* (1974)
Colloquio italo-germanico organizzato d'intesa con la Bayerische Akademie der Wissenschaften: Roma, 14-15 maggio 1973.
2. *Giuseppe Giusti e la Toscana del suo tempo* (1974)
Colloquio: Pescia-Monsummano Terme, 8-9 ottobre 1973.
3. *Il risparmio in Italia oggi* (1975)
Tavola Rotonda: Roma, 8 marzo 1974.
4. *D'Annunzio in Francia* (1975)
Colloquio italo-francese: Roma, 9-10 maggio 1974.
5. *Zeoliti e Zeolitizzazione* (1975)
Convegno: Roma, 8 marzo 1974.
6. *Ludovico Ariosto* (1975)
Convegno Internazionale: Roma-Lucca-Castelnuovo di Garfagnana-Reggio Emilia-Ferrara, 27 settembre-5 ottobre 1974.
7. *Utilizzazione ottimale ed economia delle risorse naturali* (1975)
Convegno Internazionale: Roma, 3-4 maggio 1974.
8. *Tullio Levi-Civita* (1975)
Convegno Internazionale celebrativo del centenario della nascita: Roma, 17-19 dicembre 1973.
9. *Vilfredo Pareto* (1975)
Convegno Internazionale: Roma, 25-27 ottobre 1973.
10. *Francesco Petrarca* (1976)
Convegno Internazionale: Roma-Arezzo-Padova-Arquà Petrarca, 24-27 aprile 1974.
11. *Applicazione dei metodi-nucleari nel campo delle opere d'arte* (1976)
Convegno Internazionale: Roma-Venezia, 24-29 maggio 1973.
12. *Il problema della moneta oggi* (1976)
Convegno Internazionale: Roma, 6-8 febbraio 1975.
13. *Goldoni nel Teatro Russo – Čechov nel teatro Italiano* (1976)
Colloquio italo-sovietico: Roma, 24-25 ottobre 1974.
14. *Genetica di popolazioni* (1976)
Colloquio promosso dal Centro Linceo Interdisciplinare di Scienze Matematiche e loro applicazioni: Roma, 22-25 aprile 1974.
15. *Il significato biologico del mimetismo* (1976)
Colloquio: Roma, 8 febbraio 1974.

16. *Insedimenti territoriali e rapporti fra uomo e ambiente: criteri e metodologie* (1976)
Tavola Rotonda: Roma, 9-10 dicembre 1974.
17. *Teorie Combinatorie* (1976)
Colloquio Internazionale con la collaborazione della American Mathematical Society: Roma, 3-15 settembre 1973 (Tomo I e II).
18. *Cino da Pistoia* (1976)
Colloquio: Roma, 25 ottobre 1975.
19. *L'attualità di Maffeo Pantaleoni* (1976)
Giornata Lincea: Roma, 12 dicembre 1975.
20. *Nuove acquisizioni nelle leucemie e basi biologiche della terapia* (1976)
Convegno Internazionale: Roma, 16-17 maggio 1973.
Problemi sociali e assistenziali delle leucemie in Italia (1976)
Tavola Rotonda: Roma, 18 maggio 1973.
21. *Geotettonica delle zone orogeniche del Kashmir Himalaya - Karakorum - Hindu Kush - Pamir* (1976)
Colloquio Internazionale: Roma, 25-27 giugno 1974.
22. *Problemi giuridici dell'impresa* (1976)
Colloquio promosso dall'Accademia Nazionale dei Lincei in collaborazione con l'Università di Varsavia: Roma, 24-25 novembre 1975.
23. *Renania romana* (1976)
Colloquio Internazionale: Roma, 14-16 aprile 1975.
24. *Radiocomunicazioni a grande e a grandissima distanza* (1976)
Convegno Internazionale celebrativo del centenario della nascita di Guglielmo Marconi: Roma-Pontecchio Marconi-Bologna, 25-29 marzo 1974.
25. *Fisica e Geologia planetaria - Il moto di rotazione della Terra e la deriva dei continenti* (1976)
Convegno Internazionale e Tavola Rotonda: Roma, 1-5 aprile 1974.
26. *Nuove idee e nuova arte nel '700 italiano* (1977)
Convegno Internazionale: Roma, 19-23 maggio 1975.
27. *L'Illuminismo italiano e l'Europa* (1977)
Convegno Internazionale: Roma, 25-26 marzo 1976.
28. *Agricoltura e industria e i loro rapporti nell'economia contemporanea* (1977)
Convegno: Roma, 12-13 aprile 1976.
29. *Tiziano Vecellio* (1977)
Convegno indetto nel IV centenario della nascita: Roma, 25 maggio 1976.
30. *Il fenomeno geotermico e sue applicazioni* (1977)
Convegno Internazionale: Roma-Pisa, 3-5 marzo 1975.
31. *Aspetti scientifici dell'inquinamento dei mari italiani* (1977)
Convegno: Roma, 19-21 gennaio 1976.
32. *La Pléiade e il Rinascimento italiano* (1977)
Colloquio italo-francese: Roma, 16 marzo 1976.
33. *I Campi Flegrei nell'Archeologia e nella Storia* (1977)
Convegno Internazionale: Roma, 4-7 maggio 1976.

34. *Gravitazione sperimentale (Experimental gravitation)* (1977)
Simposio Internazionale: Pavia, 17-20 settembre 1976.
35. *Il cardinale Mazzarino in Francia* (1977)
Colloquio italo-francese: Roma, 16-17 maggio 1977.
36. *La riforma del Diritto di famiglia* (1978)
Giornata Lincea: Roma, 11 marzo 1977.
37. *Il romanzo russo nel secolo XIX e la sua influenza nelle letterature dell'Europa occidentale* (1978)
Colloquio italo-sovietico: Roma, 17-19 maggio 1976.
38. *Puskin poeta e la sua arte* (1978)
Colloquio italo-sovietico: Roma, 3-4 giugno 1977.
39. *Le iscrizioni pre-latine in Italia* (1979)
Colloquio: Roma, 14-15 marzo 1977.
40. *L'averroismo in Italia* (1979)
Convegno Internazionale: Roma, 18-20 aprile 1977.
41. *La politica monetaria della rivoluzione francese dall'«Assignat» al Marengo* (1979)
Colloquio italo-francese: Roma, 12 aprile 1978.
42. *Le relazioni del pensiero italiano risorgimentale con i centri del movimento liberale di Ginevra e di Coppet* (1979)
Colloquio italo-elvetico: Roma, 17-18 marzo 1978.
43. *L'attraversamento dello Stretto di Messina e la sua fattibilità* (1979)
Convegno: Roma, 4-6 luglio 1978.
44. *Turgenev e la sua opera* (1980)
Colloquio italo-sovietico: Roma, 18-19 gennaio 1979.
45. *Passaggio dal mondo antico al Medioevo. Da Teodosio a San Gregorio Magno* (1980)
Convegno Internazionale: Roma, 25-28 maggio 1977.
46. *Tommaso Moro e l'Utopia* (1980)
Colloquio italo-britannico: Roma, 20-21 marzo 1979.
47. *Geodynamic Evolution of the Afro-Arabic Rift* (1980)
International Meeting organized by the Accademia Nazionale dei Lincei and the Consiglio Nazionale delle Ricerche, under the auspices of the Ministero degli Esteri, the Ministero per i Beni Culturali e Ambientali, and the Ente Nazionale Idrocarburi: Rome, 18th-20th April 1979.
48. *Agiografia nell'Occidente cristiano (secoli XIII-XV)* (1980)
Convegno Internazionale: Roma, 1-2 maggio 1979.
49. *Origine dei grandi phyla dei Metazoi* (1981)
Convegno Internazionale: Roma, 7-9 maggio 1979.
50. *L'esame storico artistico della Colonna Traiana* (1982)
Colloquio italo-romeno: Roma, 25 ottobre 1978.
51. *San Benedetto e la civiltà monastica nell'economia e nella cultura dell'Alto Medio Evo* (1982)
Giornata Lincea indetta in occasione del XV Centenario della nascita di S. Benedetto: Roma, 30 ottobre 1980.

