



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PISA

FACOLTA' DI SCIENZE MATEMATICHE

FISICHE E NATURALI

CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN SCIENZE GEOLOGICHE

RILEVAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE DELL'ALTA VALLE  
DI COLONNATA TRA FOCE DI VINCA E CIMA D'UOMO

*Relatore:*

Dott. Giancarlo Molli

*Candidato:*

Gabriele Pinelli

Anno accademico 2009/2010

## RIASSUNTO

Questo studio ha come oggetto il rilevamento geologico alla scala 1:2000 dell'area compresa tra Foce di Vinca e Cima D'uomo, sul versante orientale del Monte Spallone (Alpi Apuane settentrionali). Lo studio è stato sviluppato attraverso un rilevamento di campagna della durata di 5 mesi circa (agosto/ottobre 2009 e marzo/aprile 2010) finalizzato alla raccolta di elementi geometrici planari e lineari al fine di ricostruire l'assetto geologico-strutturale dell'area d'interesse. Durante il rilevamento geologico, oltre alle caratteristiche strutturali, è stata rivolta particolare attenzione alle peculiari caratteristiche stratigrafiche dell'area ed alle loro relazioni con le strutture deformative. Nell'area d'esame affiora l'Unità delle Alpi Apuane dal basamento paleozoico fino ai Calcari Selciferi (Lias inf.-medio).

Tutta la zona rilevata si trova tra le due strutture regionali più importanti delle Apuane Settentrionali: la Sinclinale di Carrara e l'Anticlinale di Vinca-Forno, ma le strutture principali apprezzabili alla scala della carta sono le due sinclinali, con nucleo di Calcare Selcifero, di Seccagna e delle Borre del Sagro (quest'ultima non presente nella cartografia ufficiale).

Durante il rilevamento sono stati distinti anche i depositi quaternari, che, in quest'area, sono costituiti soprattutto da depositi antropici legati all'attività estrattiva (ravaneti).

Nell'ambito dello studio sono state inoltre rilevate una serie di strutture di tipo fragile che possono essere l'oggetto di studi successivi con implicazioni di carattere geologico-applicativo.

## **INDICE**

<b>1. L'APPENNINO SETTENTRIONALE .....</b>	<b>pag. 4</b>
<b>1.1 Domini Paleogeografici .....</b>	<b>pag.4</b>
1.1.1 Le Unità Liguri .....	pag. 5
1.1.2 Il Dominio Toscano .....	pag. 8
<b>1.2 Evoluzione tettonica dell'Appennino Settentrionale .....</b>	<b>pag. 9</b>
<b>2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELLE APUANE .....</b>	<b>pag. 11</b>
<b>2.1 Stratigrafia del Complesso Apuano .....</b>	<b>pag. 12</b>
2.1.1 Unità di Massa .....	pag.12
2.1.2 Unità delle Apuane .....	pag.13
<b>2.2 Evoluzione strutturale del Complesso Apuano .....</b>	<b>pag. 15</b>
2.2.1 Strutture D1 .....	pag. 16
2.2.2 Strutture D2 .....	pag. 17
<b>3 AREA DI STUDIO .....</b>	<b>pag. 18</b>
<b>3.1 Inquadramento geografico .....</b>	<b>pag. 18</b>
<b>3.2 Stratigrafia dell'area di studio .....</b>	<b>pag. 19</b>
<b>3.3 Assetto geologico dell'area di studio .....</b>	<b>pag. 26</b>
3.3.1 Il problema delle variazioni di spessore .....	pag. 30
<b>4 INFORMATIZZAZIONE DELLA CARTA GEOLOGICA .....</b>	<b>pag. 32</b>
<b>5 CONCLUSIONI .....</b>	<b>pag.33</b>
<b>6 BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>pag.34</b>

# 1. L'APPENNINO SETTENTRIONALE

## 1.1 DOMINI PALEOGEOGRAFICI

Nell'Appennino settentrionale sono state tradizionalmente distinte (Elter, 1973) quattro unità tettoniche principali riferibili a domini paleogeografici ben determinati:

- L'insieme delle Unità Liguri: rappresentate da una sequenza ofiolitica seguita da una successione sedimentaria emipelagica e torbidity Cretacico-Terziaria derivante dall'oceano Mesozoico Ligure-Piemontese e dalla porzioni più distali della placca Adriatica coinvolte nel prisma accrezionale durante e dopo la chiusura dell'oceano stesso. Queste Unità mostrano condizioni metamorfiche di grado basso e/o anchimetamorfiche (Reutter *et alii*, 1983; Cerrina Feroni *et alii*, 1983).
- La Falda Toscana: rappresentata da una spessa sequenza sedimentaria dal Trias inf. fino all'Oligocene –Miocene inferiore, scollata alla base a livello delle evaporiti del Norico. Questa successione è l'espressione dell'evoluzione del margine passivo della placca Adriatica da una sedimentazione di tipo lagunare, all'impostazione della piattaforma carbonatica del Calcare Massiccio, fino all'annegamento di tale piattaforma con depositi pelagici (Diaspri) e alla chiusura del bacino con depositi torbidity (Macigno). Quest'Unità è stata poi interessata da una evoluzione polifasica associata a un grado metamorfico molto basso (Pertusati *et alii*, 1977; Baldacci *et alii*, 1992).
- L'Unità di Massa: costituita da basamento Ercinico e una sequenza metasedimentaria del Trias medio-superiore con delle metavulcaniti del Trias medio (Elter *et alii*, 1966).
- L'Unità delle Apuane: costituita da basamento Ercinico sovrastato da una sequenza sedimentaria Permo(?) -triassica/oligocenica interamente correlabile con la Falda Toscana.

### 1.1.1 Le Unità Liguri

Le Unità Liguri sono state suddivise in tre sottounità: il dominio Ligure Interno, il dominio Ligure Esterno e il dominio Subligure

- Le Unità **Liguri Interne** (fig. 1) rappresentano i resti del dominio oceanico Ligure-Piemontese e sono costituite da un complesso ofiolitico giurassico sul quale poggia una spessa sequenza sedimentaria che va dal Malm al Paleocene. La sequenza ofiolitica comprende un basamento costituito da ultramafiti di mantello e gabbri sul quale poggia un complesso vulcano-sedimentario Giurassico medio che comprende breccie ofiolitiche in cui si intercalano colate di basalti massicci o a *pillow* e livelli di argilliti silicee e radiolariti. Su questo complesso seguono in continuità stratigrafica i Diaspri, i Calcari a Calpionelle, le Argille a Palombini, gli scisti di Val-Lavagna e le Arenarie del Monte Gottero. Questa successione si completa con gli Scisti del Bocco in discordanza stratigrafica sui termini precedenti. Nel complesso la successione stratigrafica Ligure Interna comprende depositi pelagici (Diaspri, Argille a Palombini), di conoide sottomarina (Scisti di Val-Lavagna, Arenarie del Gottero) e di scarpata (Scisti del Bocco) che testimoniano un'evoluzione sedimentaria interpretabile come il risultato del progressivo spostamento di un settore litosferico oceanico verso una zona di subduzione.

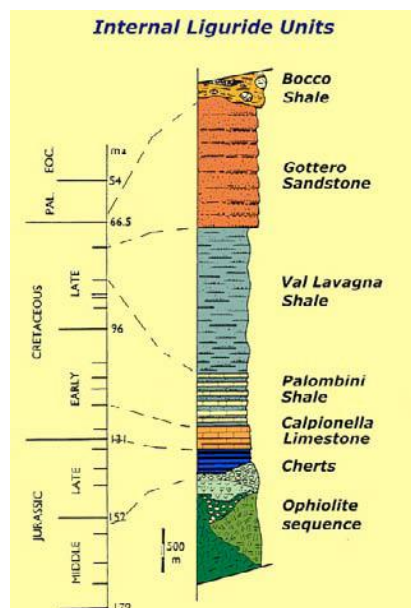


fig. 1: Colonna stratigrafica Unità Liguri Interne da Marroni & Pandolfi 1996

- Le Unità **Liguri Esterne** (fig. 2) rappresentano il dominio di transizione tra il dominio oceanico e quello continentale, sono caratterizzate da una successione torbidity carbonatica e, in netto subordinate, silicoclastica di età Cretaceo sup., nota col nome di Flysch ad Elmintoidi. Questi depositi poggiano su tipi differenti di “complessi di base”, caratterizzati da emipelagiti e depositi clastici grossolani provenienti sia da domini oceanici che continentali. In base al tipo di “complessi di base” le unità liguri esterne vengono correlate a domini più vicini all’oceano o più vicini al continente (Marroni *et alii*, 1998).

