

DATAZIONI ⁴⁰AR/³⁹AR DEL METAMORFISMO DELL'UNITÀ DI ORTANO-RIO MARINA
(ISOLA D'ELBA): RISULTATI PRELIMINARI

INDICE

RIASSUNTO	pag.	187
ABSTRACT	"	187
ASSETTO TETTONICO		
DELL'ELBA ORIENTALE	"	188
CAMPIONATURA E RISULTATI DELLE		
DATAZIONI DEL METAMORFISMO	"	190
DISCUSSIONE E POSSIBILI CONSEGUENZE		
DEL RISULTATO OTTENUTO	"	191
BIBLIOGRAFIA	"	191

RIASSUNTO

Nell'edificio dell'Elba orientale l'unità tettonica di Ortano-Rio Marina (II complesso di TREVISAN, 1950) è interposta tra i terreni paleozoico-triassici del I complesso (al letto) ed un cuneo di serpentiniti debolmente metamorfiche di pertinenza ligure (al tetto). A loro volta queste ultime sono accavallate da una unità tettonica di affinità toscana che ha, di nuovo, al suo tetto la falda ligure. L'Unità di Ortano-Rio Marina consta di un basamento paleozoico (micasisti, porfiroidi e filladi) e di una copertura sedimentaria Trias-Oligocene (?) costituita da metadolomie brecciate, marmi, cipollini, calcescisti e filladi. Essa è caratterizzata da un metamorfismo in *facies* di scisti verdi (quarzo + albite + clorite + muscovite + epidoto) concomitante ad una deformazione progressiva evidenziata da una scistosità ripiegata da strette pieghe isoclinali Est-vergenti. Altre deformazioni posteriori di blando carattere plicativo non presentano blastesi.

La successiva fase estensionale avviene in regime di fratturazione idraulica ed è caratterizzata da vistose cataclasi foliate.

Nei singoli cristalli di muscovite giacenti nel piano della scistosità principale dei calcescisti e dei cipollini sono state eseguite 6 datazioni con il metodo ⁴⁰Ar/³⁹Ar a fusione laser.

Il miglior risultato riguarda un campione di cipollini di Rio Marina dove è stato ottenuto un *plateau* pari al 73% del rilascio di ³⁹Ar, corrispondente ad un'età di 19.68 ± 0.15 Ma. Questo risultato rafforza l'ipotesi che nell'Unità di Ortano-Rio Marina sia presente il *Macigno* e conferma il meccanismo deformativo bifasico nella costruzione dell'edificio elbano rappresentato dalla messa in posto, prima, del prisma d'accrezione ligure sul margine interno toscano seguito, per propagazione degli sforzi compressivi dal sovrascorrimento del margine interno (complesso III di TREVISAN) sulle Liguridi stesse, garantendo così il necessario carico di confinamento per l'innescio del metamorfismo stesso.

La datazione ottenuta mette in sincronia il metamorfismo elbano con la rotazione del massiccio corso e, quindi, correla la

tettagenesi della zona interna del margine toscano con la subduzione della litosfera adriatica verso Ovest e con l'apertura del bacino ligure-provenzale.

Infine questo risultato pone un limite inferiore all'inizio delle fasi tettoniche distensive di riesumazione che, almeno all'Elba, sono con tutta probabilità non più vecchie del Tortoniano.

ABSTRACT

The Ortano-Rio Marina tectonic unit of eastern Elba (TREVISAN's II complex) is found between the Palaeozoic-Triassic I complex and a wedge of ligurian meta-ophiolitic rocks. These latter are overthrust by a basement-sedimentary cover sequence of the tuscan domain which is itself again overridden by pelagic sediments and ophiolites of the ligurian domain.

The Ortano-Rio Marina unit is made up by a Palaeozoic basement (micaschists, porfiroids and phyllites) and a Triassic-Oligocene (?) sedimentary cover. The cover comprises, from the base to the top, a metamorphic breccia, marbles, calcschists and phyllites. Metamorphism of this unit is of greenschist *facies* (quartz+albite+chlorite+muscovite+epidote) and is coeval with a progressive deformation characterized by a refolded foliation, with E-verging isoclinal folds. Further deformational events do not show blastesis of new metamorphic minerals. Late stage extension overprints the compressional structures. It is characterized by hydraulic fracturing and cataclastic foliated fault rocks.

Individual muscovite grains from the calcschists foliation have been dated using the laser ⁴⁰Ar/³⁹Ar. The best result was obtained in a sample from Rio Marina which shows a 73% ³⁹Ar release, corresponding to an age of 19.68 ± 0.5 Ma. This date for the metamorphism of the Ortano-Rio Marina unit is in good agreement with the hypothesized presence of the *Macigno* rocks in this unit and with a two phases deformation history of the elban orogenic building. First the ligurian accretionary prism overthrust the tuscan margin, later on further shortening resulted in the "out of sequence" thrusting of the terranes of the margin itself onto the ligurian prism along a deeper detachment. As a result the complexes buried in the footwall reached greenschist *facies* metamorphic conditions.