52. *La Dacia Pre-romana e Romana, i rapporti con l'Impero* (1982)
Colloquio italo-romeno: Roma, 18-19 novembre 1980.
53. *Plinio il Vecchio* (1983)
Giornata lincea indetta nella ricorrenza del 19° Centenario della eruzione del Vesuvio e della morte di Plinio il Vecchio: Roma, 4 dicembre 1979.
54. *Un trentennio di collaborazione italo-francese nel campo dell'archeologia italiana* (1982)
Colloquio italo-francese: Roma, 7-8 febbraio 1980.
55. *Giornate Lincee indette in occasione del 350° anniversario della pubblicazione del «Dialogo sopra i massimi sistemi» di Galileo Galilei* (1982)
Roma, 6-7 maggio 1982.
56. *Giornate Lincee indette in occasione del 1° centenario della morte di Darwin* (1983)
Roma, 15-16 aprile 1982.
57. *Aspetti matematici della teoria della relatività* (1983)
Roma, 5-6 giugno 1980.
58. *Gogol' e la sua opera* (1983)
Colloquio italo-sovietico: Roma, 18-19 febbraio 1981.
59. *La legislazione sui minori* (1983)
Colloquio italo-polacco: Roma, 22-23 novembre 1979.
60. *Giornata dell'ambiente* (1983)
Roma, 6 giugno 1983.
61. *Il diritto e la vita materiale* (1984)
Roma, 28-29 maggio 1982.
62. *La biogeografia delle isole* (1984)
Roma, 6-7 giugno 1983.
63. *Tradizione, cultura e crisi di valori* (1984)
Roma, 19-22 maggio 1982.
64. *Quintino Sella* (1984)
Giornata Lincea indetta in occasione del 1° Centenario della morte: Roma, 26 maggio 1984.
65. *Metastasio* (1985)
Convegno indetto in occasione del II Centenario della morte, d'intesa con Arcadia - Accademia Letteraria Italiana, Istituto di Studi Romani e Società Italiana di Studi sul Sec. XVIII: Roma, 25-27 maggio 1983.
66. *Parchi e aree protette in Italia* (1985)
Roma, 3-5 novembre 1983.
67. *Giornata dell'ambiente* (1985)
Roma, 5 giugno 1984.
68. *San Francesco* (1985)
Giornata Lincea indetta in occasione dell'VIII Centenario della nascita: Roma, 12 novembre 1982.
69. *Dostoevskij e la sua opera* (1985)
Convegno italo-sovietico: Roma, 28-29 ottobre 1983.

70. *Francesco Guicciardini* (1985)
Giornata Lincea indetta in occasione del V centenario della nascita: Roma, 12 dicembre 1983.
71. *L'espressivismo linguistico nella letteratura italiana* (1985)
Roma, 16-18 gennaio 1984.
72. *Secondo Convegno su «Economia e utilizzazione ottimale delle risorse naturali»* (1985)
Roma, 25-26 ottobre 1984.
73. *Che cosa è Pensiero? L'unità dell'Essere* (1985)
Convegno promosso dal Centro Linceo interdisciplinare di Scienze Matematiche e loro Applicazioni sotto l'Alto Patronato del Presidente della Repubblica: Roma, 9-11 maggio 1984.
74. *Cento anni di attività archeologica italiana a Creta* (1985)
Roma, 15 gennaio 1985.
75. *Formazione delle leggi e forme del loro controllo* (1986)
Colloquio italo-polacco: Roma, 9-10 novembre 1984.
76. *Giornata dell'ambiente* (1986)
Roma, 5 giugno 1985.
77. *Convegno celebrativo della nascita di Mauro Picone e Leonida Tonelli* (1986)
Roma, 6-9 maggio 1985.
78. *Convegno celebrativo del IV centenario della nascita di Federico Cesi* (1986)
Acquasparta, 7-9 ottobre 1985.
79. *Giornata dell'ambiente. Problemi giuridici della tutela ambientale* (1987)
Roma, 5 giugno 1986.
80. *The Lithosphere in Italy: Advances in Earth Science Research* (1985)
A Mid-term Conference convened by the National Committee for the International Lithosphere Program and sponsored by the Accademia Nazionale dei Lincei and the Consiglio Nazionale delle Ricerche: Rome, 5-6 May 1987.
81. *Giornata Mondiale dell'ambiente. Una politica per l'ambiente in Italia: prospettive e realizzazioni* (1990)
Convegno organizzato in collaborazione con il Consiglio Nazionale delle Ricerche e il Comune di Roma: Roma, 5-6 giugno 1987.
82. *Giornata dell'ambiente. Atmosfera e clima* (1990)
Roma, 10-11 giugno 1988.
83. *La dimensione scientifica dello sviluppo culturale* (1990)
Roma, 30 settembre-2 ottobre 1987.
84. *Conseguenze culturali delle leggi razziali in Italia* (1990)
Convegno organizzato d'intesa con l'Unione delle Comunità Ebraiche Italiane e l'Associazione Nazionale Perseguitati Politici Antifascisti: Roma, 11 giugno 1989.
85. *Biogeographical Aspects of Insularity* (1990)
International Symposium: Rome, 18-22 May 1987.
86. *Problema e problemi della storia letteraria* (1990)
Convegno Internazionale: Roma, 25-27 novembre 1987.
87. *Giornata lincea sull'Archeologia Cirenaica* (1990)
Roma, 3 novembre 1987.

