

Matricola:0000890688

*Alma Mater Studiorum – Università di Bologna*

SCUOLA DI SCIENZE

Corso di Laurea in Scienze Geologiche

Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche ed Ambientali

Tesi di Laurea

Rilevamento geologico dell'area di Rio Marina,  
Isola d'Elba Orientale

Candidato:

Elia Genghini

Relatore:

Prof. Federico Lucchi

Anno accademico 2020-2021

Indice	pag.
1.Introduzione.....	3
2.Inquadramento Geologico.....	4
2.1.Contesto geodinamico.....	4
2.2.Tettono-stratigrafia .....	5
3.Rilevamento Geologico.....	8
3.1.Unità dell'Acquadolce.....	9
3.1.1.Calcescisti.....	9
3.1.2.Skarn.....	10
3.2.Serpentiniti.....	10
3.3.Formazione di Rio Marina.....	10
3.4.Verrucano.....	11
3.5.Calcare Cavernoso.....	12
3.6.Calcari e Marne a Posidonia Alpina.....	12
4.Discussione e Conclusioni.....	13
4.1.Indicatori cinematici.....	13
4.2.Fagliazione recente.....	14
5.Bibliografia.....	16

## 1.INTRODUZIONE

Il seguente elaborato si riferisce al rilevamento geologico di una zona dell'Isola d'Elba effettuato nel giugno del 2021, nell'ambito del campo geologico di fine triennio coordinato dai professori Viola e Vignaroli. Lo scopo del campo geologico è stato quello di redare una carta geologica a scala 1:5000 della parte orientale dell'isola, dalla Spiaggia di Barbarossa all'abitato di Rio Marina, suddividendo l'area di studio in settori di circa 2 km<sup>2</sup>, ognuno cartografato da un gruppo di 3 studenti. Il presente lavoro riguarda in particolare l'area nei dintorni di Rio Marina, ed è composto da un Allegato Cartografico con una carta geologica a scala 1:5000 corredata da una sezione geologica orientata WNW-ESE, e da una relazione che descrive le caratteristiche litostratigrafiche e tettoniche individuate e la loro interpretazione.

## 2.INQUADRAMENTO GEOLOGICO

### 2.1.Contexto geodinamico

L'Isola d'Elba, situata nel Mar Tirreno Settentrionale, è considerata l'affioramento più occidentale dell'Appennino (Fig. 1). La subduzione della placca Adriatica sotto la placca Europea ha permesso l'evoluzione Appenninica, caratterizzata da una prima fase compressiva seguita da una successiva fase estensionale e dalla messa in posto di plutoni Mio-pliocenici (Bortolotti et al., 2001). L'interesse principale suscitato dall'isola risiede nella sua complessità geologica che registra questa evoluzione in tutte le sue fasi.

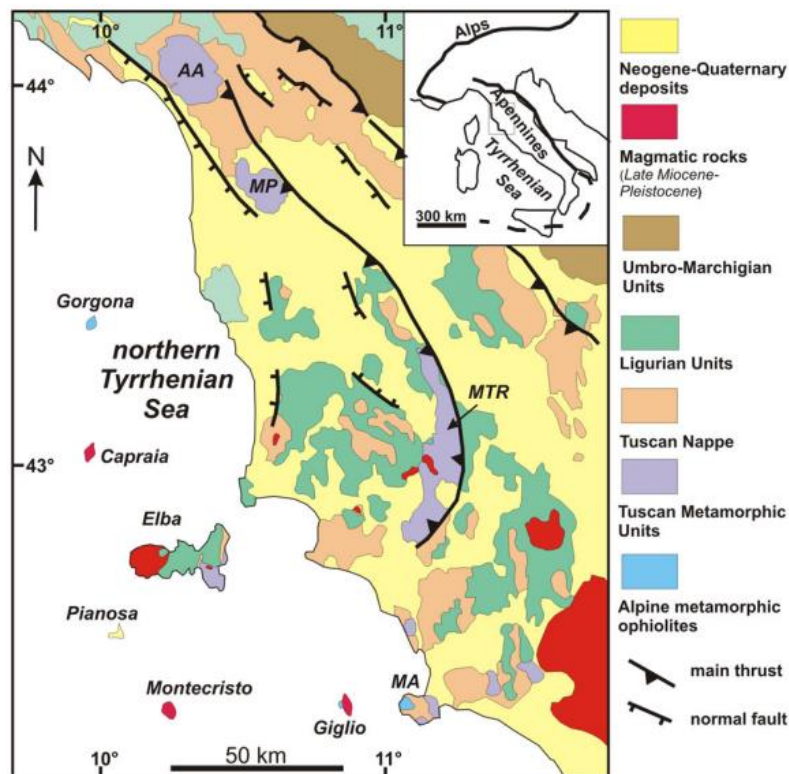


Figura 1. Carta tettonica dell'Appennino Settentrionale. Le stesse unità geologiche sono presenti sia in Appennino Settentrionale che all'Isola d'Elba (Massa et al., 2017).