On the basis of these preliminary results, the metamorphism occurred in Elba seems to be coeval and linked with the rotation of the corsican-sardinian block. Thus, deformation in the internal zone of the tuscan domain is related to subduction of the apulian lithosphere to the west and to the opening of the ligurian basin.

This gives a lower age limit to the initiation of the tyrrhenian extensional event, which in Elba cannot be older than Tortonian.

PAROLE CHIAVE: Appennino settentrionale, metamorfismo, datazioni ⁴⁰Ar/³⁹Ar.

KEY WORDS: Northern Apennines, metamorphism, ⁴⁰Ar/³⁹Ar radiometric dating.

(*) Geochronology Center, Institute of Human Origin, Berkeley Ca

(**) Royal Holloway, University of London, Egham, Surrey

(***) Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Perugia

ASSETTO TETTONICO DELL'ELBA ORIENTALE

L'Elba orientale è un edificio appenninico costituito, se si escludono i terreni flyscioidi geometricamente più alti nella sua pila tettonica, da quattro complessi (Fig. 1) (TREVISAN, 1950; BARBERI *et al.*, 1967) che, a partire dal basso, sono:

COMPLESSO I

È formato da un basamento micascistoso di età ancora non definita su cui giace con contatto non conforme una copertura triassico-giurassico inferiore di affinità toscana, data da quarziti e anageniti seguite verso l'alto da metadolomie e marmi di basso grado metamorfico. I migliori affioramenti di questo complesso sono situati nell'Elba sud-orientale in corrispondenza della miniera di M. Calamita. Il contatto tettonico con il sovrastante complesso II non è mai osservabile sul terreno: la distinzione tra i due complessi è basata essenzialmente sulle diverse caratteristiche petrografiche delle rocce del loro basamento (BARBERI, 1966).

COMPLESSO II

Consta anch'esso di un basamento e di una copertura separati da un contatto non conforme. Nel basamento sono distinguibili dal basso: gli *Scisti di Capo d'Arco* (DURANTI *et al.*, 1992), ed i *Porfiroidi di Ortano* che terminano in alto con livelli di metaareniti. La copertura inizia con una breccia metamorfica di color ocra, mineralizzata a solfuri ed ematite, costituita da frammenti di rocce del basamento e di marmi immersi in una matrice calcareo-dolomitica metamorfosata. Per le sue caratteristiche questa breccia ricorda le Carniole alpine. Essa può essere interpretata come una "collapse breccia" di tipo diagenetico successivamente metamorfosata. La sua interpretazione come breccia tettonica (PANDELI & PUXEDDU, 1990; DURANTI *et al.*, 1992) trova difficoltà nel fatto che la breccia non presenta caratteristiche esclusive delle rocce di faglia, il contatto con i sovrastanti marmi e con le sottostanti metaareniti è sempre subparallelo a quelli delle altre formazioni della stessa unità tettonica ed, infine, per l'evidente analogia della breccia, come posizione stratigrafica, nella Toscana meridionale con altre formazioni come quella di *Tocchi*, i *Grezzoni* e lo stesso *Calcare cavernoso*.

Al di sopra della breccia si trova una sequenza di marmi e cipollini di oltre 30 metri di spessore che presenta molte analogie con sequenze similari della Montagnola Senese e di cui si ribadisce sulla scia di TREVISAN (1950) l'affinità toscana. L'ipotizzata attribuzione da parte di PANDELI & PUXEDDU (1990) di questa sequenza e dei sottostanti porfiroidi al cambro-devonico non sembra, al momento, suffragata da dati probanti.

Al di sopra dei marmi, con contatto paraconcordante marcato da tasche di erosione e livelli arrossati, nel complesso II si trova una sequenza di calcescisti con livelli quarziticci seguita da una filladica con intercalazioni di marmi che diventano via via meno frequenti verso l'alto ed, infine, una sequenza di sole filladi che, nella loro parte terminale, presentano sottili intercalazioni quarziticche. Tutto l'insieme giace in modo concordante sopra ai marmi ed alla