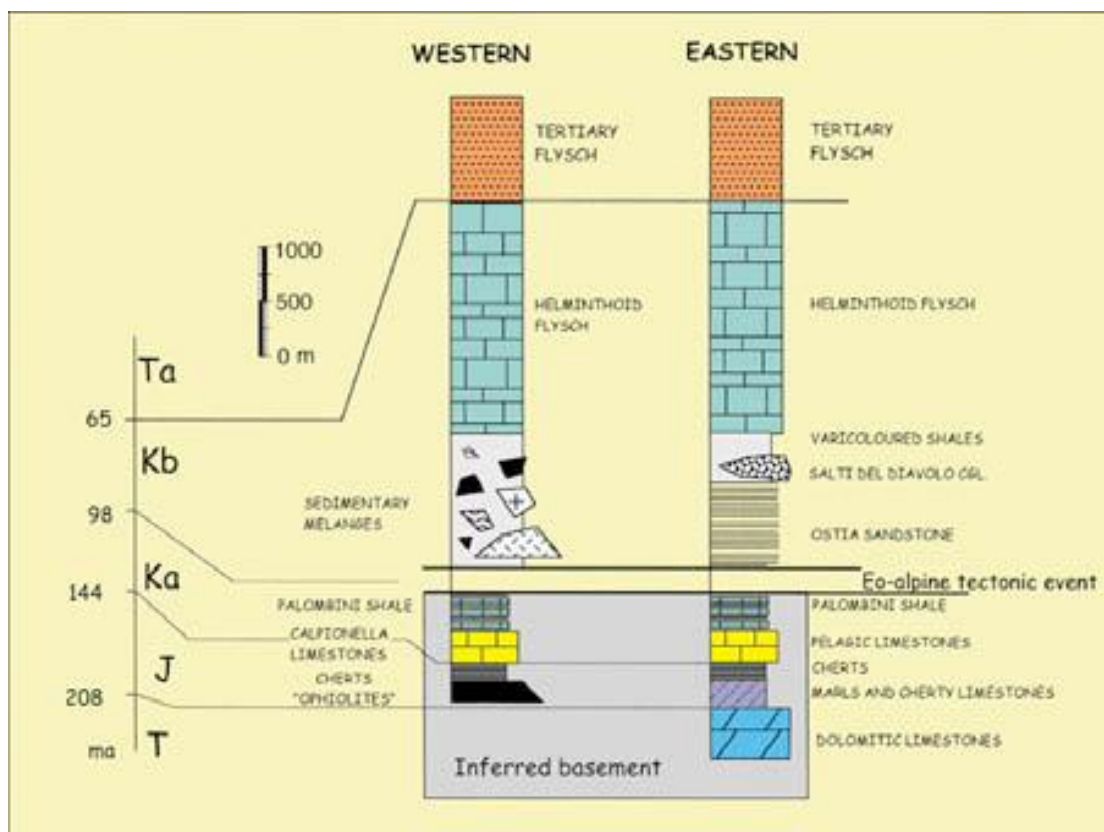


fig. 2: Colonna stratigrafica Unità Liguri Esterne da Marroni et alii 2002

- Il dominio **Subligure** (fig. 3) è documentato solo dalla successione appartenente all'Unità di Canetolo. La successione è costituita da formazioni esclusivamente Terziarie suddivisibili in un insieme basale prevalentemente calcareo-argillitico di età Paleocene-Eocene medio e un insieme superiore arenaceo dell'Eocene sup-Oligocene sup.. Attualmente non sono a disposizione dati sicuri sull'originaria ampiezza e sulle caratteristiche del substrato di questo dominio. E' comunque verosimile, in base alla posizione tettonica ed a considerazioni stratigrafiche, che si sia deposita in un dominio a substrato continentale assottigliato situato tra il Dominio Ligure e quello Toscano.

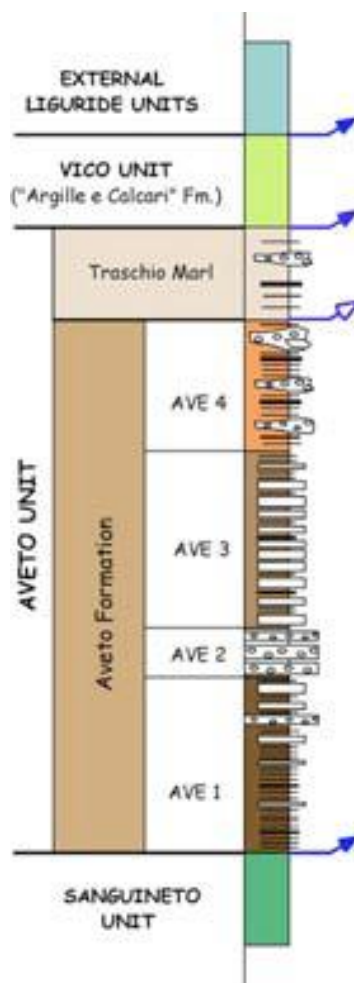


fig. 3: Colonna stratigrafica Unità Subliguri da Elter et alii 1999

### 1.1.2 Il Dominio Toscano

L'insieme della Falda Toscana e delle unità metamorfiche, L'Unità di Massa e L'Unità delle Apuane, può essere attribuito paleogeograficamente al Dominio Toscano (fig. 4). La Falda Toscana rappresenta una spessa successione sedimentaria, scollata dal suo basamento a livello delle evaporiti del Norico. Il dominio paleogeografico sul quale si è deposta questa successione rappresenta il margine continentale della placca Adria. La successione della Falda Toscana comincia con il Calcere Cavernoso (Trias medio-sup), seguito poi da calcari di ambiente lagunare anossico (Calcere a Raetavicula Contorta), questi sedimenti sono sovrastati dal Calcere Massiccio che rappresenta l'impostazione di una piattaforma carbonatica medio Giurassica. L'annegamento di questa piattaforma viene testimoniato dai livelli di Rosso Ammonitico del Giurassico medio. Sopra di questo troviamo una successione torbidity intercalata a livelli silicei (Calcere Selcifero). La successione continua con la progressiva diminuzione di apporto carbonatico fino ad arrivare alle radiolariti (Marne a posidonia, Diaspri). Da questo momento si imposta una sedimentazione di tipo emipelagico-torbidity caratterizzata da onde di torbida che da carbonatiche diventano sempre più silicoclastiche (Maiolica, Scaglia Toscana, Macigno). L'Unità delle Apuane e L'Unità di Massa rappresentano la stessa successione della Falda Toscana sottoposta a metamorfismo in facies scisti verdi. Queste Unità, infatti, non si sono scollate dal loro basamento Varisico per la presenza di litotipi più competenti delle evaporiti della Falda Toscana a contatto col basamento (Grezzoni).