Nell'Oligocene, a causa dell'apertura del bacino Algero-provenzale, comincia la rotazione del blocco Sardo-corso, il motore dell'evoluzione Appenninica che provoca lo scontro del blocco, di affinità europea, contro il margine occidentale di Adria, nonché la sovrapposizione tettonica di un insieme interno, composto dalle successione ligure (Dominio Ligure o Liguridi), su un insieme esterno, composto dalla successione toscana (Dominio Toscano o Toscanidi) e dalla successione umbro-marchigiana (Bosellini, 2005). L'Appennino nasce in questa prima fase deformativa, fino al Miocene inferiore, dai 30 ai 16 milioni di anni fa (Bosellini, 2005), e continua a strutturarsi in modo significativo fino al Miocene medio – superiore. Questo provoca l'impilamento delle Domini Ligure, di affinità oceanica relativo alla chiusura dell'oceano Ligure-piemontese (Elter et al., 1975), sul Dominio Toscano Superiore (non metamorfosato), e poi il sovrascorrimento di entrambi sul Dominio Toscano Inferiore (metamorfosato) (Massa et al., 2017). Si sviluppano così una serie di sovrascorrimenti e pieghe, come l'Antiforme di Rio Marina (Miocene medio – superiore) (Massa et al., 2017).

Nel Miocene medio – superiore, con l’inizio dell’apertura del Mar Tirreno, inizia ad agire una fase estensionale più giovane (Bosellini, 2005), coassiale alla fase compressiva e che come essa subisce una migrazione verso NE. La deformazione estensionale si riflette sull’Isola con lo sviluppo di faglie normali che tagliano (o talvolta sfruttano) i precedenti thrust e dislocano la crosta. L’indotto assottigliamento provoca una risalita astenosferica che si manifesta con l’intrusione di plutoni Mio-pliocenici. La risalita del plutone di Monte Capanne (8,5-7 Ma), a ovest, oltre allo shock termico nelle rocce incassanti, potrebbe avere causato lo scollamento delle falde sovrastanti che si sarebbero spostate verso Est tramite faglie a basso angolo, come la faglia dello Zuccale (Collettini e Holdsworth, 2004). Il plutone di Porto Azzurro (6-5,4 Ma), a est, ha invece determinato l’aureola termometamorfica che ha direttamente coinvolto le unità del Dominio Toscano Inferiore (Massa et al., 2017). Gli ultimi episodi tettonici di natura estensionale si sono protratti fino a circa 5 Ma, determinando la formazione di strutture di horst e graben e favorendo la messa in posto di depositi ferriferi (Massa et al., 2017).

## 2.2. Tettono-stratigrafia

Di seguito è descritta la sequenza tettono-stratigrafica della sequenza di falde dell’Elba orientale. Sulla base della classificazione di Trevisan (1951), che propone la suddivisione dell’Isola d’Elba in cinque complessi tettonici, le unità litostratigrafiche incontrate sono state suddivise in tre domini principali. Dal basso verso l’alto in senso stratigrafico vengono individuati i domini del Complesso Inferiore (riconcucibile al Dominio Toscano Inferiore), del Complesso Superiore (riconcucibile al Dominio Toscano Superiore) e del Dominio Ligure.

I tre domini sono separati da due grandi sovrascorrimenti. Il thrust che ha permesso il posizionamento del Complesso Superiore (e delle unità del Dominio Ligure) sul Complesso Inferiore (Barberi et al., 1967; Musumeci e Vaselli, 2012), è il sovrascorrimento di Capo Norsì – Monte Arco. Questa superficie tettonica segue la base di una grande scaglia serpentinitica appartenente al Dominio Ligure spessa fino a 150-200 metri (Massa et al., 2017) che, durante l’evoluzione strutturale dell’Elba, si è frapposta tra il Complesso Inferiore e il Complesso Superiore (Bortolotti et al., 2001). L’altro grande sovrascorrimento è quello che determina l’embriciatura del Dominio Ligure sul Complesso Superiore sfruttando anch’esso le unità serpentinitiche delle Dominio Ligure (Bortolotti et al., 2001).

Sulla base dalle descrizioni presenti nella legenda della Carta Geologica del Settore Orientale dell’Isola d’Elba redatta alla fine del campo geologico, e sulla base del Foglio 328 del Progetto CARG, di seguito le principali caratteristiche litologiche e di età delle unità litostratigrafiche che compongono i tre domini.

### 1. Complesso Inferiore.

E’ composto da unità Toscanidi interessate da intenso metamorfismo. Dal basso verso l’alto stratigrafico è costituito dalle seguenti unità litostratigrafiche:

- a. *Unità del Monte Calamita*: micascisti e paragneiss contenenti cordierite e andalusite oltre a vene quarzose, spesso tagliati da filoni aplitici leucocratici o a tormalina, relativi all’attività del plutone di Porto Azzurro (Massa et al., 2017) (età protolite: Paleozoico; età metamorfismo: Messiniano);

- b. *Complesso di Ortano*: rocce vulcanoclastiche con foliazione primaria conservata e vene di quarzo, con la porzione sommitale ricca di scistosità da mica bianca e la porzione basale, di colore rossastro, giallo e grigio, con fenocristalli di K-feldspato (età: Ordoviciano);
- c. *Marmi di Ortano*: marmi da micro- a meso-cristallini biancastri occasionalmente bandati, con intercalazioni calcaree pure e impure, caratterizzati da bande dolomitiche e contenenti wollastonite e tremolite, con evidenze di metasomatismo (età: Giurassico);
- d. *Unità dell'Acquadolce*: unità interessata in modo più o meno pervasivo da metamorfismo e metasomatismo in relazione alla messa in posto del plutone di Porto Azzurro (Massa et al., 2017), divisa in tre subunità (età: Cretaceo inferiore – Paleocene inferiore);
  - *Scisti maculati*: metapeliti, metasiltiti, metarenarie con scistosità pervasiva micacea, vene quarzose e orizzonti pelitici, caratterizzate da neoblastesi di biotite e, dove predomina il metamorfismo di contatto, cordierite;
  - *Calcescisti*: calcescisti ben stratificati con bande quarzose e bande calcaree, con occasionali lenti pelitiche;
  - *Skarn*: rocce calcaree metasomatizzate a causa dell'interazione miocenica fluido-roccia, contenenti macrocristalli di hedenbergite, ilvaite e diopside ben visibili nell'area di Santa Filomena;