breccia color ocra ed è interessato da una scistosità principale ripiegata in strette pieghe isoclinali Est vergenti; nel piano della scistosità principale giace una lineazione da *stretching* che immerge verso i quadranti occidentali (235-280) di circa 30°. È importante notare che l'andamento generale della foliazione principale del complesso II è del tutto concordante con quello del *thrust* che ha posto il cuneo di serpentiniti sopra di esso, con quello che ha posto il III complesso sopra al cuneo di serpentiniti e con quello che ha posto il IV sopra al III complesso, cioè con tutto il sistema di *thrusts* che ha formato l'edificio elbano. Ciò dimostra inequivocabilmente che metamorfismo regionale del II complesso e fasi compressive sono strettamente legati e contestuali all'Elba. La successiva riesumazione in fase distensiva è avvenuta in regime di fratturazione idraulica ed è caratterizzata da cataclasi foliate con ricchezza di superfici S e C che smembrano e allungano vistosamente verso i quadranti orientali tutto l'edificio elbano. La messa in posto dei due *stocks* del M. Capanne e di Porto Azzurro ed il metamorfismo di contatto ad essi connesso si è verificata in modo concomitante alla distensione ed è continuata anche dopo dal momento che gli *stocks* ricurvano le grandi faglie dirette. Il metamorfismo regionale che interessa questo complesso è in *facies* di scisti verdi e caratterizzato dall'associazione quarzo + albite + muscovite + epidoto + clorite. Ulteriori blande pieghe di tipo *kink* con assi circa Est-Ovest non presentano blastesi. DURANTI *et al.* (1992) separano dai marmi la sequenza calcescistosa e filladica sovrastante che attribuiscono ad un'unità tettonica di affinità ligure (Unità di Punta dell'Acquadolce), sulla scorta del rinvenimento di Calpionelle, Radiolari ed altri fossili della parte alta del Cretaceo inferiore.

Noi dissentiamo da questa interpretazione per i seguenti motivi: a) la sequenza "stratigrafica" della copertura del complesso II, formata da calcescisti, calcescisti con filladi e filladi, costituisce insieme ai sottostanti marmi ed alla breccia color ocra una sequenza unica del tutto correlabile a quella apuana e a quella della Montagnola Senese dove Giurassico e Cretaceo sono ben rappresentati; tali sequenze non hanno nulla di ligure perchè poggiano, al pari del complesso II, su di un basamento paleozoico; b) la presenza di Radiolari, Calpionelle e Ticinella-Hedbergella non può essere considerata una prova dell'affinità ligure dell'Unità della Punta dell'Acquadolce. Tali fossili sono, com'è noto, presenti in tutte le successioni toscane non metamorfiche, Elba compresa (complesso III, PERRIN, 1975). A nostro avviso i reperti fossiliferi di DURANTI *et al.* (1992) confermano l'affinità toscana di tutto il complesso II e, indirettamente, l'ipotesi che le sottili intercalazioni di quarziti, presenti nelle filladi della parte alta di tale complesso, rappresentino la porzione basale dello *Pseudomacigno* (KELLER & PIALLI, 1990); c) se l'Unità della Punta dell'Acquadolce fosse di pertinenza ligure, il contatto con i sottostanti marmi sarebbe chiaramente un contatto compressivo del tipo "giovane" su "vecchio". È vero che ciò può verificarsi in una tettonica polifasata (si veda ad es. DAHLSTROM, 1970), anche se raramente e comunque in casi da provare circostanziatamente, all'Elba però questo sarebbe l'unico caso in quanto in tutti gli altri *thrusts* si ha sempre il contatto "vecchio" su "giovane", mentre tutte le volte in cui si ha "giovane" su "vecchio" c'è sempre la documentata presenza di faglie normali.

CUNEO DI SERPENTINITI

In contatto tettonico al di sopra della sequenza filladica del complesso II, in tutta l'Elba orientale, giace un cuneo di serpentinitì debolmente metamorfiche di pertinenza ligure. Sia ai contatti superiore ed inferiore che all'interno del cuneo sono presenti numerose zone di taglio fragili indicanti un generale trasporto verso est che tagliano altre, precedenti e complesse superfici tettoniche. Per la messa in posto di questa unità tettonica KELLER & PIALI (1990) hanno proposto un meccanismo deformativo articolato in due momenti: in un primo momento si ha il sovrascorrimento dell'elemento ligure sopra tutto il margine elbano (II e III complesso con il III in posizione interna rispetto al II); in un secondo momento tale sovrascorrimento viene tagliato da un altro che riporta il margine elbano interno, con la falda ligure già messa in posto, sulle stesse Liguridi sovrastanti il II complesso. Questo secondo sovrascorrimento è, pertanto, fuori sequenza (MORLEY, 1988) e utilizza come scollamento le filladi del basamento del III complesso. Il meccanismo proposto giustifica il carico di confinamento necessario per l'innesco delle condizioni di metamorfismo in *facies* di scisti verdi che caratterizzano il II complesso nonché le due fasi deformative ivi riscontrate.