88. *Giornata dell'Ambiente. L'acidità atmosferica e il suo impatto ambientale* (1991)
Convegno organizzato in collaborazione con l'Accademia Italiana di Scienze Forestali: Roma, 5 giugno 1989.
89. *Giornate Lincee sulla Rivoluzione Francese* (1991)
Roma, 25-26 maggio 1989.
90. *VIII Giornata dell'Ambiente. Il suolo* (1991)
Roma, 5 giugno 1990.
91. *Proceeding of the Geodetic Day: In honor of Antonio Marussi* (1991)
Rome, October 9th. 1989.
92. *Convegno Internazionale in memoria di Vito Volterra* (1992)
Roma, 8-11 ottobre 1990.
93. *Eredita contestata? Nuove prospettive per la tutela del patrimonio archeologico e del territorio* (1992)
Convegno Internazionale: Roma, 29-30 aprile 1991.
94. *La posizione attuale della linguistica storica nell'ambito delle discipline linguistiche* (1992)
Roma, 26-28 marzo 1991.
95. *IX Giornata dell'Ambiente. Cambiamento globale del clima: stato della ricerca italiana* (1992)
Roma, 5 giugno 1991.
96. *I principi generali del diritto* (1992)
Roma, 27-29 maggio 1991.
97. *Italia e Spagna nella cultura del '700* (1992)
Convegno Internazionale: Roma, 3-5 dicembre 1990.
98. *Convegno Mozartiano in occasione del secondo centenario della morte* (1993)
Roma, 13-14 novembre 1991.
99. *Giornata Lincea nel centenario della nascita di Arturo Carlo Jemolo* (1993)
Roma, 18 dicembre 1991.
100. *Bilancio critico su Roma arcaica fra monarchia e repubblica. In memoria di Ferdinando Castagnoli* (1993)
Convegno: Roma, 3-4 giugno 1991.
101. *Giornata Lincea in ricordo di Piero Calamandrei* (1993)
Roma, 20 marzo 1992.
102. *X Giornata dell'Ambiente. Ambiente salute e sviluppo* (1993)
Roma, 5 giugno 1992.
103. *Il Codice di procedura penale. Esperienze, valutazioni, prospettive* (1993)
Convegno: Roma, 23-24 ottobre 1992.
104. *Symposium dedicated to Enrico Fermi on the occasion of the 50th anniversary of the first reactor* (1993)
Rome, 10 December 1992.
105. *Giornata Lincea in ricordo di Arnaldo Momigliano* (1993)
Roma, 22 aprile 1992.
106. *Il Codice civile. Convegno del cinquantenario dedicato a Francesco Santoro-Passarelli* (1994)
Roma, 15-16 dicembre 1992.

107. *Lingua, pensiero scientifico e interculturalità: l'esperienza dell'interazione universitaria in Somalia* (1994)
Giornata di studio: Roma, 19 ottobre 1992.
108. *La diffusione della cultura scientifica* (1994)
Giornata Lincea indetta in occasione della III Settimana della Cultura Scientifica e Tecnologica: Roma, 23 aprile 1993.
109. *Giornate Lincee sulle Biblioteche pubbliche statali* (1994)
Roma, 21-22 gennaio 1993.
110. *La recezione di Rossini ieri e oggi* (1994)
Convegno organizzato con la collaborazione della Accademia Nazionale di Santa Cecilia, Fondazione Giorgio Cini, Fondazione Gioacchino Rossini, Società Italiana di Musicologia: Roma, 18-20 febbraio 1993.
111. *La filologia testuale e le scienze umane* (1994)
Convegno internazionale organizzato in collaborazione con l'Associazione Internazionale per gli Studi di Lingua e Letteratura Italiana: Roma, 19-22 aprile 1993.
112. *Large Explosive Eruptions (The Problem of Eruption Forecasting and Warning: Limits and Possibilities)* (1994)
International Symposium sponsored by the Accademia Nazionale dei Lincei and The British Council: Rome, 24-25 May 1993.
113. *Claudio Sánchez-Albornoz* (1995)
Giornata Lincea per il centenario della nascita: Roma, 29 ottobre 1993.
114. *Incontro scientifico italo-spagnolo* (1995)
Organizzato in collaborazione con la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales e la Real Academia Nacional de Medicina: Roma, 21 ottobre 1993.
115. *XI Giornata dell'Ambiente. La vegetazione italiana* (1995)
Roma, 5 giugno 1993.
116. *La saldatura tra la scuola media, l'università, il lavoro e l'industria* (1995)
Giornata Lincea: Roma, 20 aprile 1994.
117. *Bruno Rossi. Maestro, Fisico e Astrofisico* (1995)
Giornata Lincea in ricordo: Roma, 21 aprile 1994.
118. *XII Giornata dell'Ambiente. La fauna italiana* (1995)
Roma, 6 giugno 1994.
119. *Scienza e industria* (1995)
Giornata incontro: Roma, 10 aprile 1995.
120. *Enrico Redenti. Il diritto del lavoro ai suoi primordi* (1995)
Giornata Lincea in ricordo: Roma, 22 gennaio 1994.
121. *Archeologia e Astronomia: esperienze e prospettive future* (1995)
Convegno internazionale: Roma, 26 novembre 1994.
122. *Terremoti in Italia. Previsioni e prevenzione dei danni* (1995)
Convegno: Roma, 1-2 dicembre 1994.
123. *La diffusione della cultura scientifica* (1996)
Giornata Lincea: Roma, 3 aprile 1995.
124. *Monteverdi. Recitativo in monodia e polifonia* (1996)
Giornata Lincea dedicata a Claudio Monteverdi: Roma, 9 marzo 1995.