## 2. Complesso Superiore.

È formato da unità Toscanidi non metamorfosate. Dal basso verso l'alto stratigrafico si suddivide in:

- a. *Formazione di Rio Marina*: metapeliti e metasiltiti debolmente metamorfosate, con foliazione pervasiva e con intercalazioni di livelli arenacei e micro-conglomeratici (età: Carbonifero);
- b. *Verrucano*: metarenarie con intercalazioni di livelli conglomeratici con vene di quarzo e con scisti viola basali (età: Triassico medio);
- c. *Calcere Cavernoso*: calcari e calcari dolomitizzati massivi con anidriti vacuolari e con livelli arenaceo siltosi (età: Triassico superiore);
- d. *Calcari e Marne a Posidonia Alpina*: calcilutiti di color nocciola-grigio e ben stratificate contenenti bande siltose siliciche (età: Giurassico medio);

## 3. Dominio Ligure.

È composto dalle unità al tetto della sequenza tettono-stratigrafica. Dal basso verso l'alto stratigrafico si suddivide in:

- a. *Serpentiniti e Gabbri Diabase*: rocce nero-verdi con struttura porfiroclastica, caratterizzate dalla presenza di olivina, pirosseni e plagioclasio e rappresentanti tipiche rocce di fondo oceanico (età: Giurassico medio – superiore);
  - *Serpentiniti*: si presentano altamente fratturate con clivaggio poco pervasivo mentre l'olivina è presente come residuo dal processo di serpentinizzazione;

- *Gabbri*: sono caratterizzati da fabric isotropico, strutture massive e tessitura fenocristallina;
- b. *Diaspri*: rocce silicee ben stratificate di origine organica (radiolariti), di colore dal rosso mattone al verde acqua (età: Giurassico medio – superiore);
- c. *Calcari a Calpionelle*: calcare micritico finissimo caratterizzato dalla presenza di microfossili (calpionelle) e ben stratificato con presenza di stiloliti e vene carbonatiche (età: Cretaceo inferiore);
- d. *Argille a Palombini*: alternanza di strati pelitici e calcari di colore grigio e marrone, foliati (età: Cretaceo inferiore – Cretaceo superiore);

Per comprendere più approfonditamente le relazioni tettoniche tra le formazioni, è utile utilizzare anche lo schema tettonico proposto da Benvenuti et al. (2001), che prevede la suddivisione dell'isola in 9 unità tettoniche. In tal senso, relativamente al settore cartografato, è possibile considerare dei sovrascorrimenti di ordine gerarchico inferiore all'interno del Complesso Superiore. Uno di essi si sviluppa al contatto tra l'unità delle Serpentinite e la Formazione di Rio Marina (più a ovest rispetto alla faglia di Capo Norsì – Monte Arco), l'altro invece si è sviluppato tra le unità del Verrucano e del Calcare Cavernoso. Localmente, come nell'area di studio, quest'ultimo sovrascorrimento viene interpretato come faglia normale (Bortolotti et al., 2001; Massa et al., 2017). In generale, le faglie che coinvolgono l'area di studio sono rappresentate in Figura 2.