COMPLESSO III

È costituito da un basamento filladico d'età carbonifera secondo gli Autori, sovrascorso sul cuneo di serpentinitì, da un tegumento che comprende i terreni del *Verrucano* e da una copertura non metamorfica che riguarda termini di una serie ad affinità spezzina che vanno dal *Calcare cavernoso*, ai *Calcari a R. contorta*, al *Calcare Massiccio* e ai calcari pelagici sovrastanti fino alla *Maiolica*, con possibili lacune stratigrafiche (BOCCALETTI *et al.*, 1977). Nell'area del Cavo è stata segnalata la presenza del *Macigno* (CENTAMORE com. pers.). Una importante faglia diretta ad andamento circa nord-sud ed immersione occidentale delimita sistematicamente il *Verrucano* o il basamento filladico dal *Calcare Cavernoso* e dagli altri termini più recenti del complesso III.

COMPLESSO IV

Il IV complesso poggia con contatto tettonico sui terreni del III con un complicato sistema di *thrusts* successivamente tagliato dalle faglie normali della tettonica estensionale. Il termine che sta a contatto con i terreni del III complesso è rappresentato o dalle *Argille a Palombini* o dalle serpentinitì basali: nel secondo caso la sovrapposizione è data da un vero *thrust* mentre nel primo è possibile che si abbia avuta una riattivazione in fase distensiva della superficie di sovrascorrimento. Il IV complesso presenta al di sopra delle serpentinitì basali degli ammassi intrusivi gabbrici sormontati da diabasi e basalti a *pillows*. La sua copertura sedimentaria, costituita da radiolariti, *Calcari a Calpionelle* ed *Argille a Palombini*, mostra evidenti analogie con le serie della Liguria orientale studiate da DECANDIA & ELTER (1972).

L'impilamento delle unità tettoniche che formano l'edificio elbano ed il suo successivo smembramento ad opera di una forte tettonica estensionale sono il risultato di

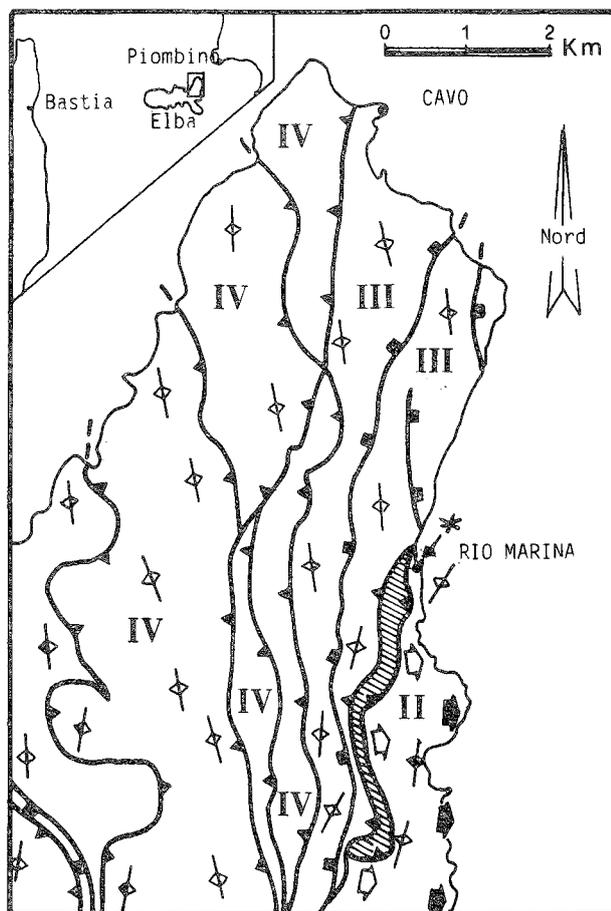


Fig. 1 - Schema tettonico dell'Elba orientale indicante la posizione dei complessi II, III e IV e del cuneo di serpentinitì (in *grisé*), dei *thrusts* che li delimitano e delle principali faglie dirette. Sono indicate anche le mesostrutture più importanti: assi di mesoanticlinali e *shear bands* (le frecce bianche si riferiscono alle serpentinitì, quelle nere ai calcarecci del complesso II). L'asterisco indica la posizione del campione di cui si riporta la datazione $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ a fusione laser.

vari momenti deformativi sviluppati in condizioni geodinamiche molto diverse. Delle fasi precollisionali, connesse con lo sviluppo di un prisma di accrezione (TREVES, 1984) le tracce più significative sono forse rappresentate dalle scaglie tettoniche ripetute di serpentinitì e *Argille a Palombini* presenti nell'Elba orientale e centrale nonché dalla presenza di breccie ofiolitiche con *Nummuliti* inserite nel *Flysch* eocenico di P.ta della Contessa (PERRIN, 1975), correlato pertanto alla Formazione di *Lanciaia* della Toscana marittima (BOCCALETTI *et al.*, 1978).