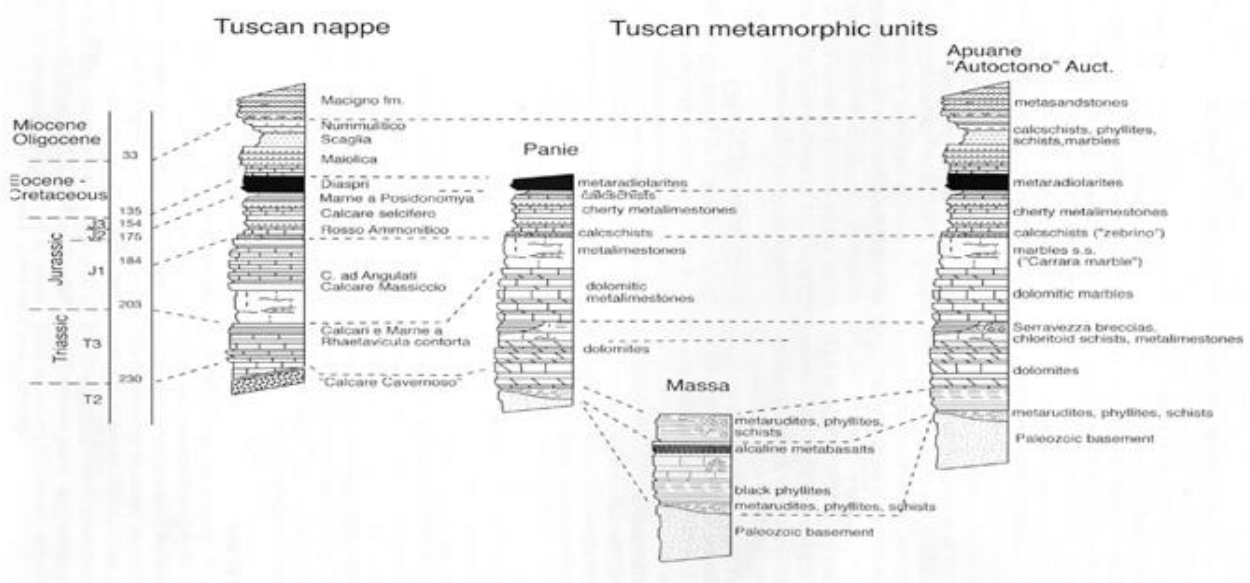


fig. 4: Colonna stratigrafica Dominio Toscano da Molli 2002



## 1.2 EVOLUZIONE TETTONICA DELL'APPENNINO SETTENTRIONALE

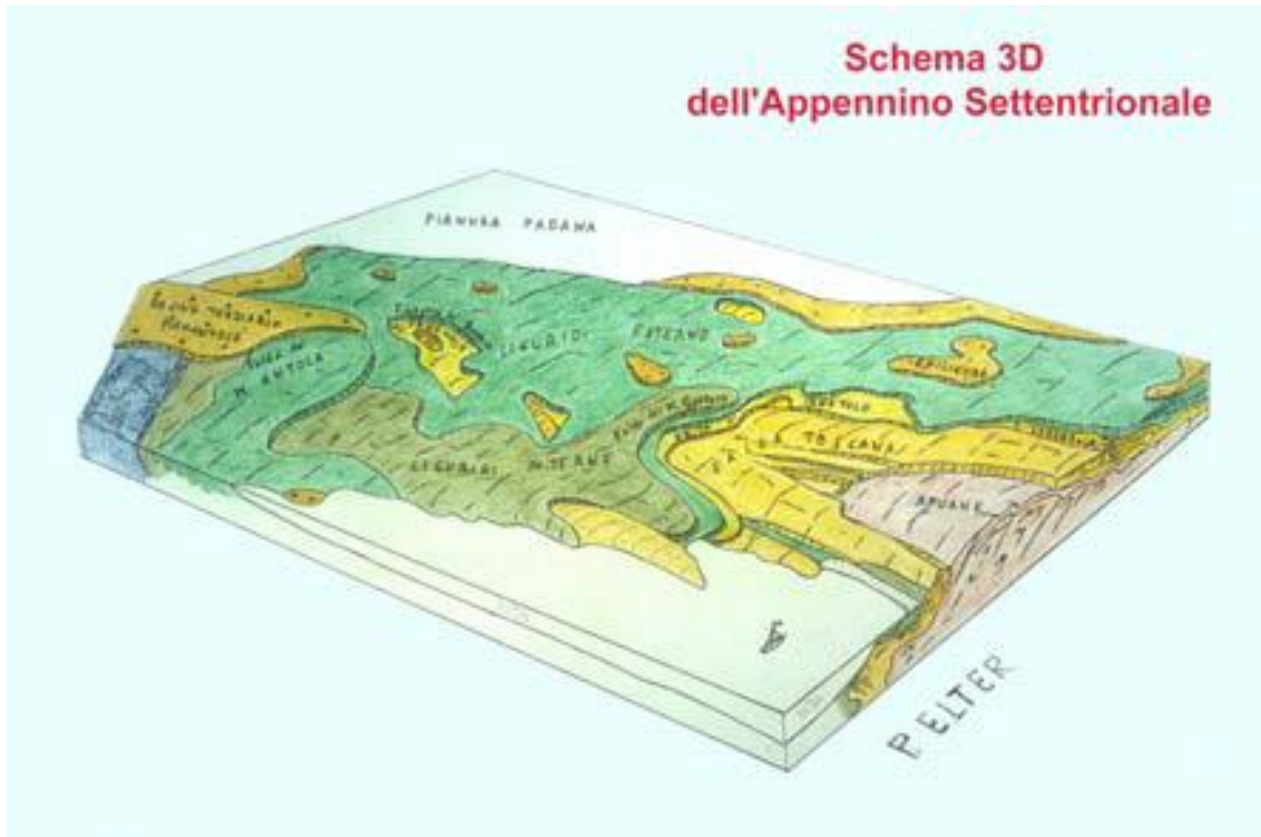


fig. 5: Schema dell'Appennino Settentrionale da Elter 1999

L'Appennino settentrionale è un segmento del sistema di catene alpine circum-mediterranee. Esso è classicamente definito come una catena a falde caratterizzata da un impilamento di unità tettoniche, che con le loro caratteristiche litostratigrafiche riflettono l'evoluzione geodinamica di un settore di crosta continentale assottigliata (margine occidentale della microplacca Adriatica) e dell'antistante dominio oceanico ( Elter,1975; Carmignani & Giglia,1975; fig. 5). I vari termini delle diverse successioni stratigrafiche, affioranti all'interno della catena appenninica, sono il risultato delle fasi di *rifting* e *spreading* Triassico-Giurassiche che hanno portato alla formazione dell'Oceano Ligure-Piemontese situato tra le placche continentali di Europa e Adria. Le successive fasi convergenti attive fino dal Createceo hanno determinato la chiusura di questo bacino fino alla collisione continentale. La chiusura del dominio oceanico nel Cretaceo medio-sup. è dovuta a

due strutture accrezionali sviluppatasi con un'inversione del piano di subduzione (*Elter & Pertusati, 1973; Molli e Tribuzio, 2004*). Secondo questa interpretazione si attivano in tempi diversi due piani di subduzione: il primo, attivo dal Cretaceo medio-inf. all'Eocene, durante il quale la crosta oceanica Ligure-Piemontese subduce sotto il margine continentale apulo, originando un prisma accrezionale est vergente (vergenza alpina); il secondo, attivo a partire dall'Eocene medio, realizza la subduzione del margine continentale apulo assottigliato sotto il blocco Sardo-Corso (placca europea), originando un prisma accrezionale ovest vergente (vergenza appenninica). A partire dall'Oligocene-Miocene il sistema evolve essenzialmente con una deformazione intra-continentale ed ha interessato il margine della placca Adria con un progressivo spostamento del fronte compressivo verso Est. Durante le fasi contrazionali Oligo-Mioceniche si è verificata la sovrapposizione delle diverse unità tettoniche. Successivamente la dinamica interna del sistema collisionale ha determinato l'instaurarsi di una tettonica estensionale, attiva sin dal tardo Miocene inf., che ha interessato anche i livelli più profondi del *thrust belt*, ed è seguita in modo più o meno diretto all'apertura del Mar Tirreno (*Lavecchia, 1985; Coli, 1989; Carmignani & Kligfield, 1990; Carmignani et alii, 1994 e biblio*). Le ultimissime fasi dell'evoluzione dell'Appennino Settentrionale sono legate alle manifestazioni del vulcanismo Tosco-Laziale collegato alla migrazione verso est del fronte subduttivo.

## 2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELLE APUANE

La finestra tettonica delle Alpi Apuane costituisce il livello strutturale più profondo affiorante dell'Appennino Settentrionale. Per questo risulta essere di particolare importanza per la comprensione dei processi geodinamici che hanno portato alla formazione della catena stessa. In particolare all'interno del complesso apuano è possibile distinguere due unità tettoniche: l'Unità delle Apuane e la sovrastante Unità di Massa. La storia deformativa delle Alpi Apuane è molto complessa e legata alle due fasi principali di raccorciamento ed estensione crostale correlata con l'apertura del Mar Tirreno (Carmignani *et alii*, 1994 e biblio.) Sia i rapporti tra la tettonica estensionale in zona apuana e il regime tettonico che porta all'apertura del Mar Tirreno, sia l'attribuzione di alcune strutture osservabili nelle Apuane ai diversi stadi di evoluzione delle strutture del Complesso Metamorfico Apuano sono stati messi in discussione da Jolivet *et alii* (1998). Tenendo conto della molteplicità delle posizioni, le strutture in questo lavoro sono state comunque riferite alle due fasi descritte da Carmignani & Kligfield (1990): la prima in cui si realizza l'impilamento delle unità tettoniche e si genera la strutturazione principale a scala regionale; la seconda in cui le precedenti strutture vengono nuovamente deformate e esumate in condizioni metamorfiche retrograde.

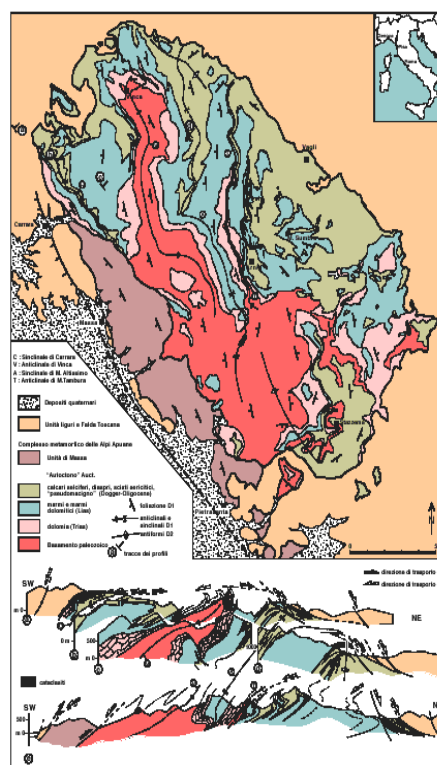


fig. 6: schema geologico delle Apuane modificato da Carmignani & Kligfield 1990

## 2.1 STRATIGRAFIA DEL COMPLESSO APUANO

### 2.1.1 Unità di Massa

L'Unità di Massa (fig. 6) è caratterizzata da un basamento Paleozoico sul quale poggia in discordanza una spessa sequenza sedimentaria triassica e dalla presenza di meta vulcaniti basiche del Trias medio. Le rocce della copertura Mesozoica sono costituite da metaconglomerati quarzosi, granulo-sostenuti, associati a metarenarie, metasiltiti e filladi nere interpretabili come depositi silicoclastici continentali e/o costieri. Verso l'alto seguono livelli di rocce prevalentemente carbonatiche (Marmi, metabrecce, calcescisti e filladi carbonatiche: Formazione dei Marmi a Crinoidi) derivate da depositi carbonatici di piattaforma ristretta e da successivi depositi neritico-pelagici con intercalazioni di metabasiti alcaline (Prasiniti e Scisti Verdi). Queste vulcaniti testimoniano un vulcanismo basico intraplacca legato al *rifting* medio-triassico. La successione si chiude con livelli di metaconglomerati a prevalenti clasti di quarzo, quarziti e filladi di origine continentale-litorale (Filladi sericitiche ed Anageniti). La successione è caratterizzata da metamorfismo alpino in facies scisti verdi di alta pressione (cianite+cloritoide+fengite), mentre le rocce del basamento Paleozoico hanno subito anche deformazioni e metamorfismo pre-alpino in facies scisti verdi. Le condizioni termo-bariche del metamorfismo alpino sono stimate tra 0.6 e 0.8 GPa e 420-500 °C (Franceschelli *et alii*, 1986; Jolivet *et alii*, 1998; Franceschelli & Memmi, 1999; Molli *et alii*, 2000).