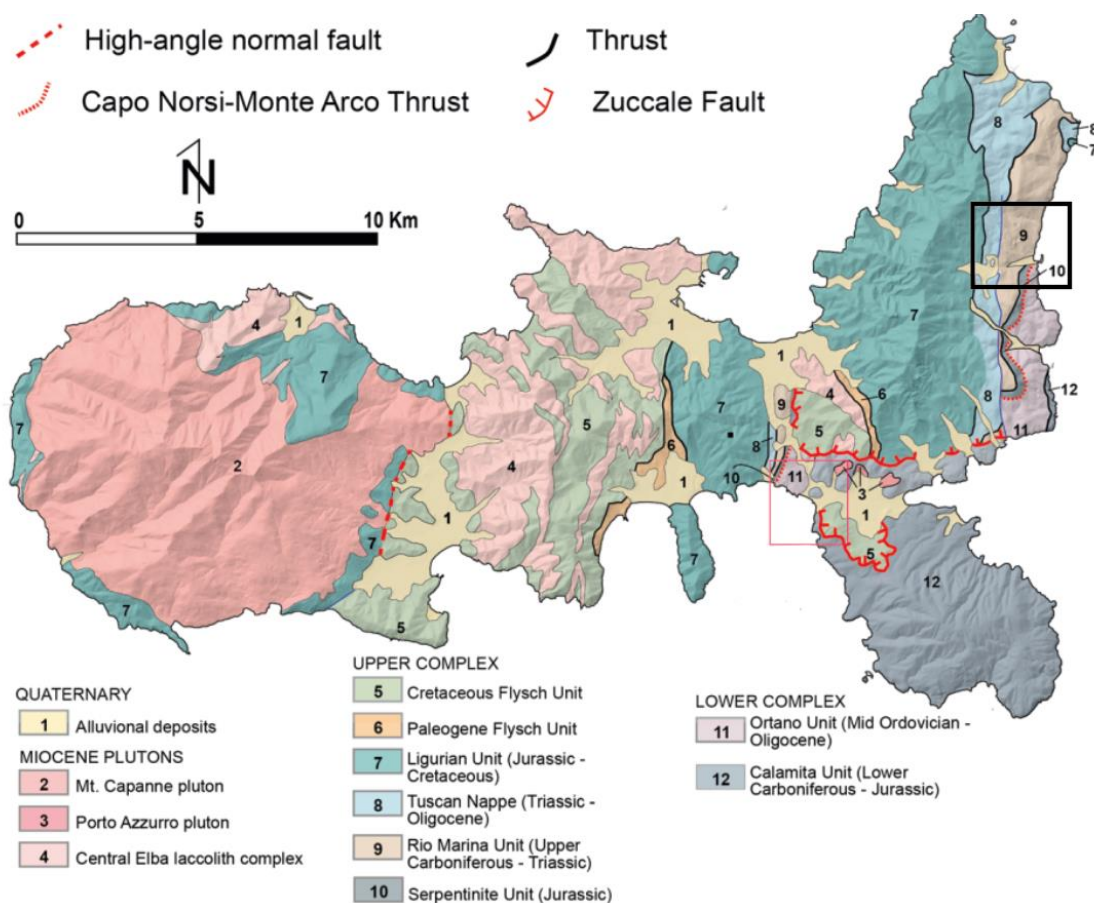


Figura 2. Carta geologica dell'Isola d'Elba in cui sono tracciati in rosso la Faglia dello Zuccale e il Sovrascorrimento di Capo Norsì – Monte Arco. L'evidenza sull'area di studio (riquadro nero) rende visibile anche le altre faglie che coinvolgono il settore studiato (Viola et al., 2018)

### 3.RILEVAMENTO GEOLOGICO

L'area cartografata rappresentata nell'Allegato Cartografico, si estende nell'entroterra di Rio Marina fino al Villaggio Palmiro Togliatti, ed è compresa tra la Spiaggia Marina di Gennaro, a sud, e la terminazione dell'area di cava relativa alla Miniera di Rio Marina, a nord. L'area si sviluppa attorno alla valle del Fosso di Grassera, percorsa dalla strada provinciale 26, e termina raggiungendo la costa, prevalentemente rocciosa e frastagliata. L'altitudine massima è di circa 100 m s.l.m. E' stata riscontrata una significativa scarsità di affioramenti dovuta in parte alla presenza della Miniera di Rio Marina, zona di cava non accessibile, e in parte all'area antropizzata di Rio Marina, il che ha complicato il lavoro di rilevamento geologico.

Nell'area di studio sono state individuate 6 unità (Unità dell'Acquadolce - subunità dei Calcescisti e Skarn; Serpentiniti; Formazione di Rio Marina; Verrucano; Calcere Cavernoso; Calcari e Marne a Posidonia Alpina), separate da contatti stratigrafici e tettonici disposti principalmente in direzione N-S. I rapporti tra questi contatti e le unità litostatigrafiche individuate sono riassunti nello schema di Figura 3, relativo all'area di studio.