La collisione tra elementi della catena alpina e prisma d'accrezione ligure (*Schistes lustrès* accavallati su liguridi non metamorfiche), messa in luce nell'alto Tirreno dalla sismica a riflessione (BARTOLE *et al.*, 1991) non è documentata all'Elba mentre è ben documentata la sovrapposizione del prisma ligure sul margine toscano sia interno (III complesso) che esterno (II complesso) malgrado non chiariti siano molti punti che riguardano i rapporti tra i *Flysch* liguri e quello eocenico di affinità subligure e le datazioni delle deformazioni compressive.

Anche la successiva fase estensionale, causata da un notevole allungamento e dell'edificio compressivo, presenta molti punti da chiarire che riguardano l'età, le condizioni di P e T, la direzione ed il verso dell'estensione e, soprattutto, se l'estensione è responsabile dello smembra-

mento di un unico edificio metamorfico (Elba e Dorsale Monticiano-Roccastrada), come noi riteniamo.

Sulla datazione del metamorfismo regionale elbano e su quest'ultimo punto si cerca di portare un contributo con il presente lavoro.

CAMPIONATURA E RISULTATI DELLE DATAZIONI DEL METAMORFISMO

Le datazioni hanno avuto per oggetto le rocce della copertura del II complesso nell'intervallo compreso tra il tetto dei marmi e la base del cuneo di serpentiniti interposto

tra il II ed il III complesso. Le sequenze esaminate sono, pertanto, quella di calcescisti alla base, quella filladica con intercalazioni di marmi e quella solo filladica con sottili orizzonti quarziticci della sommità dell'intervallo. Esse coincidono quindi con tutta l'Unità della P.ta dell'Acquadolce di DURANTI *et al.* (1992). Gli affioramenti campionati si trovano lungo la valle di Ortano, lungo la costa (faro di Rio Marina) e al di sopra delle ex cave di marmo presenti a nord-ovest di Villa Mellini.

Di 20 campioni raccolti ne sono stati selezionati sei in base alla grana dei cristalli di muscovite giacenti nel piano della foliazione principale, che contiene la lineazione da *stretching*, in modo che in un singolo cristallo fosse stato

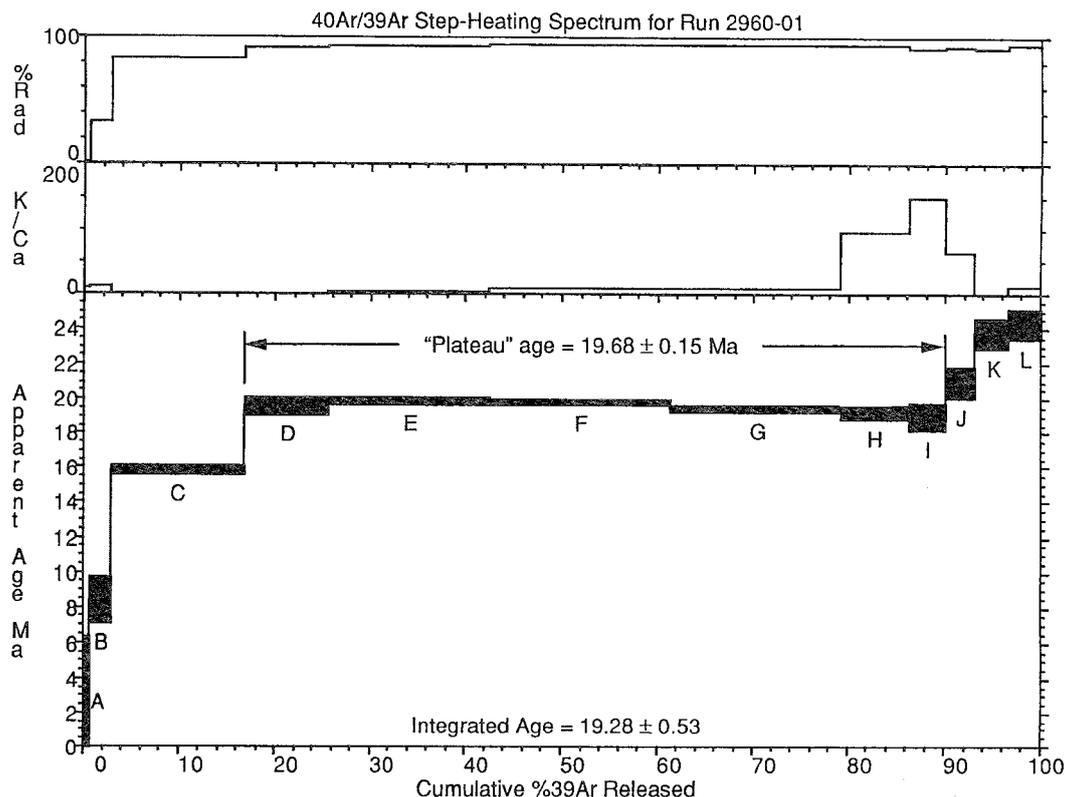


Fig. 2 - Spettro d'emissione dell' ^{39}Ar del campione proveniente dal faro di Rio Marina con il "plateau" di $19,68 \pm 0,15$ Ma; i dati analitici sono riportati nella Tab. 1.