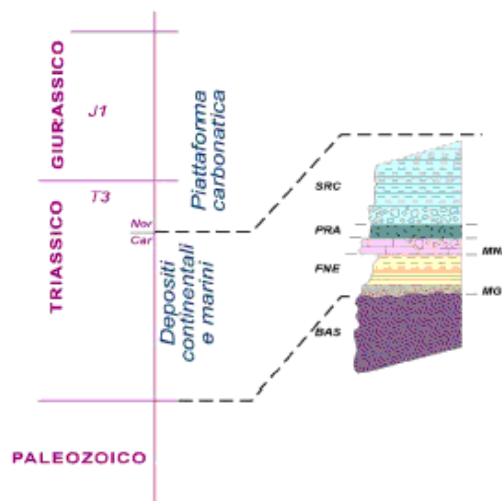


fig. 7: Colonna stratigrafica Unità di Massa da Carmignani et alii 2002

## 2.1.2 Unità delle Apuane

La successione dell'Unità delle Apuane (fig. 7) è costituita da un basamento Paleozoico sul quale poggia in discordanza una successione metasedimentaria del Trias sup.-Oligocene. Le rocce del basamento Paleozoico sono del tutto correlabili con quelle del basamento dell'Unità di Massa e, analogamente a queste, registrano una deformazione e un metamorfismo in facies scisti verdi legato all'orogenesi Ercinica. Le rocce della copertura Mesozoica sono rappresentate da metaconglomerati poligenici, metarenarie calcaree e dolomie con intercalazioni di metabrecce riferibili ad un ambiente deposizionale di tipo transizionale, da continentale a marino costiero (Formazione di Vinca), seguiti dalle dolomie della piattaforma tardo-triassica dei Grezzoni. Verso l'alto seguono i marmi più o meno muscovitici della Formazione dei Marmi a Megalodonti, intercalati a metabrecce poligeniche (Brecce di Serravezza) e scisti a cloritoide. Le metabrecce poligeniche e i livelli di scisti a cloritoide testimoniano episodi di emersione della piattaforma carbonatica con formazione di livelli lateritico-bauxitici e deposizione di *debris flow* ai piedi di scarpate attive di origine tettonica. Marmi più o meno dolomitizzati, dolomie cristalline, marmi e metabrecce monogeniche caratterizzano le sovrastanti formazioni dei Marmi Dolomitici e dei Marmi, le quali rappresentano la nuova piattaforma carbonatica dopo quella tardo-triassica dei Grezzoni. Verso l'alto seguono marmi rosati, metacalcari con selci, calcescisti e quarziti (Marmo Zebrino, Calcari Selciferi, Calcescisti e Diaspri) riferibili alle fasi di annegamento della piattaforma carbonatica dei Marmi e ad una sedimentazione emipelagica. In analogia con la successione della Falda Toscana (Fazzuoli, 1980), possibili sfasamenti cronologici tra i diversi blocchi subsidenti determinano l'instaurarsi di ambienti deposizionali diversificati, con successioni lacunose e/o condensate testimoniate dalla presenza di metabrecce poligeniche in prevalente matrice filladica (Formazione di Arnetola). Chiudono la successione metacalcari con liste e noduli di selce, calcescisti, filladi sericitiche e metarenarie quarzo-feldspatiche (Calcere Selcifero a Entrochi, Cipollino, Scisti sericitici e Pseudomacigno) riferibili a depositi pelagici e di avanfossa precedenti la strutturazione dell'area apuana all'interno della catena appenninica. Il metamorfismo alpino nell'Unità delle Apuane è caratterizzata da paragenesi metamorfiche tipiche della zona a clorite e biotite della facies scisti verdi (Giglia & Radicati 1970; Carmignani, Giglia & Kligfield 1978) o, basandosi sui silicati di alluminio, della zona a pirofillite+quarzo (Franceschelli *et alii* 1986). Le temperature massime sono tra 350-450 °C e le pressioni di picco del metamorfismo sono

comprese tra 0.4 e 0.6 GPa (Di Pisa *et ali* 1985; Franceschelli *et ali* 1997; Molli, Giorgetti & Meccheri 2002). Condizioni termiche analoghe sono proposte da Jolivet *et ali* (1998) accompagnate però da condizioni di pressioni fino a 0.8 GPa.

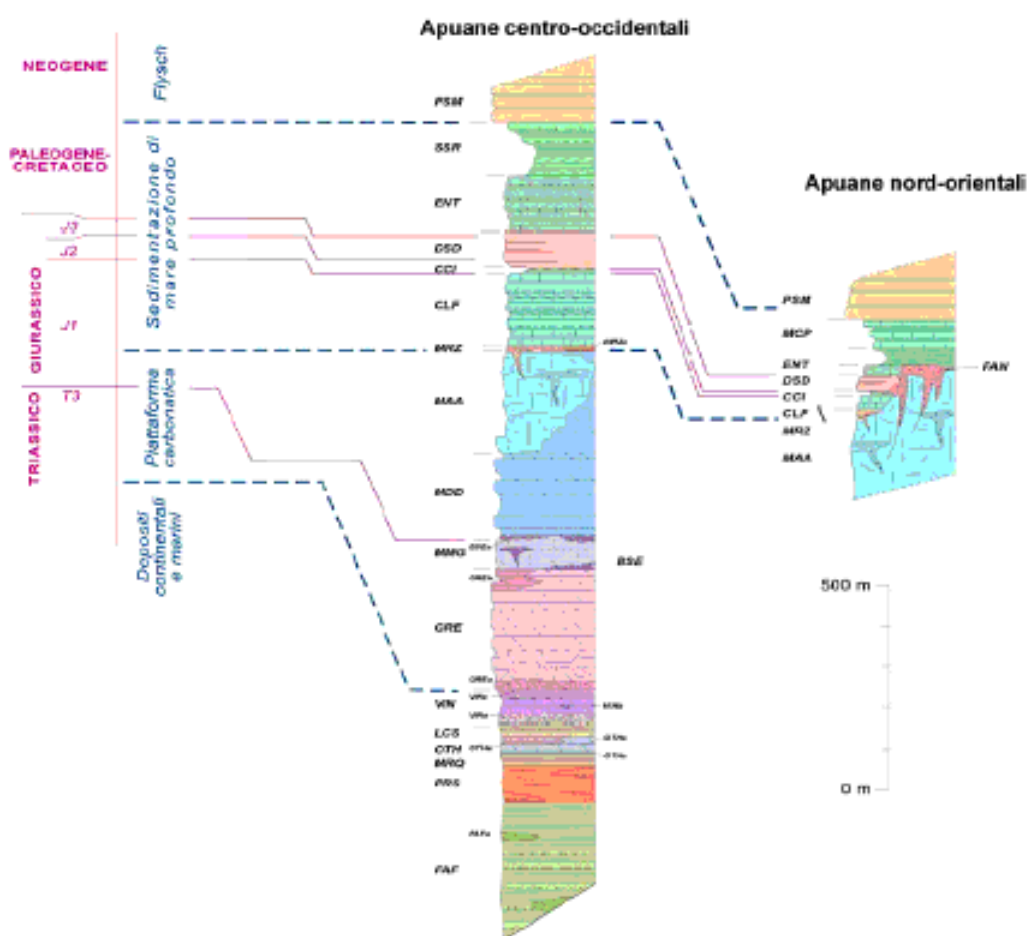


fig. 8: Colonna stratigrafica Unità delle Apuane da Carmignani et alii 2007

## 2.2 EVOLUZIONE STRUTTURALE DEL COMPLESSO APUANO

Come riportato in precedenza, l'evoluzione strutturale del complesso apuano (fig. 8) è il risultato di due differenti eventi tettono-metamorfici: il primo evento D1 in cui si realizza l'impilamento delle unità tettoniche e si origina la strutturazione principale a scala regionale; e il secondo evento D2 in cui le precedenti strutture subiscono una nuova deformazione e vengono esumate verso livelli strutturali più superficiali.

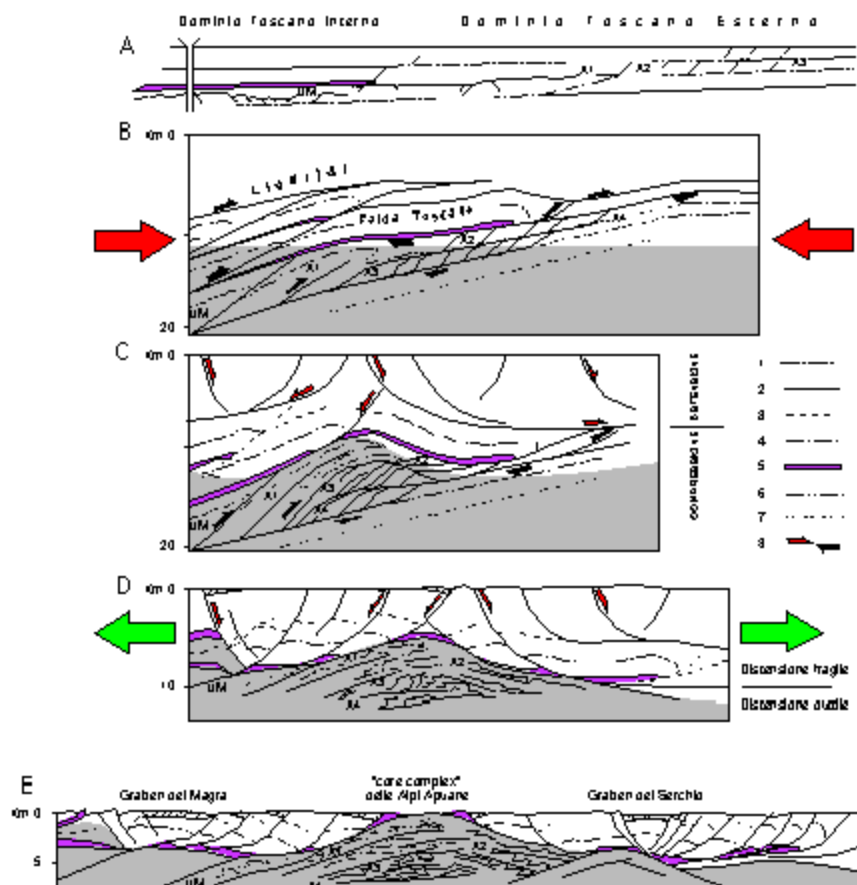


fig. 9: Schema dell'evoluzione strutturale delle Apuane, da Carmignani e Kligfield 1990



### 2.2.1 Strutture D1

Le principali strutture osservabili alla mesoscala e alla scala cartografica sono riferibili alla fase di impilamento delle unità tettoniche detta fase D1 (Carmignani & Kligfield, 1990). L'analisi delle strutture di questo evento deformativo rivela che esse sono il risultato di una deformazione progressiva schematizzabile in due successive fasi denominate D1a (quella iniziale) e D1b (quella finale). Alla fase D1b appartengono tutte le strutture più evidenti del complesso apuano. Si tratta di una foliazione penetrativa S1b di piano assiale di pieghe isoclinali fortemente non cilindriche. Alla foliazione è associata una lineazione di estensione L1b definita da crescite sin-cinematiche di calcite+quarzo in *strain shadows* attorno a cristalli di pirite. Localmente è evidente, anche a scala mesoscopica, un'orientazione di forma nei cristalli di calcite e quarzo nelle selci dei Calcari Selciferi (Molli & Meccheri, 2000).