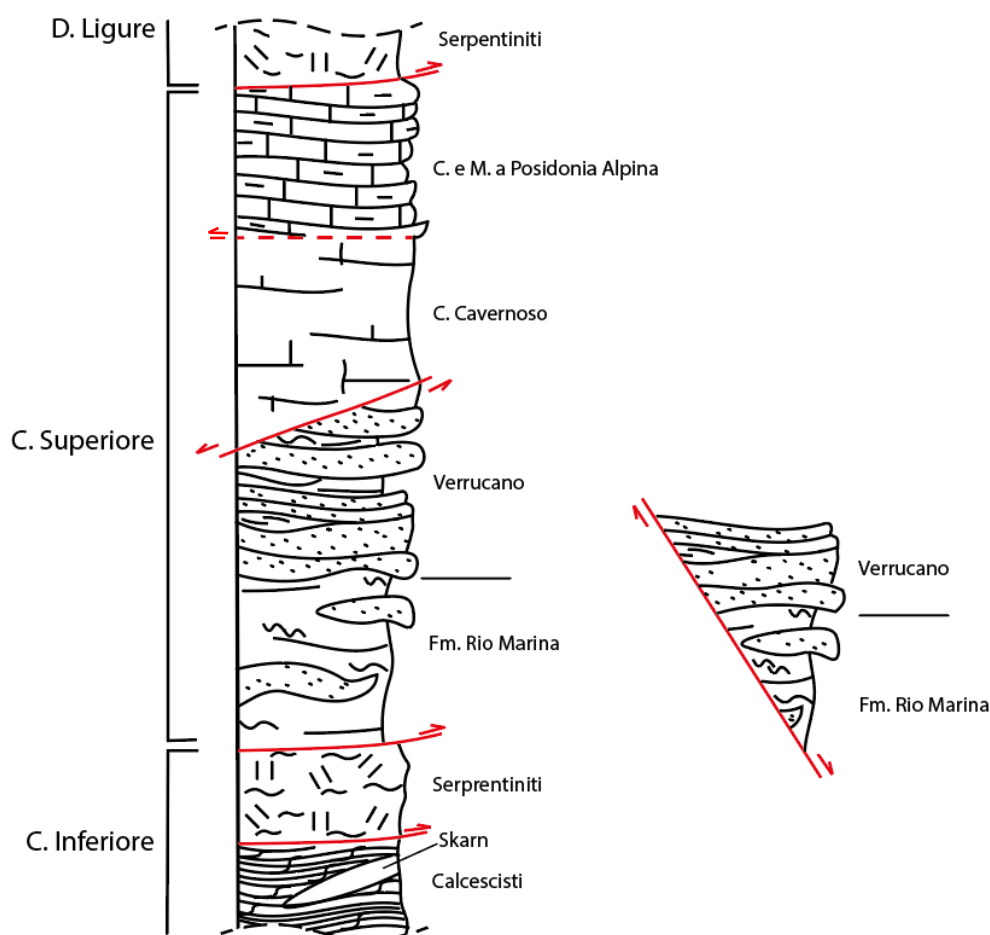


Figura 3. Sezione tettono-stratigrafica riassuntiva dell'area di studio. Sono rappresentate le unità osservate e i contatti tra le stesse, di natura tettonica o stratigrafica. A destra è rappresentato in modo semplificato il sistema di faglie normali che coinvolge la parte orientale dell'area di studio. Da Bortolotti et al. (2001), modificato in relazione all'area di studio.

Il contatto tettonico tra il Calcere Cavernoso e i Calcari e Marne a Posidonia Alpina corrisponde ad un hiatus stratigrafico all'interno del Complesso Superiore ed è stato indicato in carta come faglia normale incerta basandosi sul lavoro di Massa et al. (2017). Questi



considerano il contatto una faglia normale attivatasi per un episodio di collasso gravitazionale che ha coinvolto il prisma di accrezione Appenninico nel Miocene medio. L'unico contatto stratigrafico si interpone tra il Verrucano e la Formazione di Rio Marina. A parte la faglia normale tra il Verrucano e il Calcare Cavernoso, tutti gli altri contatti sono indicati come sovrascorrimenti. I contatti non sono quasi mai affioranti e per lo più sono stati interpretati sulla base degli affioramenti individuati e sulla base del lavoro svolto nei settori adiacenti. In tal senso, per completezza, è stata inserita l'unità delle Argille a Palombini osservata nel settore occidentale rispetto a quello studiato. Infine si vuole rendere noto che non sempre è stato possibile distinguere le giaciture in stratificazione ( $S_0$ ), clivaggio ( $S_1$ ) o scistosità ( $S_n$ ) a seconda della tipologia delle superfici misurate. A tal proposito la maggior parte delle superfici sono state indicate in modo generale come scistosità  $S_n$ .

Di seguito vengono descritte, dal basso verso l'alto in senso stratigrafico, le principali caratteristiche delle unità litostratigrafiche riconosciute durante il rilevamento geologico dell'area.

### 3.1. Unità dell'Acquadolce

Nell'area di studio l'Unità dell'Acquadolce è rappresentata dalle suddivisioni litostratigrafiche di Calcescisti e Skarn.

#### 3.1.1. Calcescisti

Sono esposti lungo la costa dalla Spiaggia di Marina di Gennaro (SE) fino al porto di Rio Marina (E) e si distinguono per una scistosità molto pervasiva. Al loro interno è stato possibile identificare bande calcaree e lenti pelitiche. L'affioramento più spettacolare è la scogliera della Spiaggia di Marina di San Gennaro con un'altezza di oltre 20 metri (Fig. 4) in cui, oltre alla scistosità ben visibile e immergente verso W-WNW, è possibile distinguere indicatori cinematici, pieghe e foliazioni S/C type e S/C' type.



Figura 4. Calcescisti dell'Unità dell'Acquadolce presso la Spiaggia di Marina di Gennaro. La scogliera mostra in modo evidente la foliazione pervasiva e l'immersione prevalente verso W-WNW.

### 3.1.2. Skarn

Lo Skarn si posiziona a Santa Filomena, in prossimità del porto di Rio Marina per poi svilupparsi verso sud e verso sud-ovest. È una cornubianite distinguibile dai Calcescisti per la fitta presenza di macrocristalli, soprattutto di hedenbergite.

### 3.2. Serpentiniti

Nell'Allegato Cartografico le Serpentiniti sono rappresentate sia ad ovest a tetto dei Calcari e Marne a Posidonia, che a est a tetto dei Calcescisti, e in entrambi i casi, vengono attribuite al Dominio Ligure (Massa et al., 2017). Durante il rilevamento è stato osservato un solo affioramento a tetto dei Calcescisti, a sud-est del settore, lungo la strada panoramica (Fig. 5). Si presentano come rocce serpentinitiche nere, verdi e grigie con una scistosità pervasiva che ha permesso di calcolare molte giaciture, che hanno immersione generalmente verso NW e un'inclinazione media attorno ai 30°. A ovest dell'affioramento è stato possibile stimare la posizione del sovrascorrimento che mette in contatto le Serpentiniti con la Formazione di Rio Marina. Questo sovrascorrimento affiora solo lungo la costa, a nord del porto di Rio Marina. A est dell'affioramento invece, alla base delle Serpentiniti, è stata individuata la posizione del contatto tettonico di Capo Norsi – Monte Arco, tra Serpentiniti e Calcescisti.