125. *Filellenismo e tradizionalismo a Roma nei primi due secoli dell'Impero* (1996)
Convegno internazionale: Roma, 27-28 aprile 1995.
126. *Le nuove frontiere della chimica* (1996)
Giornata Lincea dedicata a Vincenzo Caglioti promossa d'intesa con l'Accademia delle Scienze - detta dei XL: Roma, 23 maggio 1995.
127. *La Persia e l'Asia centrale da Alessandro al X secolo* (1996)
Convegno internazionale organizzato in collaborazione con l'Istituto Italiano per il Medio ed Estremo Oriente: Roma, 9-12 novembre 1994.
128. *Problemi dell'economia moderna del lavoro* (1996)
Convegno: Roma, 10-11 maggio 1995.
129. *XIII Giornata dell'Ambiente. Eventi estremi: previsioni meteorologiche ed idrogeologiche* (1996)
Convegno: Roma, 5 giugno 1995.
130. *La cooperazione europea per la diffusione della cultura scientifica* (1997)
Giornata Lincea indetta in occasione della VI settimana della Cultura Scientifica: Roma, 29 marzo 1996.
131. *Boltzmann's Legacy 150 Years after His Birth* (1997)
Convegno: Roma, 25-28 maggio 1994.
132. *XIV Giornata dell'Ambiente. Parchi e riserve naturali: conservazione e ricerca ieri e oggi* (1997)
Convegno: Roma, 5 giugno 1996.
133. *Cosmic ray, Particle and Astroparticle Physics* (1997)
A Conference in Honour of Giuseppe Occhialini, Bruno Pontecorvo and Bruno Rossi: Firenze, 11th-13th September 1995.
134. *La stabilità del suolo in Italia: zonazione sismica-frane* (1997)
Convegno organizzato con il patrocinio della Presidenza del Consiglio dei Ministri - Dipartimento per la Protezione Civile e del Ministero dell'Università e della Ricerca Scientifica e Tecnologica: Roma, 30-31 maggio 1996.
135. *Ermeneutica e critica* (1998)
Convegno internazionale: Roma, 7-8 ottobre 1996.
136. *Giornata Lincea in ricordo di Lodovico Mortara* (1998)
Roma, 17 aprile 1997.
137. *Conferenza annuale della Ricerca* (1998)
Organizzata dall'Accademia Nazionale dei Lincei e dal Consiglio Nazionale delle Ricerche: Roma, 21-25 ottobre 1996.
138. *Cristina di Svezia e la musica* (1998)
Convegno internazionale: Roma, 5-6 dicembre 1996.
139. *Sviluppo tecnologico e disoccupazione: trasformazione della società* (1998)
Convegno internazionale: Roma, 16-17 gennaio 1997.
140. *Il problema di de Saint-Venant: aspetti teorici e applicativi* (1998)
Giornata Lincea: Roma, 6 marzo 1997.
141. *Archeoastronomia, credenze e religioni nel mondo antico* (1998)
Roma, 14-15 maggio 1997.

142. *L'apertura degli Archivi del Sant'Uffizio Romano* (1998)
Giornata di Studio: Roma, 22 gennaio 1997.
143. *Il genere istituzionale e il Diritto oggi* (1998)
Giornata Lincea in onore di Alberto Trabucchi: Roma, 20 novembre 1997.
144. *La pubblicazione delle scoperte archeologiche in Italia* (1998)
Tavola Rotonda: Roma, 11 dicembre 1997.
145. *Conservazione e valorizzazione della biodiversità* (1998)
XV Giornata dell'Ambiente: Roma, 5 giugno 1997.
146. *Dalla Costituente alla Costituzione* (1998)
Convegno in occasione del cinquantenario della Costituzione Repubblicana: Roma, 18-20 dicembre 1997.
147. *Tricomi's ideas and contemporary applied mathematics* (1998)
Convegno internazionale in occasione del Centenario della nascita di Francesco G. Tricomi: Roma, 28-29 novembre-Torino, 1-2 dicembre 1997.
148. *Interactions between Analysis and Mechanics. The Legacy of Gaetano Fichera* (1999)
Convegno internazionale: Roma, 22-23 aprile 1998.
149. *Lingua e Letteratura italiana: istituzione e insegnamento* (1999)
Convegno internazionale in collaborazione con l'Associazione Internazionale per gli Studi di Lingua e Letteratura italiana: Roma, 24-26 novembre 1997.
150. *Le risposte penali all'illegalità* (1999)
Tavola rotonda nell'ambito della Conferenza annuale della Ricerca: Roma, 2 aprile 1998.
151. *I nuovi orizzonti della Filologia. Ecdotica, critica testuale, editoria scientifica e mezzi informatici elettronici* (1999)
Convegno internazionale organizzato in collaborazione con l'Associazione Internazionale per gli Studi di Lingua e Letteratura Italiana: Roma, 27-29 maggio 1998.
152. *I Beni culturali: istituzioni ed economia* (1999)
Tavola rotonda nell'ambito della Conferenza annuale della Ricerca: Roma, 20 maggio 1998.
153. *Gli interventi sul patrimonio monumentale ed artistico dopo il sisma nell'Umbria e nelle Marche. Dall'emergenza alla progettazione* (1999)
Giornate: Roma, 22-23 giugno 1998.
154. *Il rischio idrogeologico e la difesa del suolo* (1999)
Convegno: Roma, 1-2 ottobre 1998.
155. *L'insegnamento universitario in Italia* (1999)
Giornata di studio: Roma, 21 gennaio 1999.
156. *Donizetti, Parigi e Vienna* (2000)
Convegno internazionale: Roma, 19-20 marzo 1998.
157. *XVI Giornata dell'Ambiente: «Flora e fauna a rischio in Italia»* (2000)
Roma, 5 giugno 1998.
158. *Energia e Ambiente. Combustibili fossili – I* (2000)
Tavola rotonda nell'ambito della Conferenza annuale della Ricerca: Roma, 30 novembre-1 dicembre 1998.

159. *Bioetica e tutela della persona* (2000)
Convegno internazionale: Roma, 4-5 dicembre 1998.
160. *La Convenzione Internazionale sui Diritti del Fanciullo* (2000)
Convegno in collaborazione con la SIOI, Società Italiana per la Organizzazione Internazionale: Roma, 12 novembre 1999.
161. *XVII Giornata dell'Ambiente: «Venezia: città a rischio»* (2000)
Convegno: Roma, 4 giugno 1999.
162. *L'Inquisizione e gli storici: un cantiere aperto* (2000)
Tavola rotonda nell'ambito della Conferenza annuale della Ricerca: Roma, 24-25 giugno 1999.
163. *Ecologia e Ambiente. Energia nucleare ed energie rinnovabili. (Nuclear and Renewable Energies)* (2000)
Tavola rotonda nell'ambito della Conferenza annuale della Ricerca: Roma, 8-9 marzo 2000.
164. *The Thalassemic Syndromes: a Symposium in Honour of Ezio Silvestroni and Ida Bianco* (2001)
Convegno internazionale con il patrocinio del Ministero della Sanità: Roma, 13 dicembre 1999.
165. *Schumann, Brahms e l'Italia* (2001)
Convegno internazionale: Roma, 4-5 novembre 1999.
166. *Max Planck: l'inizio della nuova Fisica* (2001)
Convegno internazionale in collaborazione con Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL, Accademia Pontificia delle Scienze, Istituto Nazionale di Fisica Nucleare: Roma, 6 dicembre 2000.
167. *XIII International Amaldi Conference on problems of Global Security* (2001)
Rome, 30 November-2 December 2000.
168. *XVIII Giornata dell'Ambiente: «Ecologia ed economia»* (2001)
Convegno: Roma, 5 giugno 2000.
169. *Giornata Lincea nella ricorrenza del centenario della riscoperta delle Leggi di Mendel in ricordo di Claudio Barigozzi, Adriano Buzzati Traverso, Francesco D'Amato e Giuseppe Montalenti* (2001)
Roma, 9 novembre 2000.
170. *La cultura letteraria italiana e l'identità europea* (2001)
Convegno internazionale: Roma, 6-8 aprile 2000.
171. *L'uomo antico e il cosmo* (2001)
3° Convegno internazionale di Archeologia e Astronomia: Roma, 15-16 maggio 2000.
- 172/1. *Tecnologia e Società – I: Tecnologia, produttività e sviluppo* (2001)
Convegno organizzato in collaborazione con il C.N.R.: Roma, 11-12 dicembre 2000.
- 172/2. *Tecnologia e Società – II: Sviluppo e trasformazione della società* (2001)
Convegno organizzato in collaborazione con il C.N.R.: Roma, 5-6 aprile 2001.
173. *Giornate Lincee: I cento anni dello scavo di Festòs* (2001)
Roma, 13-14 dicembre 2000.
174. *Convegno in occasione del cinquantenario della Convenzione del Consiglio d'Europa per la protezione dei diritti umani e delle libertà fondamentali in onore di Paolo Barile* (2001)
In collaborazione con la Società Italiana per la organizzazione Internazionale: Roma, 16-17 novembre 2000.