La presenza di una fase D1a pre-piegamento D1b è testimoniata: dalla presenza di *boudin* piegati in pieghe minori aventi come piano assiale la foliazione principale S1b; dall'interferenza tra mesopieghe di diverse generazioni e precedenti la deformazione D2; da zone di taglio a carico di pieghe D1a e insieme a queste interessate dalle deformazione D2 (Molli & Meccheri, 2000).



fig. 10: piega isoclinala appartenente alla fase deformativa D1b



## 2.2.2 Strutture D2

La strutturazione tardiva è da mettere in relazione ad associazioni metamorfiche retrograde il cui sviluppo accompagna l'esumazione delle Unità metamorfiche fino a livelli strutturali più superficiali. All'interno di questa fase deformativa possono essere distinte tre sottofasi: La fase D2a caratterizzata da pieghe da aperte a chiuse a piano assiale sub-orizzontale con assi orientati prevalentemente NW-SE e senso di rovesciamento verso W. Ad esse è associata una foliazione di piano assiale S2 ben evidente soprattutto nei litotipi ricchi di fillosilicati; la fase D2b che rappresenta l'ultima generazione di pieghe molto aperte con piano assiale sub-verticale e cerniera arrotondata; la fase tardiva D2c rappresentata da faglie ad alto e medio angolo a cui sono associati diversi sistemi di fratture (Molli & Meccheri, 2000; Molli & Ottria, 1999).



fig. 11: piega della seconda fase deformativa D2a

### 3 AREA DI STUDIO

#### 3.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area di studio (fig. 12) è situata nelle Alpi Apuane Settentrionali nell'alta valle di Colonnata a cavallo tra i comuni di Massa e Carrara. I limiti della carta sono rappresentati da Foce di Vinca a NE, dalla cresta del Monte Spallone a W e da Cima D'uomo a S. L'area rilevata si estende per circa 1 km quadrato con un discreto dislivello da un minimo di circa 800m ad un massimo di oltre 1600m. L'assetto morfologico dell'area è profondamente modificato dall'attività antropica, infatti numerose cave e relativi ravaneti contribuiscono a creare un paesaggio tipico delle valli apuane. Tutta la zona è inoltre notevolmente esposta con una vegetazione arbustiva e questo ha spesso facilitato il lavoro di campagna, fatta eccezione per la parte basale della successione dove al contatto tra la Formazione di Vinca e il Basamento Paleozoico inizia una fitta vegetazione boschiva.



fig. 12: Panorama area di studio



### 3.2 STRATIGRAFIA DELL'AREA DI STUDIO

Nell'area rilevata affiora una sola unità tettonica: l'Unità delle Apuane; che, in quest'area, presenta delle peculiari caratteristiche stratigrafiche nei suoi termini Mesozoici più antichi. Queste peculiarità sono interessanti per la comprensione dell'articolazione generale dell'originario bacino Toscano Esterno e delle relazioni tra caratteri stratigrafici e strutturali. Dal termine più vecchio si incontrano:

- **BASAMENTO PALEOZOICO:** nell'area di studio affiora la formazione delle Filladi Inferiori (fig. 13) caratterizzate da filladi quarzite-muscovitiche, spesso cloritiche, con alternanze di quarziti e più raramente di filladi grafitiche (Cambriano?-Ordoviciano?)



fig. 13: filladi inferiori del Basamento Paleozoico

- FORMAZIONE DI VINCA: composta da quarziti, metarenarie feldspatiche e filladi intercalate a livelli di breccie di dolomia (Carnico-Norico, fig. 14). In quest'area la Formazione di Vinca mostra una marcata variazione di spessore in direzione N-S, infatti si assottiglia fino a sparire completamente nella parte più a Sud della carta dove il Basamento è in contatto stratigrafico con i Grezzoni.



fig. 14: breccie di dolomia della Formazione di Vinca



- GREZZONI: dolomie con limitate modificazioni strutturali metamorfiche (Norico). Alla base si possono trovare livelli di dolomie brecciate; al tetto in corrispondenza del contatto con la Formazione del Nero di Colonnata si trovano dolomie con patine di alterazione rossastre (fig. 15), interpretati, in questo lavoro, come episodi di emersione della piattaforma triassica.



fig. 15: Grezzoni con patine di alterazione rossastre

- **FORMAZIONE DEL NERO DI COLONNATA:** intercalazione di strati di dolomia alternati a strati di marmi neri con livelli chiari di dolomia e localmente breccie poligeniche con clasti di marmi (Retico?, fig. 16). I livelli di marmo nero presentano una tendenza all'aumento in frequenza e spessore dal basso verso il tetto della formazione. Questi livelli sono caratterizzati da una buona continuità laterale. In quest'area, anche questa formazione presenta forti variazioni di spessore in direzione N-S, ma al contrario della Formazione di Vinca, questa tende a ridursi fino a sparire andando verso Nord. Nei lavori classici questo litotipo, presente solo in questa zona delle Apuane, viene trattato come un membro della formazione Grezzoni.



fig. 16: breccia poligenica nel Nero di Colonnata



- **MARMI**: la formazione dei Marmi rappresenta l'impostazione della piattaforma carbonatica giurassica ed è rappresentata da un insieme di litotipi che variano da: Marmo Dolomitico (fig. 18) caratterizzato da una dolomitizzazione diffusa e da lenti di dolomia strato-parallela; Marmo Bardiglio composto da marmi impuri di colore grigio abbastanza uniformi; Marmo Ordinario di colore bianco uniforme, caratterizzato da una larga varietà di litofacies dalle quali vengono estratte le numerose varietà merceologiche, è possibile trovare marmi impuri a livelli di fillosilicati (Venato), brecce a clasti prevalentemente marmorei (Arabescato e Calacatta), marmi uniformi bianchi privi o quasi di impurità (Statuario) e marmi giallastri con livelli a fillosilicati e calcescisti (Zebrino); Marmo Nuvolato (fig. 17) caratterizzato da una diffusa presenza di microcristalli di pirite che gli conferisce il caratteristico aspetto lenticolare (Lias inf.-medio).

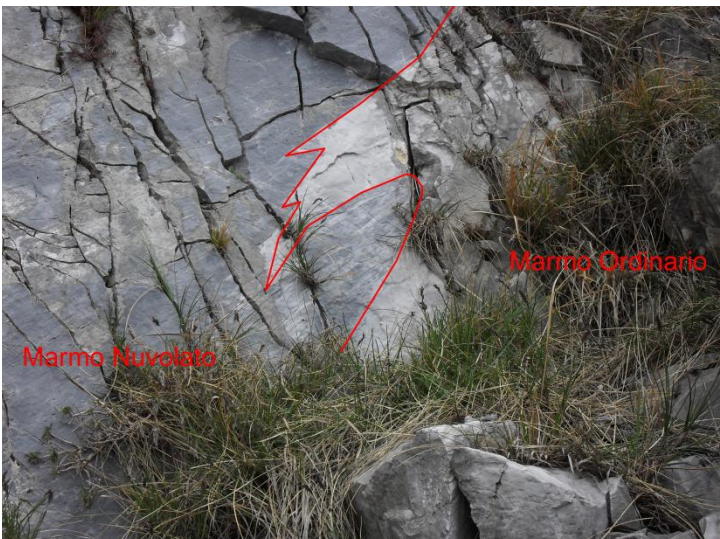


fig. 17: contatto tra Marmi Nuvolati e Marmi Ordinari

fig. 18: Marmo Dolomitico con le caratteristiche dolomie strato-parallele



- **MARMI GRIGI A CRINOIDI**: rappresentano la transizione verso il Calcere Selcifero e sono composti da marmi scuri grigiastri caratterizzati da una diffusissima presenza di articoli di Crinoide e diffusi livelli millimetrici di materiale carbonatico più chiaro (Lias medio, fig. 19). Questa formazione ha una scarsa continuità laterale e comunque, se presente, si trova sempre alla base del Calcere Selcifero. Nella zona rilevata si trovano dei livelli con clasti di marmo da centimetrici a decimetrici in matrice carbonatica scura (Brecce del Monte Spallone), che derivano dallo smantellamento della piattaforma dei marmi .



fig. 19: livello fossilifero nel Marmo Grigio a Crinoidi



- **CALCARE SELCIFERO:** costituisce la parte di successione più giovane affiorante nell'area, composto da metacalcilutiti grigio scure con liste e noduli di selce (fig. 20), in strati di potenza variabile, spesso alternati con strati sottili di calcescisti e filladi carbonatiche grigio scure. Nella zona del Monte Spallone, al nucleo della sinclinale delle Borre del Sagro, il Calcarea Selcifero si presenta con l'anomalia della quasi totale assenza di liste e noduli di selce, sostituiti da materiale dolomitico e carbonatico. Questa peculiarità è molto localizzata e anche nella stessa struttura, più a Nord, il Calcarea Selcifero torna ad essere quello classico.



fig. 20: zona di cerniera nel Calcarea Selcifero

### 3.3 ASSETTO GEOLOGICO DELL'AREA DI STUDIO

L'area di studio si colloca all'interno di una serie di strutture (Anticlinale di Pianza, Sinclinale dei Vallini, Sinclinale di Secagna) che si trovano tra i fianchi normali delle due principali strutture delle Apuane Settentrionali: la Sinclinale di Carrara e l'Anticlinale di Vinca-Forno (fig. 21), strutture plurichilometriche che portano al nucleo rispettivamente i termini più giovani (Scisti Sericitici) e più antichi (Basamento Paleozoico), affioranti nella zona del carrarese.