Figura 5. Unità delle Serpentiniti affiorante lungo la strada panoramica di Rio Marina, composta da rocce serpentinitiche di colore verde-grigio e con intensa foliazione. Verso est (al di fuori della fotografia) è posta la zona in cui passa il sovrascorrimento di Capo Norsi – Monte Arco, che determina la sovrapposizione delle Serpentiniti sull'unità dei Calcescisti, e quindi del Complesso Superiore sul Complesso Inferiore.

### 3.3. Formazione di Rio Marina

È l'unità che affiora maggiormente nel settore di studio, principalmente lungo entrambi i versanti del valle del Fosso di Grassera, percorsa dalla strada provinciale 26, e a nord/nord-est di Rio Marina. Formata da metapeliti e metasiltiti con lenti arenacee e conglomeratiche, ha una foliazione pervasiva e spesso si presenta alterata, soprattutto in prossimità della zona di cava. L'immersione preferenziale della foliazione è stata misurata verso W-WNW, con inclinazione in media attorno ai 30°. Alla scala dell'affioramento, in particolare lungo la strada che percorre la valle e vicino alla cava, è stato possibile osservare strutture di piega asimmetriche a scala centimetrica, inclinate o rovesciate (Fig. 6). Gli assi di piega misurati

hanno una direzione variabile dai 350° ai 30°. Negli affioramenti più a est lungo la strada provinciale 26, è stata stimata la posizione del contatto stratigrafico con il Verrucano a tetto.

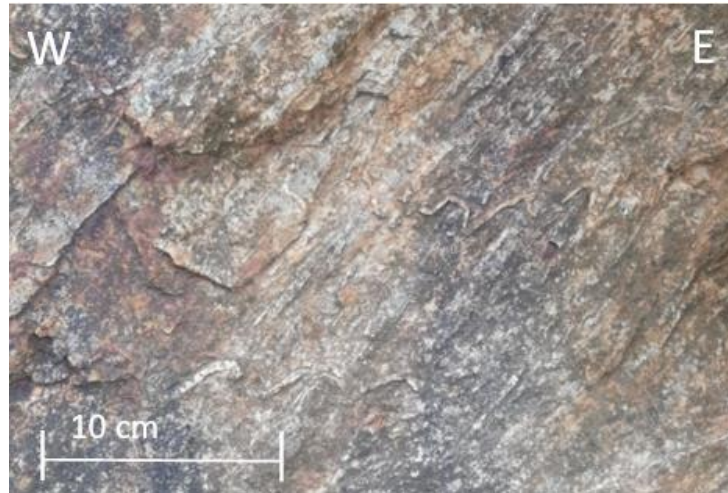


Figura 6. Pieghe a scala centimetrica, inclinate, osservate all'interno della Formazione di Rio Marina, nelle vicinanze della cava. Le pieghe sono inclinate verso E, con una direzione degli assi da NNW a NNE.

### 3.4.Verrucano

Nell'area di studio la distribuzione di questa unità è per lo più interpretata a causa della scarsità di affioramenti. Inoltre, la forte somiglianza con la Formazione di Rio Marina ne ha reso particolarmente difficoltoso il riconoscimento. Il Verrucano si concentra a est del Calcere Cavernoso ma, l'affioramento più riconoscibile è stato individuato a Rio Marina, in prossimità della zona di cava con uno spessore massimo di qualche metro (Fig. 7). Al suo interno sono esposte metarenarie grigio-arancioni e, la presenza di scisti viola, tipicamente alla base di questa formazione, è indizio della vicinanza del contatto basale con il Rio Marina. È stata misurata la giacitura di due presunte faglie ad alto angolo (055/45 e 055/65) con un rigetto centimetrico o decimetrico e che immergono verso NE.



Figura 7. Metarenarie appartenenti all'unità del Verrucano affioranti a Rio Marina, al confine con la zona di cava. Alla base dell'affioramento sono stati osservati scisti viola. Si osservano due faglie ad alto angolo con rigetto centimetrico o decimetrico immergenti verso NE.

### 3.5. Calcare Cavernoso

L'unità affiora principalmente a fianco della strada che conduce al Cimitero Comunale di Rio Marina, ed è rappresentata da calcari massivi e particolarmente alterati. A livello microscopico si osservano calcite cristallizzata ed i vacuoli che caratterizzano questa unità. L'immersione media degli strati è attorno ai  $285^\circ$ , con inclinazione media di circa  $20^\circ$ . Di interesse un secondo affioramento, a sud del Cimitero Comunale di Rio Marina, in cui è possibile osservare il contatto tettonico tra Calcare Cavernoso e l'unità dei Calcari e Marne a Posidonia Alpina.

### 3.6. Calcari e Marne a Posidonia Alpina

La formazione affiora in diversi punti dell'area di studio, seguendo un grossolano allineamento N-S. L'affioramento più interessante si colloca in località La Chiusa ed è esposto verso est per una lunghezza di qualche decina di metri ed un'altezza di 1 metro (Fig. 8). Sono esposti calcari e marne di colore grigio-nocciola, a tratti rossastri, caratterizzati da una fitta foliazione e ondulazione degli strati. È stata osservata un'immersione verso W o SW, con inclinazione compresa tra  $20^\circ$  e  $30^\circ$ . Interpolando le giaciture di questo e degli altri affioramenti dell'unità dei Calcari e Marne a Posidonia, si ottiene un'immersione tendenzialmente verso W o WSW e un'inclinazione minima di  $6^\circ$  e massima di  $30^\circ$ . Procedendo verso ovest, poco fuori dall'area di studio, è stata individuata la presunta zona di contatto con l'unità delle Serpentiniti a tetto.