175. *La vittima del reato, questa dimenticata* (2001)
Tavola rotonda nell'ambito della Conferenza annuale della ricerca: Roma, 5 dicembre 2000.
176. *Problemi dell'Università* (2001)
Simposio: Roma, 18 aprile 2001.
177. *Nuovi progressi nella Fisica matematica dall'eredità di Dario Graffi* (2002)
Convegno internazionale: Bologna, 24-27 maggio 2000.
178. *Giornata dell'Acqua* (2002)
Roma, 22 marzo 2001.
179. *Synchrotron Radiation: perspectives and new technologies* (2002)
Convegno internazionale: Accademia Nazionale dei Lincei - Consiglio Nazionale delle Ricerche: Roma, 8-9 maggio 2001.
180. *Le cellule staminali: problematiche e prospettive terapeutiche* (2002)
Convegno: Roma, 27-28 marzo 2001.
181. *XIX Giornata dell'Ambiente: «Il dissesto idrogeologico: inventario e prospettive»* (2002)
Convegno: Roma, 5 giugno 2001.
182. *Ecosistemi urbani* (2002)
Convegno nell'ambito della Conferenza annuale della Ricerca: Roma, 22-24 ottobre 2001.
183. *Giornata Lincea in ricordo di Ettore Paratore* (2002)
Roma, 21 febbraio 2002.
184. *Il giusto processo* (2003)
Convegno: Roma, 28-29 marzo 2002.
185. *Giornata Lincea in ricordo dell'opera e del pensiero di Jacques Monod* (2003)
Roma, 9 gennaio 2002.
186. *Le Accademie nazionali nel contesto culturale europeo* (2003)
Convegno internazionale promosso dal Comitato Nazionale per il IV Centenario della fondazione dell'Accademia dei Lincei: Roma, 12 marzo 2002.
187. *Origin of HIV and emerging persistent viruses* (2003)
Tavola rotonda nell'ambito della Conferenza annuale della Ricerca: Accademia Nazionale dei Lincei - Consiglio Nazionale delle Ricerche in collaborazione con Istituto Superiore di Sanità - Università degli Studi di Perugia: Roma, 28-29 settembre 2001.
188. *L'uso dell'acqua per lo sviluppo* (2003)
Giornata mondiale dell'acqua: Roma, 22 marzo 2002.
189. *Giornata dell'Antichità. Il fenomeno coloniale dall'antichità ad oggi* (2003)
Roma, 19-20 marzo 2002
190. *XIV International Amaldi Conference on Problems of Global Security* (2003)
Certosa di Pontignano, Pisa: 27-29 April 2002.
191. *Le inquisizioni cristiane e gli Ebrei* (2003)
Tavola rotonda nell'ambito della Conferenza annuale della Ricerca: Roma, 20-21 dicembre 2001.
192. *Accettabilità delle acque per usi civili e agricoli* (2003)
XX Giornata dell'Ambiente: Roma, 5 giugno 2002.

193. *La drammaturgia verdiana e le letterature europee* (2003)
Convegno internazionale: Roma, 29-30 novembre 2001.
194. *La nuova cultura delle città. Trasformazioni territoriali e impatti sulla società* (2003)
Convegno internazionale: Roma, 5-7 novembre 2002.
195. *Il senso della memoria* (2004)
Convegno internazionale: Roma, 23-25 ottobre 2002.
196. *La difesa della montagna* (2003)
Convegno internazionale: Roma, 9-10 dicembre 2002.
197. *Lo stato della Costituzione italiana e l'avvio della Costituzione europea* (2003)
Roma, 14-15 luglio 2003.
198. *Grandi bacini idrografici* (2004)
Giornata di studio: Roma, 6 novembre 2002.
199. *I musei naturalistici nell'Italia Centrale e Meridionale* (2004)
Convegno: Palermo, 30 novembre 2002.
200. *Piero Sraffa* (2004)
Convegno internazionale: Roma, 11-12 febbraio 2003.
201. *La Persia e Bisanzio* (2004)
Accademia Nazionale dei Lincei - Istituto Italiano per l'Africa e l'Oriente: Convegno internazionale: Roma 14-18 ottobre 2002.
202. *La bassa fecondità tra costrizioni economiche e cambio di valori* (2004)
Convegno internazionale: Roma, 15-16 maggio 2003.
203. *Distretti Pilastrì Reti. Italia ed Europa* (2004)
Convegno organizzato d'intesa con la Fondazione Edison: Roma, 8-9 aprile 2003.
204. *La siccità in Italia* (2004)
Giornata mondiale dell'acqua: Roma, 21 marzo 2003.
205. *Aree costiere* (2004)
XXI Giornata dell'Ambiente: Roma, 5 giugno 2003.
206. *Geochimica 2000* (2004)
Convegno: Roma, 7-8 ottobre 2003.
207. *Mommsen e l'Italia* (2004)
Convegno: Roma 3-4 novembre 2003.
208. *I diritti umani nella scuola, oggi: come viverli e come insegnarli* (2004)
Convegno organizzato d'intesa con la Società Italiana per l'Organizzazione Internazionale: Roma, 22 maggio 2003.
209. *Gregorio Magno nel XIV Centenario della morte* (2004)
Convegno internazionale: Roma, 22-25 ottobre 2003.
210. *Whence the Boundary Conditions in Modern Continuum Physics?* (2004)
Convegno Internazionale: Roma, 14-16 ottobre 2002.
211. *Signal transduction and neoplastic transformation in endocrine systems: molecular mechanisms and clinical aspects* (2005)
Convegno internazionale: Roma, 5-6 aprile 2002.
212. *La memoria ritrovata. Giornata in ricordo di Tullio Terni e Mario Camis* (2005)
Roma, 12 marzo 2004.