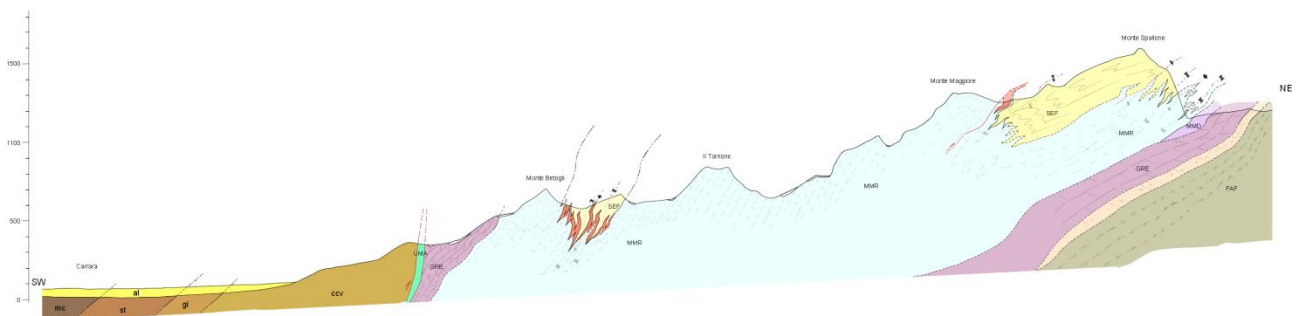


fig. 21: sezione 1:10000 della zona del carrarese

Le principali strutture rilevate nell'area di studio appartengono alla fase D1b e sono le Sinclinali di Secagna e delle Borre del Sagro ( quest'ultima non era presente sulla cartografia ufficiale, fig. 22,23,24). La struttura di Secagna presenta la caratteristica di avere il fianco rovescio quasi completamente laminato col piano assiale che passa quasi in corrispondenza del contatto col marmo. Questa caratteristica è compatibile con i meccanismi di deformazione e le laminazioni sin-contrazionali descritti da Molli & Meccheri (2000). La sinforme-sinclinale delle Borre del Sagro si presenta come una piega isoclinale fortemente non cilindrica tipica dell'evento deformativo D1b con al nucleo Marmi grigi a Crinoidi e Calcare Selcifero. Questa struttura è assente nella cartografia ufficiale e potrebbe essere una digitazione della Sinclinale del Catino affiorante più a Nord. Queste strutture vengono collegate con delle antiformali-anticlinali con nucleo di marmi (Anticlinali di Secagna e delle Borre del Sagro).

Per quanto riguarda le strutture deformative della fase D2, nell'area di studio sono visibili soprattutto a carico delle strutture deformative di prima fase D1b che risultano piegate in pieghe a cascata ovest-vergenti D2a; il riconoscimento delle strutture D2a alla mesoscala risulta complesso per le caratteristiche litologiche delle formazioni affioranti (in gran parte marmi) che mal registrano questa fase deformativa e per l'assenza di sezioni morfologiche perpendicolari agli assi di seconda fase.

Nell'area tuttavia sono molto abbondanti le evidenze dell'evento D2c caratterizzato da almeno tre sistemi di strutture fragili, localmente molto penetrative. Si inquadrano nella stessa generazione le faglie affioranti nell'area, alcune delle quali con un discreto rigetto. Le strutture principali dell'area sono la faglia del canale di Sogro e la faglia delle Borre del Sagro, con direzioni rispettivamente N54 ed E-W. Queste strutture hanno rigetti metrici e producono un nucleo cataclastico di qualche decina di centimetri. Per quanto riguarda la struttura delle Borre del Sagro è stato possibile riconoscere degli indicatori cinematici, sullo specchio di faglia, che permettono di determinare un senso di movimento normale.

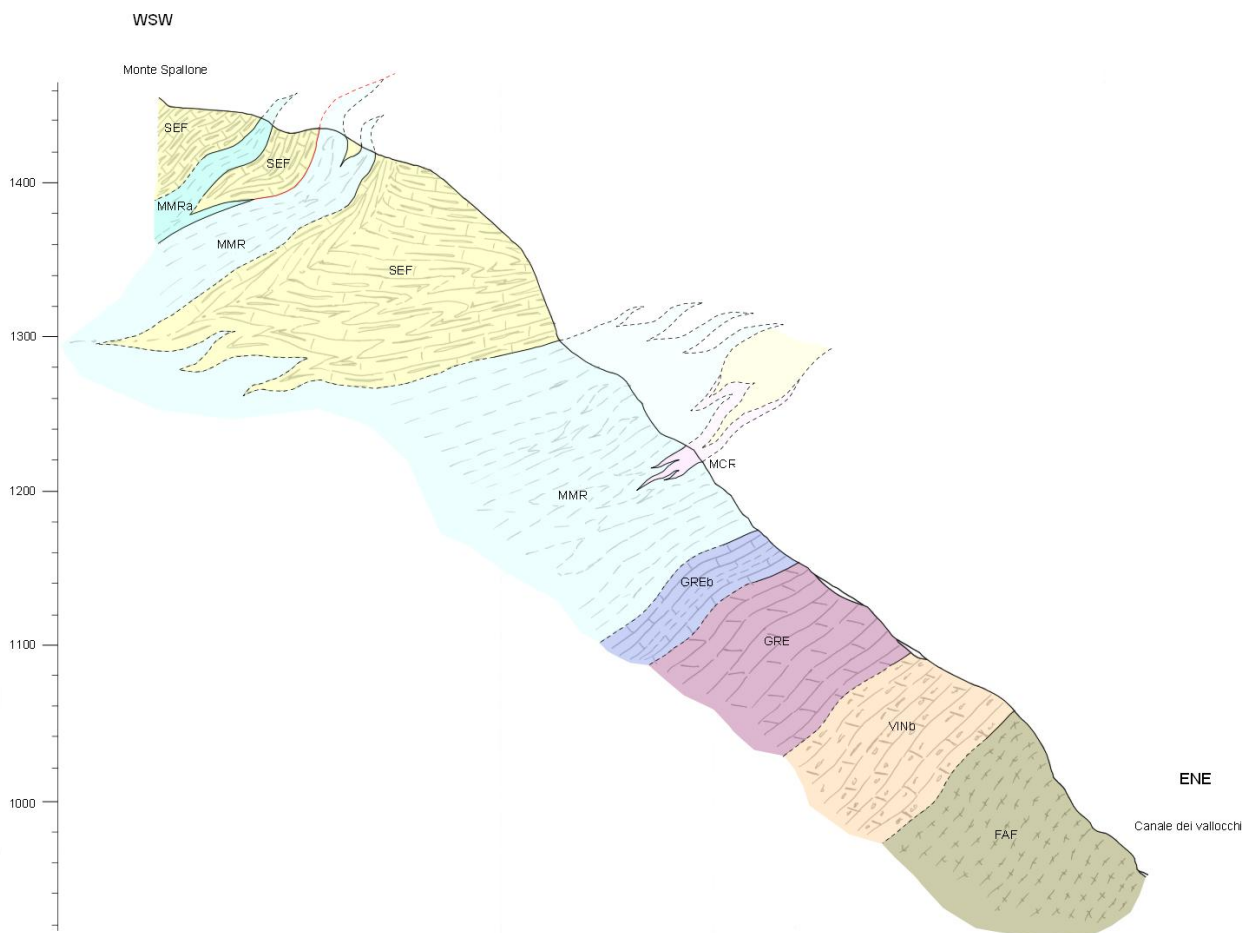


fig. 22: sezione A1

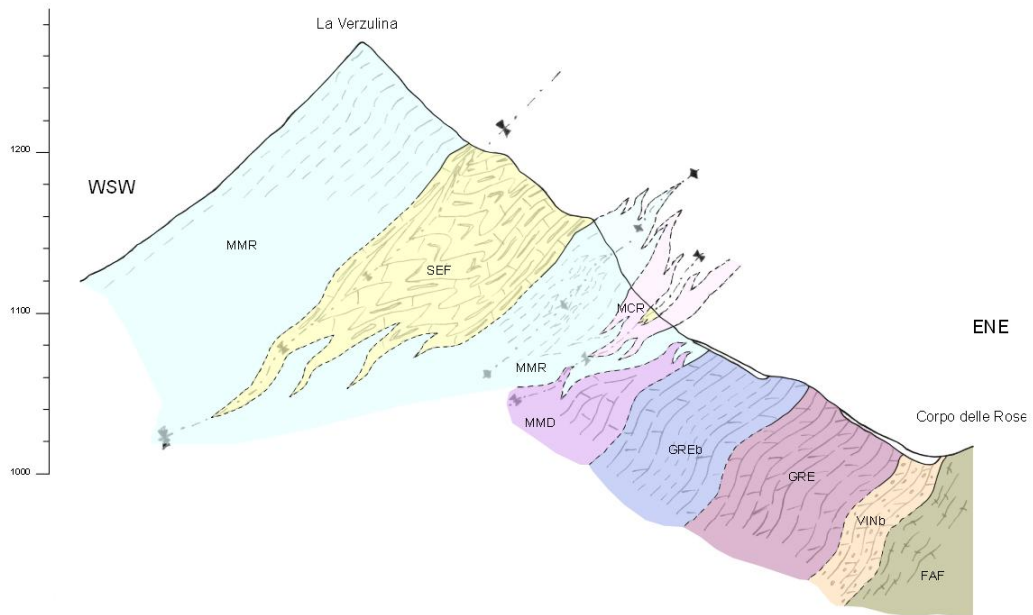


fig. 23: sezione A2

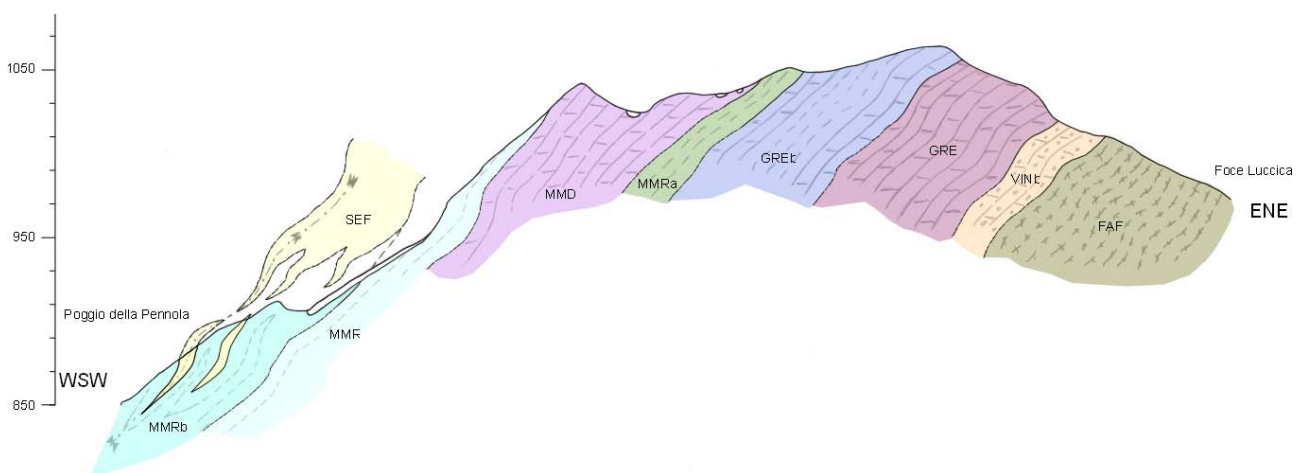


fig.24: sezione A3



Le sezioni in figura (fig. 22,23,24) sono orientate perpendicolarmente alle strutture in direzione WSW-ENE.