Figura 8. Affioramento dell'unità dei Calcari e Marne a Posidonia Alpina in località La Chiusa dove si osservano calcari e marne in strati ondulati e fittamente foliati. Gli strati immergono verso W o SW.

## 4. DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Il rilevamento geologico effettuato nell'area di studio ha messo in luce le caratteristiche litostratigrafiche e tettoniche riconducibili all'articolata storia geologica che contraddistingue il settore orientale dell'isola d'Elba. In particolare, informazioni rilevanti derivano dall'interpretazione degli indicatori cinematici osservati all'interno delle unità e dalla fagliazione recente.

Nel complesso, le unità affioranti si orientano con direzione N-S e immersione preferenzialmente verso W, sviluppando quindi una tipica sequenza monoclinale. Le strutture plicative asimmetriche osservate sul campo, sono un chiaro indizio di una vergenza verso E-NE, ovvero una direzione del movimento tettonico riconducibile a quella Appenninica. In aggiunta, le unità sono spesso separate da contatti tettonici, siano essi sovrascorrimenti o faglie normali. Anche la disposizione spaziale delle faglie, principalmente parallele alla direzione degli strati (N-S) e perpendicolare alla vergenza (E-NE), consente di inserire l'area cartografata all'interno dell'ampio contesto di evoluzione Appenninica. Coerentemente con quanto suggerito dalla letteratura geologica (Bortolotti et al., 2001; Massa et al., 2017), nell'area le unità litostratigrafiche osservate sono state interessate dalle due fasi tettoniche che caratterizzano l'orogenesi Appenninica, ottenendo la configurazione attuale dopo aver subito sia un campo di stress compressivo, rappresentato da pieghe e sovrascorrimenti, che un campo di stress estensionale, rappresentato da faglie normali.

### 4.1. Indicatori cinematici

La fase compressiva (fino al Miocene inferiore-medio) ha visto l'impilamento delle unità litostratigrafiche lungo i sovrascorrimenti individuati. Oltre all'immersione degli strati, anche le strutture plicative asimmetriche a scala centimetrica osservate nella Formazione di Rio Marina (Fig. 6), sono indicatrici della vergenza regionale dell'Appennino. Sono stati infatti inseriti in uno stereonet gli assi relativi a queste pieghe che hanno una direzione prevalente NS o NNE-SSW, coerente con la vergenza regionale verso E-NE (Fig. 9).

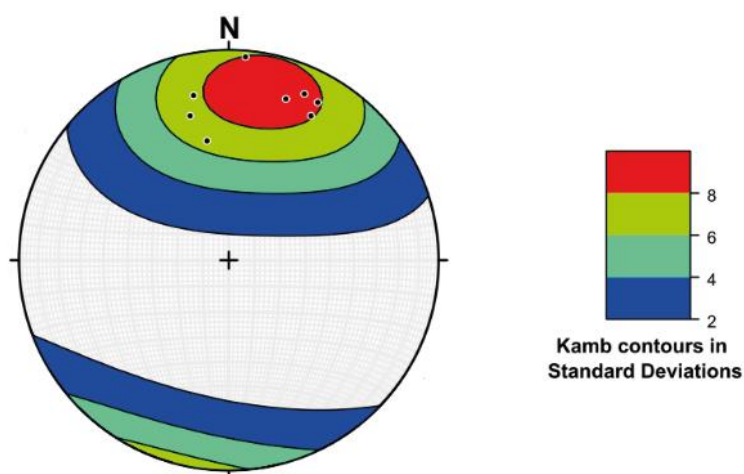


Figura 9. Diagramma Stereonet in cui sono plottati gli assi delle pieghe centimetriche e asimmetriche osservate all'interno della Formazione di Rio Marina. La loro direzione preferenziale, NS e NNE-SSW, è coerente con il valore di vergenza regionale (E/NE).

Nella fase compressiva si sarebbe formata, a scala chilometrica, anche l'Antiforme di Rio Marina (Massa et al. 2017) e si può ipotizzare che le pieghe a scala centimetrica siano coeve alla stessa. Si sarebbero formate quindi come pieghe parassite durante il processo deformativo che ha portato alla formazione dell'Antiforme di Rio Marina. Tuttavia, data la scarsità dei dati raccolti, questa interpretazione necessiterebbe di un ulteriore approfondimento sul campo. Sarebbe interessante raccogliere informazioni su un maggior numero di pieghe parassite e comprenderne la tipologia al fine di verificare a quale fianco dell'Antiforme appartengano.

Gli indicatori cinematici di tipo sigma e le foliazioni S/C type e S/C' type individuati all'interno dei Calcescisti sono stati correlati alla zona di taglio creatasi per l'attivazione del sovrascorrimento di Capo Norsì – Monte Arco (al tetto dei Calcescisti). Anch'essi sono indicatori della vergenza regionale, secondo una cinematica destra verso E.

#### 4.2. Fagliazione recente

Nell'area di studio, il contatto tra le unità del Calcere Cavernoso e del Verrucano, è stato interpretato come una faglia normale ad alto angolo top-to-W. L'unità del Calcere Cavernoso sarebbe stata ribassata verticalmente rispetto all'unità del Verrucano in relazione alla più recente attività tettonica dell'Isola d'Elba (Massa et al., 2017). Questa, in una fase successiva al magmatismo Mio-pliocenico, ha causato un sistema continuo di faglie normali ad alto angolo dirette N-S o NNW-SSE, parallele al canale di Piombino (Bortolotti et al., 2001), che hanno dislocato localmente la crosta in strutture di horst e graben.