Tab. 1 - $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ Analytical Data, Rio Marina Muscovite.

Lab ID#	Power (Watts)	Ca/K	$^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$	$^{40}\text{Ar}^*/^{39}\text{Ar}$	^{40}Ar (Moles $\times 10^{14}$)	$\%^{40}\text{Ar}^*$	Age (Ma $\pm 1\sigma$)
2960-01A	0.1	0.1051	0.00888	0.022	0.3	0.8	0.8 \pm 2.8
2960-01B	0.2	0.0865	0.00150	0.222	0.3	33.5	8.42 \pm 0.66
2960-01C	0.4	0.8781	0.00042	0.420	1.4	82.4	15.86 \pm 0.14
2960-01D	0.5	1.0083	0.00028	0.520	1.1	92.0	19.63 \pm 0.25
2960-01E	0.7	0.6226	0.00022	0.527	2.0	92.6	19.92 \pm 0.12
2960-01F	0.9	0.1179	0.00012	0.526	2.0	94.4	19.85 \pm 0.09
2960-01G	1.1	0.1203	0.00011	0.516	1.9	94.9	19.47 \pm 0.10
2960-01H	1.3	0.0104	0.00010	0.510	0.7	94.6	19.27 \pm 0.20
2960-01I	1.6	0.0068	0.00017	0.504	0.4	91.0	19.02 \pm 0.38
2960-01J	2.1	0.0152	0.00015	0.556	0.4	92.4	20.99 \pm 0.44
2960-01K	3.0	0.8039	0.00029	0.630	0.5	91.9	23.78 \pm 0.41
2960-01L	Fusion	0.0800	0.00015	0.645	0.5	94.0	24.33 \pm 0.44
Total fusion age =							19.28 \pm 0.53
"Plateau" age, steps D-F =							19.86 \pm 0.15
"Plateau" age, steps D-I =							19.68 \pm 0.15

possibile eseguire più determinazioni. Di questi sei, il risultato più significativo proviene da quello del faro di Rio Marina. I cristalli di muscovite (15-250 microns), separati dal calcescisto che li conteneva, sono stati datati con la tecnica laser $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ (DEINO & POTTS, 1990; DEINO *et al.*, 1990) utilizzando per il monitoraggio del flusso di neutroni il sanidino delle tufiti del Fish Canyon con una età di riferimento di 27,84 Ma (CEBULA *et al.*, 1986; con taratura MMhb-1 di 520,4 Ma, SAMSON & ALEXANDER, 1987). Il campione è stato irradiato per 28 ore nel reattore Omega West del Los Alamos National Laboratory.

Lo spettro dell'incremento del rilascio dell' ^{39}Ar (Fig. 2, Tab. 1) mostra un rapido aumento d'età nei gradini iniziali (A-C) ed un andamento piatto nel tratto D-I. Segue un nuovo aumento marcato dai gradini J-L. L'età integrata della fusione totale è di $19,28 \pm 0,53$ Ma.

Questo valore non rappresenta con ogni probabilità l'età della cristallizzazione della muscovite dal momento che lo spettro mostra successivi disturbi nell'emissione di ^{39}Ar . La porzione piatta dello spettro di emissione per essere considerata un vero "plateau" non soddisfa completamente alcuni dei criteri comunemente accettati. Un vero "plateau" infatti dovrebbe contenere più del 50% dell' ^{39}Ar rilasciato ed ogni coppia di gradini all'interno del "plateau" statisticamente non dovrebbe avere valori diversi ad un livello di confidenza del 95% (FLECK *et al.*, 1977; LANPHERE & DALRYMPLE, 1978). Tuttavia i gradini all'interno della zona piatta rientrano in un intervallo d'età ragionevolmente stretto compreso tra 19,0 e 19,9 Ma e costituiscono il 73% dell' ^{39}Ar rilasciato. Pertanto questa porzione dello spettro fornisce valide informazioni sull'età del metamorfismo. Il "plateau" così definito dà un'età media del metamorfismo dei calcescisti di Rio Marina di $19,68 \pm 0,15$ Ma.

DISCUSSIONE E POSSIBILI CONSEGUENZE DEL RISULTATO OTTENUTO

Il risultato presentato è ancora di carattere preliminare: un solo campione non può essere sufficiente a definire con chiarezza l'età del metamorfismo regionale del complesso II. Un'altra campionatura è in corso di analisi e, in tempi non lunghi, potremo avere un controllo del risultato ottenuto.