Nella sezione A1, quella tracciata più a nord, sono ben visibili tutte le strutture di prima fase affioranti nell'area di studio: la Sinclinale di Seccagna, la Sinclinale delle Borre del Sagro e le relative anticlinali a nucleo di Marmi. In questa sezione si evidenzia inoltre il contatto tettonico secondario con caratteri sin-metamorfici che lamina il fianco diritto dell'Anticlinale di Seccagna.

La sezione A2, oltre alle strutture già illustrate, evidenzia il passaggio laterale tra Marmo Dolomitico e Marmo Ordinario, mentre nella sezione A3 è ben rappresentata la terminazione periclinale della Sinclinale di Seccagna.

Nel complesso confrontando le tre sezioni si evidenziano due aspetti peculiari di questo settore delle Alpi Apuane: la variazione laterale del Calcare Selcifero, in direzione appenninica, che apre la formazione del Marmo Grigio a Crinoidi (caratteristica, questa, ben evidenziata dalla Sinclinale delle Borre del Sagro) e le variazioni di spessore, in direzione N-S, di alcune formazioni e in particolare del Nero di Colonnata che diminuisce di spessore fino a sparire verso Nord.

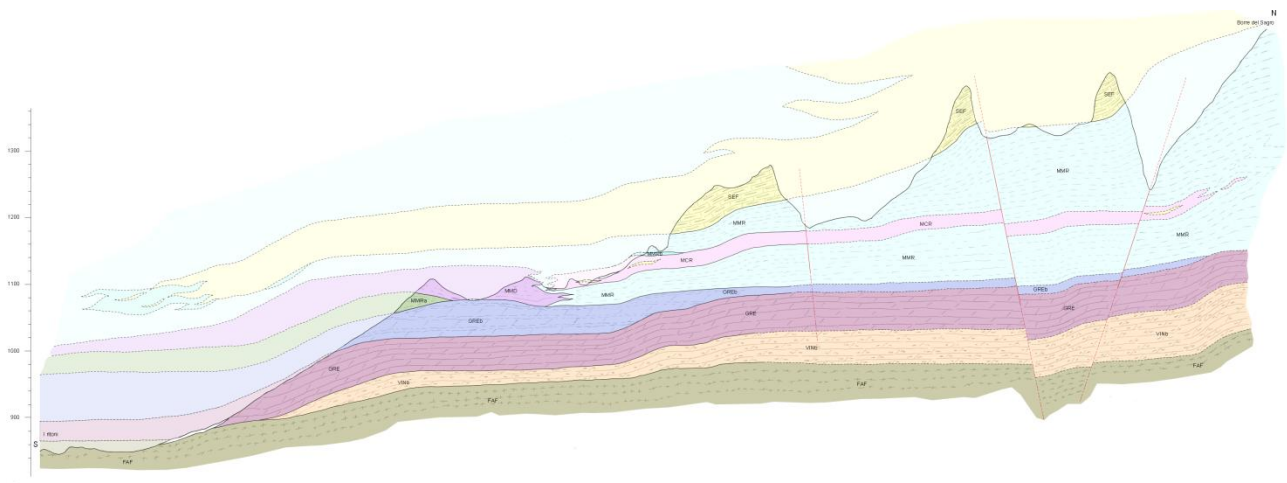


fig. 25: sezione T1

La sezione T1 (fig. 25), condotta parallelamente alle strutture in direzione N-S, mostra le terminazioni laterali delle principali strutture plicative di prima fase. Questa sezione evidenzia inoltre molto bene le variazioni di spessore delle formazioni ( ed in particolare della Formazione del Nero di Colonnata) lungo questa

direzione. Si apprezza inoltre la presenza e la geometria lenticolare di marmi grigi della varietà merceologica Marmo Bardiglio.

La sezione mostra inoltre le principali strutture fragili dell'area che tagliano le strutture plicative con direzioni da E-W a N50.

### **3.3.1 Il problema delle variazioni di spessore**

Nella zona rilevata si possono notare importanti variazioni di spessore che sono ben evidenziate dalle sezioni geologiche condotte sulla carta geologico-strutturale Originale d'Autore (OA). In questo lavoro, diversamente dai lavori classici, la Formazione del Nero di Colonnata viene considerata una formazione a se stante, piuttosto che un membro della Formazione dei Grezzoni per la particolare importanza che riveste nella ricostruzione paleogeografica della zona in relazione al fatto che la formazione stessa, in altre zone delle Alpi Apuane, è sostituita da Marmi a Megalodonti e Breccie di Serravezza, che nell'insieme possono rappresentare una variazione laterale del bacino con un ambiente marino-lagunare (Nero di Colonnata) che passa ad un ambiente intertidale con emersioni e scarpate (Marmi a Megalodonti, Breccie di Serravezza).

L'analisi delle sezioni con la suddivisione dei Grezzoni dal Nero di Colonnata, ci permette di fare delle interessanti osservazioni:

- le variazioni di spessore sono a carico del Nero di Colonnata, mentre lo spessore dei Grezzoni rimane abbastanza costante in direzione N-S. (Nella cartografia ufficiale, invece, non essendo presente questa distinzione la variazione di spessore sembra essere a carico dei Grezzoni)
- il Nero di Colonnata varia in modo evidente di spessore da S a N. Questa variazione può essere interpretata secondo due ipotesi: una laminazione tettonica che riduce lo spessore fino ad annullarlo; oppure una caratteristica stratigrafica legata ad eredità paleotettoniche.

La presenza di patine di alterazione rossastre (fig. 26) al tetto dei Grezzoni e alla base del Nero di Colonnata che testimoniano episodi di emersione e la presenza di livelli risedimentati nei primi strati della Formazione del Nero di Colonnata (fig. 27) che sono compatibili con una sedimentazione al piede di paleopendii di origine tettonica, assieme all'assenza di chiare evidenze di una laminazione tettonica a

livello del contatto Grezzoni-Nero di Colonnata, fanno propendere per la seconda ipotesi. La variazione di spessore risultata quindi causata dall'ambiente di sedimentazione e dall'articolazione del bacino in direzione N/S. Questo è in accordo con osservazioni a scala regionale che evidenziano come, sui fianchi della stessa struttura (Anticlinale di Vinca-Forno), la formazione del Nero di Colonnata sia osservabile solamente nell'area di studio e sia sostituita verso Nord (zona di cerniera della struttura di Vinca-Forno) e verso Est (fianco rovescio) dalle formazioni dei Marmi a Megalodonti e delle Breccie di Serravezza.



fig. 26: livelli alterati alla base del Nero di Colonnata



fig. 27: breccia poligenica con clasti di Marmo Ordinario

## 4 INFORMATIZZAZIONE DELLA CARTA GEOLOGICO-STRUTTURALE

L'informatizzazione della carta geologico-strutturale a partire dall'elaborato cartografico (Originale d'Autore) prodotto a conclusione del lavoro di terreno si è svolta secondo la seguente modalità: la cartografia è stata informatizzata mediante il software ArcGis 9.2 al fine di creare una banca dati digitale; le modalità di informatizzazione sono state condotte estraendo dall'OA gli elementi puntuali ( misure di stratificazione, piani di faglia,...), lineari (contatti, faglie,...) e poligonali (formazione, coperture,...) che caratterizzano l'assetto dell'area studiata.

Il processo di informatizzazione si è articolato in più fasi. Una prima fase ha richiesto la scansione dell'OA e la georeferenziazione di quest'ultimo utilizzando come riferimento una base topografica vettoriale. In seguito è stata effettuata la digitalizzazione degli elementi lineari (contatti stratigrafici, tettonici, limiti dei detriti, faglie...), poi revisionata mediante il programma di correzione automatica seguita poi dall'attribuzione della topologia agli elementi lineari. Questo processo ha consentito nella fase successiva la realizzazione, in automatico, dei poligoni relativi all'area di lavoro.

La fase successiva è stata creare la tabella dei dati testuali (nomi delle formazioni, età, sigle...) ricavati dalla legenda dell'OA, per definire gli attributi dei poligoni da formare, ed è stato inserito, per ciascuna area chiusa, un punto (centroide) necessario alla identificazione del poligono; la combinazione delle linee con i punti e la relativa tabella della legenda ha consentito di creare e discriminare i poligoni, ai quali è stata attribuita una simbologia diversa sulla base dell'OA.

Prima di passare alla revisione finale del lavoro per la correzione di eventuali errori l'ultima operazione ha visto la digitalizzazione degli elementi puntuali e lineari corrispondenti alle informazioni degli elementi geometrici (misure di stratificazione, foliazione, assi di piega, piani assiali...) riprese sempre dall'originale d'autore.

Ultimata la digitalizzazione della carta si è passati alla creazione del layout di stampa con l'inserimento, a corredo della carta, delle sezioni geologiche, degli stereonet e dell'inquadramento geografico.

Le sezioni geologiche sono state digitalizzate a partire dall'OA attraverso l'utilizzo del software opensource Inkscape (software di grafica vettoriale) e convertite in formato immagine per allegarle al layout.



Gli stereonet sono stati prodotti attraverso l'utilizzo del software opensource Stereonet.