213. *Medicina e salute in Africa: la sfida globale* (2005)
Convegno: Roma, 17-19 settembre 2003.
214. *Luigi Einaudi: istituzioni, mercato e riforma sociale* (2005)
Convegno: Roma, 18-19 febbraio 2004.
215. *I primi Lincei e il Sant'Uffizio: Questioni di scienza e di fede* (2005)
Roma, 12-13 giugno 2003.
216. *Acqua e copertura vegetale* (2005)
Giornata Mondiale dell'Acqua: Roma, 22 marzo 2004.
217. *Cento anni di astronomia in Italia 1860-1960* (2005)
Accademia Nazionale dei Lincei – INAF – Comitato per il IV Centenario della fondazione dell'Accademia dei Lincei: Convegno: Roma, 26-28 marzo 2003.
218. *Ecosistema Roma* (2005)
Convegno: Roma, 14-16 aprile 2004.
219. *Le fondazioni e le fondazioni di origine bancaria* (2005)
Roma, 1-2 aprile e 26 novembre 2004.
220. *Estinzioni di massa e biodiversità* (2006)
XXII Giornata dell'Ambiente: Roma, 4 giugno 2004.
221. *Il bicentenario del Codice napoleonico* (2006)
(Convegno: Roma, 20 dicembre 2004).
222. *Lagune, laghi e invasi artificiali italiani* (2006)
Giornata dell'Acqua: Roma, 22 marzo 2005.
223. *Il nuovo volto del diritto italiano del lavoro* (2006)
Convegno: Roma, 13-14 dicembre 2004.
224. *Famiglie, nascite e politiche sociali* (2006)
Convegno: Roma, 28-29 aprile 2005.
225. *Federico Cesi. Un principe naturalista* (2006)
Convegno ad iniziativa del Comitato Nazionale per le celebrazioni del IV Centenario della Fondazione dell'Accademia dei Lincei: Acquasparta, 29-30 settembre 2003.
226. *Norberto Bobbio* (2006)
Giornata Lincea: Roma, 18 ottobre 2005.
227. *Qualità dell'aria nelle città italiane* (2006)
XXIII Giornata dell'Ambiente: Roma, 6 giugno 2005.
228. *Giuseppe Montalenti* (2006)
Giornata Lincea in ricordo: Roma, 10 febbraio 2005.
229. *Biotecnologie e produzione vegetale* (2006)
Convegno: Roma, 26 gennaio 2005.
230. *XVI Amaldi conference on problems of global Security* (2007)
Trieste, 18-20 November 2004.
231. *La filologia petrarchesca nell'800 e '900* (2006)
Convegno: Roma, 11-12 maggio 2004.
232. *Le condizioni dei fiumi italiani* (2008)
Giornata mondiale dell'Acqua: Roma, 22 marzo 2006.

233. *Agostino Lombardo: la figura e l'opera* (2007)
Giornata di studio: Roma, 9 marzo 2006.
234. *Giorgio Gullini* (2007)
Giornata Lincea in ricordo di: (Roma, 10 maggio 2006).
235. *Giurisprudenza costituzionale ed evoluzione dell'ordinamento italiano* (2007)
Roma, 24 maggio 2006.
236. *Alois Riegl (1858-1905) un secolo dopo* (2007)
Convegno Internazionale organizzato d'intesa con l'Istituto Archeologico Germanico, l'Istituto Storico Austriaco, la Scuola Normale Superiore di Pisa, L'Istituto Italiano per gli Studi Filosofici: Roma, 30 novembre – 1 e 2 dicembre 2005.
237. *Clima e salute* (2007)
XXIV Giornata dell'Ambiente: Roma, 5 giugno 2006.
238. *Giorgio Fuà* (2007)
Giornata Lincea in ricordo di: Roma, 5-6 ottobre 2006.
239. *Vittore Branca. L'uomo, il critico, il testimone del Novecento* (2008)
Convegno organizzato d'intesa con l'Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti: Roma, 25-26 maggio 2006.
240. *Giornata Lincea in ricordo di Giorgio Cavallo* (2008)
(Roma, 13 dicembre 2006).
241. *La scienza, la tecnologia e la politica nella seconda metà del '900* (2008)
Convegno in ricordo di Umberto Colombo (Roma, 15-16 ottobre 2007).
242. *Instabilità familiare: aspetti causali e conseguenze demografiche, economiche e sociali* (2008)
Convegno (Roma, 20-21 settembre 2007).
243. *La Dalmazia nelle relazioni di viaggiatori e pellegrini da Venezia tra Quattro e Cinquecento* (2009)
Convegno (Roma, 22-23 maggio 2007).
244. *Sabatino Moscati* (2009)
Incontro di studio in ricordo di: Convegno (Roma, 7-8 novembre 2007).
245. *Il buco dell'ozono: evoluzione e problemi radiativi* (2009)
XXV Giornata dell'Ambiente (Roma, 5 giugno 2007).
246. *Il Settecento e le Arti. Dall'Arcadia all'Illuminismo: nuove proposte tra le corti, l'aristocrazia e la borghesia* (2009)
Convegno Internazionale (Roma, 23-24 novembre 2005).
247. *La Costituzione ieri e oggi* (2009)
Convegno (Roma, 9-10 gennaio 2008).
248. *La crisi dei sistemi idrici: approvvigionamento agro-industriale e civile* (2009)
Giornata mondiale dell'Acqua (Roma, 22 marzo 2007).
249. *Mozart e il sentire italiano* (2009)
Convegno a chiusura del 250° anniversario della nascita (Roma, 25-26 gennaio 2007).
250. *Acque interne in Italia: uomo e natura* (2009)
VIII Giornata mondiale dell'Acqua (Roma, 28 marzo 2008).
251. *Giovanni Demaria a dieci anni dalla scomparsa* (2009)
Convegno in ricordo di (Roma, 17 aprile 2008).