Va tuttavia precisato che: 1) il metodo $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ a fusione laser, con gli standards usati, rispetto ai tradizionali $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ e K/Rb finora impiegati nell'Appennino settentrionale (GIGLIA & RADICATI DI BROZOLO, 1970; KLIGFIELD *et al.*, 1987) è più avanzato ed il margine d'errore più ridotto; 2) pur essendo uno solo il campione risultato valido, le determinazioni in esso eseguite sono 12 (Tab. 1); 3) il "plateau" individuato, corrispondente al 73% del rilascio di ^{39}Ar , è compreso tra 19,0 e 19,9 Ma. Esso, pur non comprendendo totalmente la chiusura della cristallizzazione della muscovite, è molto significativo ed è improbabile che i miglioramenti che si potranno avere dalle analisi in corso escano da tale range di valori.

Nell'ipotesi che la media pesata di $19,68 \pm 0,15$ Ma, corrispondente circa al limite Aquitaniano-Burdigaliano, sia affidabile, le conseguenze che si possono trarre al momento sembrano le seguenti: 1) esiste una buona correlazione cronologica tra tettonogenesi del margine interno toscano, rotazione del massiccio corso, apertura del bacino

ligure-provenzale e vulcanismo calc-alcinalino sardo (REHAULT *et al.*, 1987). Ciò lega i processi deformativi elbani ad una subduzione immergente ad Ovest che ha provocato la collisione con sovrascorrimento del prisma d'accrezione ligure *l.s.* sul margine toscano. 2) Il dato dell'età del metamorfismo, insieme ai reperti fossiliferi di DURANTI *et al.* (1992), rafforza l'ipotesi che nel II complesso possa essere presente la parte basale dello *Pseudomacigno*. 3) Se confrontato con le datazioni delle fasi compressive delle Apuane (KLIGFIELD *et al.*, 1986), che forniscono il valore di 27 Ma, il dato elbano appare più realistico per l'età del metamorfismo. Infatti, come fanno rilevare D'OFFIZI *et al.* (in stampa), se si considera che l'età dello *Pseudomacigno* è Oligocene superiore e che il limite Rupeliano-Chattiano è di 28 Ma, un solo milione d'anni appare un tempo troppo breve per permettere prima la sedimentazione dello *Pseudomacigno* poi il suo infossamento fino alla profondità di circa 10-12 Km ed infine il suo metamorfismo. È possibile che la datazione elbana possa applicarsi alle fasi compressive non solo dell'edificio apuano con cui esistono indubbe similitudini ma, a maggior ragione, alla Montagnola senese con cui esiste una sostanziale identità nelle unità tettoniche e nelle unità stratigrafiche che le compongono. 4) Il dato di 19,68 Ma pone un limite inferiore all'inizio della fase distensiva che, all'Elba, non presenta blastesi metamorfiche di carattere regionale. Le faglie dirette ad essa collegate sono lievemente precedenti o concomitanti e anche posteriori alle principali fasi magmatiche del M. Capanne e di Porto Azzurro.

Per questa fase risulta improbabile un'età precedente al Tortoniano.

RINGRAZIAMENTI

Lavoro eseguito con il contributo finanziario del M.U.R.S.T. (fondi 40 % e 60 %).

Gli Autori ringraziano A. Castellarin e G. Giglia per la lettura critica del manoscritto e per gli utili suggerimenti.

BIBLIOGRAFIA

BARBERI F. (1966) - *I Porfiroidi della Toscana e la loro posizione stratigrafica*. Atti del Simposio sul Verrucano, Soc. Tosc. Sci. Nat., 34-54.

BARBERI F., GIGLIA G., INNOCENTI F., MARINELLI G., RAGGI G., RICCI C.A., SQUARCI P., TAFFI L. & TREVISAN L. (1967) - *Carta geologica dell'isola d'Elba*. Scala 1:25000. C.N.R. Roma.

BARTOLE R., TORELLI L., MATTEI G., PEIS D. & BRANCOLINI G. (1991) - *Assetto stratigrafico-strutturale del Tirreno Settentrionale: stato dell'arte*. Studi Geol. Camerti, Vol. Spec., 1991/1, 115-140.

BOCCALETTI M., BONAZZI U., COLI M., DECANDIA F.A., ELTER P., PULCINELLI A., RAGGI G., VERANI M. & ZANZUCCHI G. (1978) - *Problemi stratigrafico-strutturali dell'Elba centro-orientale*. Prog. Final. Geodinamica, Sottoprogramma Modello Strutturale, Gruppo App. Sett., U.O. Firenze, Pisa, Siena, 15 pp., Firenze 1978.