Questa considerazione ha portato a formulare un'ipotesi anche sul posizionamento più a E di una porzione della Formazione del Verrucano. La configurazione attuale sarebbe il risultato dell'azione di un sistema di faglie normali ad alto angolo (top-to-E/NE) che avrebbero portato alla dislocazione verticale di una porzione della crosta verso E/NE. A favore di questa interpretazione, in Figura 10, sono state plottate su uno stereonet la giacitura della faglia a contatto tra il Calcere Cavernoso e il Verrucano, e le giaciture di alcune faglie misurate nell'affioramento del Verrucano situato in prossimità della zona di cava (Fig. 7). Si è giunti alla conclusione che l'azione di questi due sistemi di faglie possa essere correlata e possa aver generato un horst tettonico nell'area, probabilmente formatosi all'interno del recente sistema a horst e graben.

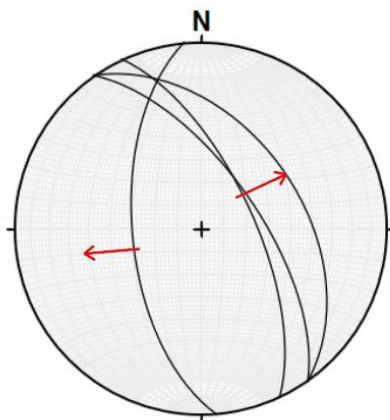


Figura 10. Diagramma Stereonet in cui sono plottate le giaciture relative alla faglia normale tra unità del Calcere Cavernoso e Verrucano (immergente a W) e alle faglie normali individuate all'interno la Formazione del Verrucano (immergenti a E). Le frecce indicano il verso di spostamento del tetto rispetto al letto, rispettivamente top-to-W e top-to-E/NE.

In questo contesto è inseribile anche la Miniera di Rio Marina ed i suoi giacimenti di ferro (ematite/pirite/limonite), che si localizzano in buona parte lungo il contatto tra l'unità del Calcere Cavernoso e l'unità del Verrucano (Benvenuti et al., 2001) e che sono stati datati tra 4 e 5,3 milioni di anni fa. La messa in posto del Plutone di Porto Azzurro, al di fuori dell'area di studio, e il sistema di faglie normali descritto in questo lavoro, tra Calcere Cavernoso e Verrucano e all'interno del Verrucano, possono aver contribuito direttamente alla formazione di questi depositi.

La formazione di strutture ad horst e graben individuata è concorde con le altre strutture estensionali presenti nel Tirreno settentrionale e risalenti al Miocene superiore – Pliocene inferiore (Zitellini et al., 1986). Resta da capire se anche l'intrusione del Plutone di Porto Azzurro abbia direttamente contribuito ad attivare queste strutture.

## 5.BIBLIOGRAFIA

Bortolotti V., Fazzuoli M., Pandeli E., Principi G., Babbini A., Corti S., 2001 - Geology of central and eastern Elba Island, Italy. *Ofioliti* 26 (2a), 97-150.

Benvenuti M., Bortolotti V., Conticelli S., Pandeli E., Principi G., 2001 – Elba Island, Introduction. *Ofioliti* 26 (2a), 321-330.

Bosellini A., 2005 - *Storia Geologica d'Italia*. Zanichelli, pp. 59-65.

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 1:25.000. CNR Roma

Collettini C., Holdsworth R. E., 2004 - Fault zone weakening and character of slip along low-angle normal faults: insights from the Zuccale fault, Elba, Italy. *Journal of the Geological Society* 161, 1039-1051.

Elter P., Giglia G., Tongiorgi M., Trevisan L., 1975 - Tensional and compressional areas in the recent (Tortonian to present) evolution of the northern Apennines. *Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata* 17, 3–18.

Massa G., Musumeci G., Mazzarini F., Pieruccioni D., 2017 - Coexistence of contractional and extensional tectonics during the northern Apennines orogeny: the late Miocene out-of-sequence thrust in the Elba Island nappe stack. *Geological Journal* 52, 353-368.

Musumeci G., Vaselli L., 2012 - Neogene deformation and granite emplacement in the metamorphic units of northern Apennines (Italy): insights from mylonitic marbles in the Porto Azzurro pluton contact aureole, Elba Island. *Geosphere* 8(2), 470–490.

Principi G., Bortolotti V., Pandeli E., Fanucci F., Benvenuti M., Chiari M., Dini A., Fazzuoli M., Menna F., Morelli D., Moretti S., Nirta G., Reale V., - Carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 316, 317, 328, 329, Isola d'Elba. ISPRA.

Trevisan L., 1951 - La 55° Riunione estiva della Società Geologica Italiana, Isola d'Elba. *Bollettino della Società Geologica Italiana* 70, 435-470.

Viola G., Torgersen E., Mazzarini F., Musumeci G., van der Lelij R., Schönenberger J., Garofalo P.S., 2018 - New Constraints on the Evolution of the Inner Northern Apennines by K-Ar Dating of Late Miocene-Early Pliocene Compression on the Island of Elba, Italy. *Tectonics* 37, 3229-3243.

Zitellini N., Tricardi F., Marani M., Fabbri A., 1986 – Neogene tectonics of the Northern Tyrrhenian Sea. *Giornale di Geologia* 48, 25-40.