252. *Graziadio Isaia Ascoli* (2010)
Convegno nel centenario della morte (Roma, 7-8 marzo 2007).
253. *Le nuove ambizioni del sapere del giurista: antropologia giuridica e traduttologia giuridica.*
The new Ambitions of legal Science: legal Anthropology and legal Traductology.
Les nouvelles ambitions du savoir du juriste: anthropologie du droit et traductologie juridique (2010)
Convegno Internazionale (Roma, 12-13 marzo 2008).
254. *Il bacino del Tevere* (2010)
IX Giornata mondiale dell'Acqua (Roma, 23 marzo 2009).
255. *La salvaguardia di Venezia e della sua laguna. In ricordo di Enrico Marchi* (2010)
XXVI Giornata dell'Ambiente (Roma, 5 giugno 2008).
256. *Science and Health in the Mediterranean Countries: genes, pathogens and the environment* (2010)
2^{ème} Conférence scientifique méditerranéenne *Parmenides* - GID Espace méditerranéen de la science (Roma, 12-14 ottobre 2009).
257. *Le Conferenze a Classi Riunite Anno Accademico 2009-2010.*
258. *Riflessioni sul terremoto in Abruzzo e rifiuti urbani: rischi e valorizzazione* (2010)
XXVII Giornata dell'Ambiente (Roma, 5 giugno 2009).
259. *Musicologia fra due continenti: l'eredità di Nino Pirrotta* (2010)
Convegno Internazionale (Roma, 4-6 giugno 2008).
260. *A dieci anni dall'apertura dell'Archivio della Congregazione per la dottrina della Fede: storia e archivi dell'Inquisizione* (2011)
(Roma, 21-23 febbraio 2008).
261. *Gli economisti Post-Keynesiani di Cambridge e l'Italia* (2010)
Convegno Internazionale (Roma, 11-12 marzo 2009).
262. *Frane e dissesto idro-geologico: consuntivo* (2011)
X Giornata mondiale dell'Acqua (Roma, 23 marzo 2010).
263. *Walter Belardi* (2011)
Convegno in ricordo di: (Roma, 12 novembre 2009)
264. *Le Conferenze a Classi Riunite* (Anno Accademico 2010-2011).
265. *Energia ed Ecologia: un peso o un'opportunità per l'economia?* (2011)
XXVIII Giornata Mondiale dell'Ambiente (Roma, 15 ottobre 2010).
266. *Acqua ed energia* (2012)
XI Giornata mondiale dell'Acqua (Roma, 22 marzo 2011).
267. *Clima del bacino del Mediterraneo negli ultimi 12 mila anni* (2012)
XXIX Giornata dell'Ambiente in ricordo di Ardito Desio nel decennale della morte (Roma, 17 ottobre 2011).
268. *Le Accademie Nazionali e la storia d'Italia* (2012)
Convegno (Napoli, 9-10 dicembre 2011).
269. *Quintino Sella scienziato e statista per l'Unità d'Italia* (2013)
Convegno (Roma, 5-6 dicembre 2011).

270. *Cosa non funziona nella difesa dal rischio idro-geologico nel nostro Paese? Analisi e rimedi* (2013)
Incontro-Dibattito (Roma, 23 marzo 2012).
271. *Giornate di studio in ricordo di Giorgio Oppo: "Uomo, persona e diritto"* (2013)
Convegno (Roma, 6-8 maggio 2010).
272. *Gianvito Resta studioso e maestro* (2013)
Convegno (Roma, 8-9 febbraio 2012).
273. *Aurelio Roncaglia e la Filologia romanza* (2013)
Convegno (Roma, 8 marzo 2012).
274. *Antiquorum philosophia. In ricordo di Giovanni Pugliese Carratelli* (2013)
Convegno (Roma, 28-29 novembre 2011).
275. *Mediterranean archaeology: a GID-Eman training course* (2013)
Convegno (Rome, 8-10 October 2012).
276. *Testamento biologico e libertà di coscienza* (2013)
Convegno (Roma, 12-13 aprile 2012).
277. *Luigi Squarzina studioso, drammaturgo e regista teatrale* (2013)
Convegno (Fondazione Cini: Venezia, 4-6 ottobre 2012).
278. *Antropocene. Modifiche naturali ed antropiche del fragile equilibrio della terra* (2013)
Convegno (Roma, 26-27 novembre 2012).
279. *Il bacino del Po* (2014)
XII Giornata mondiale dell'acqua (Roma, 22 marzo 2012).
280. *Mobilità, traffico e sicurezza stradale* (2014)
XXX Giornata dell'Ambiente (Roma, 17 ottobre 2012).
281. *Le Conferenze a Classi Riunite Anno Accademico 2011-2012.*
282. *Metafore e simboli nella scienza* (2014)
(Roma, 8-9 maggio 2013).
283. *Calamità idrogeologiche: aspetti economici* (2014)
XIII Giornata mondiale dell'Acqua (Roma, 22 marzo 2013).
284. *Fare storia. In ricordo di Domenico Musti* (2014)
Convegno (Roma, 18-19 aprile 2012).
285. *Celebrazione del IV Centenario della pubblicazione dell'opuscolo Istoria e dimostrazioni intorno alle macchie solari* (2014)
Convegno (Roma, 15 aprile 2013).
286. *Il governo delle migrazioni oltre la crisi. Sfide e risposte* (2014)
Convegno (Roma, 5 giugno 2014).
287. *Ripensare Max Weber. In occasione del centocinquantenario della nascita* (2015)
Convegno (Roma, 7-8 maggio 2014).
288. *Lo sguardo sugli astri. Scienza, cultura e arte* (2015)
Convegno organizzato dal Centro Linceo Interdisciplinare «Beniamino Segre» in collaborazione con Istituto Nazionale di Astrofisica, Società Italiana di Archeoastronomia, Società Astronomica Italiana (Roma, 2 aprile 2012).