CEBULA G.T., KUNK M.J., MEHNERT H.H., NAESER C.W., OBRADOVICH J.D. & SUTTER J.F. (1986) - *The Fish Canyon Tuff, a potential*

- standard for the $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ and fission track methods. (Abstract), *Terra Cognita*, **6** (2), 139-140.
- DAHLSTROM C.D.A. (1970) - *Structural geology in the Eastern Margin of the Canadian Rocky Mountains*. *Bull. of Can. Petrol. Geol.*, **18** (3), 332-406.
- DECANDIA F.A. & ELTER P. (1972) - *La zona "ofiolitifera" del Bracco, nel settore tra Levanto e la Val Graveglia*. *Mem. Soc. Geol. It.*, **11**, 503-530.
- DEINO A. & POTTS R. (1990) - *Single crystal $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating of the Olorgesailie Formation, Southern Kenya Rift*. *Journ. Geoph. Res.*, **95**, B6, 8453-8470.
- DEINO A., TAUXE L., MONAGHAN M. & DRAKE R. (1990) - *Single-crystal $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages and the litho and palaeomagnetic stratigraphies of the Ngorora Formation, Kenya*. *Journ. of Geol.*, **98**, 567-587.
- D'OFFIZI S., MINELLI G. & PIALLI G. (1993) - *Foreland basins and thrust systems in Northern Apennines*. In stampa su *Boll. Geof. Teor. e Appl.*
- DURANTI S., PALMERI R., PERTUSATI P.C. & RICCI C.A. (1992) - *Geological evolution and metamorphic petrology of the basal sequences of eastern Elba (complex II)*. *Acta Vulcanologica, Marinelli Volume*, **2**, 213-229.
- FLECK R.J., SUTTER J.F. & ELLIOT D.H. (1977) - *Interpretation of discordant $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age-spectra of Mesozoic tholeiites from Antarctica*. *Geoch. Cosmoch. Acta*, **41**, 15-32.
- GIGLIA G. & RADICATI DI BROZOLO R. (1970) - *K/Ar age of metamorphism in the Apuane Alps (Northern Tuscany)*. *Boll. Soc. Geol. It.*, **89**, 485-497.
- KELLER J.V.A. (1990) - *Apennine compressional deformation and Tyrrhenian extension on the island of Elba, Italy*. Ph. D. Thesis, University of London and Imperial College, 346 pp. (lavoro inedito).
- KELLER J.V.A. & PIALLI G. (1990) - *Tectonics of the Island of Elba: a reappraisal*. *Boll. Soc. Geol. It.*, **109**, 413-425.
- KLIGFIELD R., HUNZIKER J., DALMEYER R.D. & SCHAMEL S. (1986) - *Dating of deformation phases using K-Ar and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ techniques: results from the Northern Apennines*. *Journ. of Struc. Geol.*, **8**, 781-798.
- LANPHERE M.A. & DALRYMPLE G.B. (1978) - *The use of $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ data in evaluation of disturbed K-Ar systems*. *USGS Open-File Report*, **78-701**, 241-243.
- MORLEY C.K. (1988) - *Out-of-sequence thrusts*. *Tectonics*, **7**, 539-561.
- PANDELI E. & PUXEDDU M. (1990) - *Paleozoic age for the Tuscan Upper metamorphic sequence of Elba and its implications for the geology of the Northern Apennines (Italy)*. *Ecl. Geol. Helv.*, **83/1**, 123-142.
- PERRIN M. (1975) - *L'Ile d'Elbe et la limite Alpes-Appennin: donnés sur la structure géologique et l'évolution tectogénétique de l'Elbe alpine et de l'Elbe appenninique*. *Boll. Soc. Géol. It.*, **94**, 1929-1975.
- PRINCIPI G. & TREVES B. (1984) - *Il sistema Corso-Appenninico come prisma d'accreszione. Riflessi sul problema generale del limite Alpi-Appennini*. *Mem. Soc. Geol. It.*, **28**, 549-576.
- REHAULT J.P., MOUSSAT E. & FABBRI A. (1987) - *Structural evolution of the Tyrrhenian backarc basin*. *Marine Geology*, **74**, 123-150.
- SAMSON S.D. & ALEXANDER E.C.JR. (1987) - *Calibration of the interlaboratory $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating standard. MMhb-1*. *Chem. Geol. Isot. Geosci.*, **66**, 27-34.
- TAYLOR J.R. (1982) - *An introduction to error analysis*. *University*. Science Books, Mill Valley, California.
- TREVES B. (1984) - *Orogenic belts as accretionary prisms: the example of the Northern Apennines*. *Ofioliti*, **9**, 577-618.
- TREVISAN L. (1950) - *L'Elba orientale e la sua tettonica di scivolamento per gravità*. *Mem. Ist. di Geol., Univ. di Padova*, **16**, 5-39.