289. *L'Italia e l'arte straniera. La Storia dell'Arte e le sue frontiere* (2015)
Convegno a cento anni dal X Congresso Internazionale di Storia dell'Arte in Roma (1912). Un bilancio storiografico e una riflessione del presente (Roma, 23-24 novembre 2012).
290. *Gli economisti italiani. Protagonisti, paradigmi, politiche* (2015)
Convegno in collaborazione con: Archivio storico degli economisti (Ase) e Società Italiana degli Economisti (Sie) (Roma, 25-26 settembre 2013).
291. *I Lincei per una nuova scuola* (2015)
Convegno (Roma, 7 ottobre 2014).
292. *Attualità del pensiero di Antonio Gramsci* (2016)
Convegno (Roma, 30-31 gennaio 2014).
293. *Resilience of art cities to flooding: Success and failure of Italian experience*
Resilienza delle città d'arte alle catastrofi idrogeologiche: successi e insuccessi dell'esperienza italiana (2016)
Meeting (Rome, November 4-5 2014).
294. *La sfida dei Terawatt: quale ricerca per l'energia del futuro?*
The Terawatt challenge: what research for our future? (2016)
XXXI Giornata dell'Ambiente (Roma, 5-6 novembre 2013).
295. *L'archeologia del sacro e l'archeologia del culto. Sabratha, Ebla, Ardea, Lanuvio.*
Ardea (2016)
Giornate di studio (Roma, 8-11 ottobre 2013).
296. *L'opera scientifica di Augusto Graziani* (2016)
Convegno (Roma, 3 dicembre 2014).
297. *Evoluzione e controllo della qualità dell'aria sul territorio italiano* (2016)
XXXII Giornata dell'Ambiente Convegno (Roma, 17 novembre 2014).
298. *Gestione sostenibile del Mediterraneo* (2016)
XIV Giornata mondiale dell'Acqua Convegno (Roma, 21 marzo 2014).
299. *L'archeologia del sacro e l'archeologia del culto. Sabratha, Ebla, Ardea, Lanuvio.*
Sabratha (2016)
Giornate di studio (Roma, 8-11 ottobre 2013).
300. *La luce nella scienza e nella cultura* (2016)
Convegno (Roma, 29 aprile 2015).
301. *Health Science Education in Primary Schools* (2016)
International Work (Rome, 15 May 2015).
302. *L'archeologia del sacro e l'archeologia del culto. Sabratha, Ebla, Ardea, Lanuvio.*
Lanuvio (2016)
Giornata di studio (Roma, 8-11 ottobre 2013).
303. *I riti della morte e del culto di Mont'e Prama - Cabras* (2016)
Giornata di studio (Roma, 21 gennaio 2015).
304. *L'archeologia del sacro e l'archeologia del culto. Sabratha, Ebla, Ardea, Lanuvio.*
Ebla e la Siria dell'età del Bronzo all'età del Ferro (2016)
Giornate di studio (Roma, 8-11 ottobre 2013).

305. *Resilience of art cities to flooding: Success and failure of the Italian experience*
Resilienza delle città d'arte alle catastrofi idrogeologiche: successi e insuccessi
dell'esperienza italiana. Poster contributions (2016)
Meeting (Rome, November 4-5 2014).
306. *Resilienza delle città d'arte ai terremoti. Enhancing resilience of historic cities to*
earthquakes (2016)
XXXIII Giornata dell'Ambiente (Roma, 3-4 novembre 2015).
307. *Emilio Gabba. Un maestro della storia antica* (2016)
Convegno (Roma, 11-12 febbraio 2015).
308. *Organismi Geneticamente Modificati (OGM): opportunità e sfide* (2017)
Convegno (Roma, 5 febbraio 2015).
309. *Augusto. La costruzione del principato* (2017)
Convegno (Roma, 4-5 dicembre 2014).
310. *Giurisprudenza e Scienza* (2017)
Convegno (Roma, 9-10 marzo 2016).
311. *Grado di inquinamento naturale di acque e suoli in Italia* (2017)
XV Giornata mondiale dell'acqua (Roma, 20 marzo 2015).
312. *Ricordo di Giovanni Lilliu nel centenario della nascita (1914-2012)* (2017)
Gioranta Lincea (Roma, 13 marzo 2014).
313. *Per Cesare Segre. Gli strumenti della critica* (2017)
Convegno (Roma, 11-12 novembre 2015).
314. *Frontiere* (2017)
Convegno (Roma, 29-30 gennaio 2015).
315. *Florence 1966-2016 resilience of art cities to natural catastrophes:*
the role of academies (2017)
International Conference (Roma, 11-13 october 2016).
316. *Inquinamento antropico di acque e suoli in Italia* (2018)
XVI Giornata mondiale dell'acqua (Roma, 21 marzo 2016).
317. *L'Economia politica in prospettiva. In ricordo di Siro Lombardini* (2018)
Convegno (Roma, 20 maggio 2015).
318. *Michelangelo Cagiano de Azevedo. Il contributo di un archeologo alla conoscenza*
della transizione dal mondo classico al Medioevo (2018)
Convegno a cent'anni dalla nascita (Roma, 29-30 novembre 2012).
319. *Filologia e linguistica nella storia: dalla Sicilia all'Europa* (2018)
Convegno in ricordo di Alberto Varvaro (Roma, 8 marzo 2016).
320. *Strategie di adattamento al cambiamento climatico* (2018)
XXXIV Giornata dell'Ambiente (Roma, 8 novembre 2016).
321. *Antonino Di Vita. Itinerari mediterranei* (2018)
Convegno (Roma, 22 ottobre 2013).
322. *Le ragioni della Commedia tra passato e futuro* (2018)
Convegno (Roma, 14-15 dicembre 2016).

323. *Ucraina tra Occidente e Oriente d'Europa*
Ukraine between Western and Eastern Europe (2018)
Convegno (Roma, 22-23 ottobre 2015).
324. *Strategie di adattamento alla domanda e alla disponibilità di risorse idriche* (2019)
XVII Giornata Mondiale dell'Acqua (Roma, 21 marzo 2017).
325. *Cambiamento e crisi nel Mediterraneo* (2019)
XXXV Giornata dell'Ambiente (Roma, 17 ottobre 2017).
326. *Natura, storia, uomini* (2019)
Giornata di studio in onore di Lucio Gambi (Roma, 19 aprile 2017).
327. *23 aprile 1616, il nuovo mondo: Cervantes, Garcilaso L'Inca, Shakespeare* (2019)
Convegno (Roma, 22 aprile 2016).
328. *Marine Litter: da emergenza ambientale a potenziale risorsa* (2019)
Convegno (Roma, 1° dicembre 2017).
329. *La previsione idrogeologica sulla risorsa acqua* (2019)
XVIII Giornata Mondiale dell'Acqua (Roma, 22 marzo 2018).
330. *Leonardo. Il corpo dell'uomo* (2019)
Convegno (Roma, 8-9 aprile 2019).
331. *Raccogliere i benefici della scienza per la sostenibilità nella produzione agricola primaria* (2019)
Convegno (Roma, 27-28 febbraio 2019).
332. *Convegno in memoria di Giuseppe Giarrizzo* (2020)
(Roma, 17-18 gennaio 2019).
333. *I musei dal vivo e l'iniziativa privata: un caso di valorizzazione del patrimonio culturale italiano* (2020)
Convegno (Roma, 6 giugno 2017).
334. *Variazioni del livello del mare dovute ai cambiamenti climatici* (2020)
XXXVI Giornata dell'Ambiente (Roma, 7 novembre 2018).
335. *L'eredità scientifica di Paolo Scandone, geologo* (2020)
Convegno (Roma, 29 marzo 2019).

Per ordini d'acquisto rivolgersi a:

BARDI EDIZIONI srl

Corso del Rinascimento, 24 – 00186 Roma

tel.: +39 06 37500596

segreteria@bardiedizioni.it

www.bardiedizioni.it