Per l'inquadramento geografico sono state utilizzate foto da satellite disponibili su Google Earth.

## 5 CONCLUSIONI

Lo studio geologico effettuato nell'alta valle di Colonnata ha contribuito alla miglior definizione degli assetti strutturali dell'area con l'aggiunta di una struttura facente parte di un insieme di pieghe presenti tra il fianco normale dell'Anticlinale di Vinca-Forno e il fianco inverso dell'Anticlinale di Pianza.

L'analisi di terreno e delle sezioni con la suddivisione del Nero di Colonnata dai Grezzoni ha evidenziato la presenza di anomalie stratigrafiche, soprattutto a livello della Formazione del Nero di Colonnata, da mettere in relazione con la morfologia originaria del bacino Toscano Esterno. La zona in questione può essere considerata come un alto strutturale del bacino stesso che si approfondiva verso S e al contrario emergeva verso N. Questa ricostruzione è compatibile con l'assetto stratigrafico rilevato e, più in generale, con considerazioni di carattere regionale (correlazioni stratigrafiche con formazioni affioranti più a Nord e a Est).

La presenza di assetti paleotettonici è ben evidenziata dalla presenza di livelli risedimentati a carico delle formazioni interessate da queste variazioni di spessore (Nero di Colonnata, Formazione di Vinca), inoltre questi assetti sono evidenti, in quest'area, anche a livelli stratigrafici più giovani (Brecce del Monte Spallone).

Questo tipo di eredità paleotettoniche sono già note in letteratura geologica, (Carmignani *et alii*, 1987) ma sono sempre state riferite alle variazioni di spessore delle formazioni in direzione E-W (es. colonne stratigrafiche condensate su fianchi opposti di pieghe plurichilometriche di prima fase), in questo lavoro si vuole sottolineare come tali eredità paleotettoniche siano documentabili anche in direzione N-S e come possano avere importanti implicazioni sulla strutturazione orogena (cfr. Molli & Meccheri, 2008).

## 6 BIBLIOGRAFIA

Baldacci F., Carmignani L., Fantozzi F.L., Meccheri M. & Plesi G. (1992)- *Lineamenti stratigrafico-strutturali lungo la trasversale Alpi Apuane-Appennino reggiano-modenese*. Studi Geologici Camerti, Volume speciale 1992 (2), 31-49.

Carmignani L. & Giglia G. (1975)- *Aperçu sur la géologie des Apuanes*. Bull. Soc. Geol. Fr., 17, 963-978.

Carmignani L., Giglia G. & Kligfield R. (1978)- *Structural evolution of the Apuane Alps: an example of continental margin deformation in the Northern Apennine*. J. Geol., 86, 487-504.

Carmignani L. & Kligfield R. (1990)- *Crustal extension in the Northern Apennines: the transition from compression to extension in the Alpi Apuane Core Complex*. Tectonics. 9 (6), 1275-1303.

Carmignani L., Decandia F.A., Fantozzi P.L., Lazzarotto A., Liotta D. & Meccheri M. (1994)- *Tertiary extensional tectonic in Tuscany (Northern Apennines, Italy)*. Tectonophysics, 238,295-315.

Carmignani L., Conti P., Fantozzi P., Mancini S. Massa G., Molli G. & Vaselli L. (2007)- *I marmi delle Alpi Apuane*. Geitalia, 21, 19-30.

Carmignani L., Gattiglio M., Kaelin O. & Meccheri, M. (1987)- *Guida all'escursione sul Complesso Metamorfico delle Alpi Apuane. Final Excursion of the "Summer School di Geologia e Petrologia dei Basamenti Cristallini. T", September 1987*. Ipografi a Editrice Pisana, Pisa, 110 pp.

Cerrina Feroni A., Plesi G., Leoni L. & Martinelli P. (1983)- *Contributo alla conoscenza dei processi metamorfici di grado molto basso (anchimetamorfismo) a carico della Falda Toscana nell'area del ricoprimento apuano*. Boll. Soc. Geol. Ital., 102, 269-280.

Coli M. (1989)- *Time and mode of uplift of the Apuane Alps metamorphic complex*. Atti Tic. Sc. Terra, 35, 43-60.

Di Pisa A., Franceschelli M., Leoni L. & Meccheri M. (1985)- *Regional variation of the metamorphic temperatures across the Tuscan Unit and its implications on the alpine metamorphism (Apuan Alps, N. Tuscany)*. Neues Jahrbuch Miner: Abh., 151 (2), 197-211.

Elter P., Giglia G., Rau A. & Tongiorgi M. (1966)- *Il Verrucano della Verruca (Monti Pisani) nel quadro delle serie del Carbonifero, del Permiano e del Trias della Toscana Settentrionale*. In Tongiorni M. & Rau A. (Editors), Atti del Symposium sul Verrucano, Soc. Tosc. Sc. Nat., 3-33.

- Elter P. & Pertusati P. (1973)- *Considerazioni sul limite Alpi-Appennino e sulle relazioni con l'arco delle Alpi Occidentali*. Mem. Soc. Geol. It., 12, 359-394.
- Elter P. (1975)- *Introduction à la géologie de l'Apennin Septentrional*. Boll. Soc. Geol. Fr., 7 (XVII), 956-962.
- Elter P., Catanzariti R., Ghiselli F., Marroni M., Molli G., Ottria G. & Pandolfi L. (1999)- *L'Unità dell'Aveto (Appennino Settentrionale): caratteristiche litostratigrafiche, biostratigrafia, petrografia delle areniti ed assetto strutturale*. Boll. Soc. Geol. It., 118(1), 41-63.
- Fazzuoli M. (1980)- *Frammentazione ed annegamento della piattaforma carbonatica del Calcare Massiccio (Lias inferiore) nell'area toscana*. Mem. Soc. Geol. It., 21, 181-191
- Franceschelli M., Leoni L., Memmi I. & Puxeddu M. (1986)- *Regional distribution of Al-silicates and metamorphic zonation in the low-grade Verrucano metasediments from the Northern Apennines, Italy*. J. Metam. Geol., 4, 309-321.
- Franceschelli M., Memmi I., Carangiu G. & Gianelli G. (1997)- *Prograde and retrograde chloritoid zoning in low temperature metamorphism, Alpi Apuane, Italy*. Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt., 77, 41-50.
- Franceschelli M. & Memmi I. (1999)- *Zoning of chloritoid from Kyanite facies metapsammities, Alpi Apuane, Italy*. Mineralogical Magazine. V. 63, 105-110.
- Giglia G. & Radicati Di Brozolo F. (1970)- *K/Ar age of metamorphism in the Apuane Alps*. Boll. Soc. Geol. It., 89, 485-497.
- Jolivet L., Faccenna C., Goffè B., Mattei M., Rossetti F., Brunet C., Storti F., Funicello R., Cadet J.P., D'Agostino N. & Parra T. (1998)- *Midcrustal shear zones in postorogenic extension: Example from the northern Tyrrhenian Sea*. J. Geoph. Res., 103 (B6), 12123-12160.
- Lavecchia G. (1985)- *Neogene-Quaternary evolution of the Tyrrhenian-Apennines system*. Mem. Soc. Geol. It., 30, 212-214.
- Marroni M. & Pandolfi L. (1996)- *The deformation history of an accreted ophiolite sequence: the Internal Liguride units (Northern Apennines, Italy)*. Geodinamica acta, 9,13-29.
- Marroni M., Molli G., Montanini A. & Tribuzio R. (1998)- *The association of continental crust rocks with ophiolites in the Northern Apennines (Italy): implications for continent-ocean transition in the Western Tethys*. Tectonophysics, 292, 43-66.
- Marroni M., Molli G., Montanini A., Ottria G., Pandolfi L. & Tribuzio R. (2002)- *The External Liguride units (Northern Apennines, Italy) from rifting to convergence of a fossil ocean-continent transition zone*. Ofioliti, 27, 119-131

- Molli G. & Ottria G. (1999)- *Brittle deformation in the Alpi Apuane (NW Tuscany, Italy): first results from Carrara area*. EUG 10, Abs. Vol.
- Molli G. & Meccheri M. (2000)- *Geometrie di deformazione nell'alta valle di Colonnata: un esempio di strutturazione polifasica e composite nelle Alpi Apuane*. Boll. Soc. Geol. It., 119, 379-394.
- Molli G., Conti P., Giorgetti G., Meccheri M. & Oesterling N. (2000)- *Microfabric study on the deformational and thermal history of the Alpi Apuane marbles (Carrara marbles), Italy*. Journal of Structural Geology 22, 1809-1825.
- Molli G., Giorgetti G. & Meccheri M. (2002)- *Tecto-metamorphic of the Alpi Apuane metamorphic Complex: new data and constraint for geodynamic model*. Boll. Soc. Geol. It., 119, 379-394.
- Molli G. & Tribuzio R. (2004)- *Shear zones and metamorphic signature of subducted continental crust as tracers of the evolution of the Corsica/Northern Apennine orogenic system*. In: Alsop G.I. & Holdsworth R.E. (eds), Flow processes in Fault and Shear zones. Geol. Soc. of London, Special Publications, 224, 321-335.
- Molli G. & Meccheri M. (2008)- *Eredità paleotettoniche e stili di riattivazione a livelli medio-croscali: un esempio dalle Alpi Apuane Occidentali*. Boll. Soc. Geol. Ita., 3, 24-29
- Pertusati P., Plesi G. & Cerrina Feroni A. (1977)- *Alcuni esempi di tettonica polifasata nella Falda Toscana*. Boll. Soc. Geol. Ital., 96, 587-603.
- Reutter K., Teichmuller M., Teichmuller R. & Zanzucchi G. (1983)- *The coalification pattern in the Northern Apennines and its paleogeothermic and tectonic significance*. Geol. Rund., 72, 861-894.

# CARTA GEOLOGICO-STRUTTURALE DELL'ALTA VALLE DI COLONNATA (tra Foce di Vinca e Cima d'Uomo)

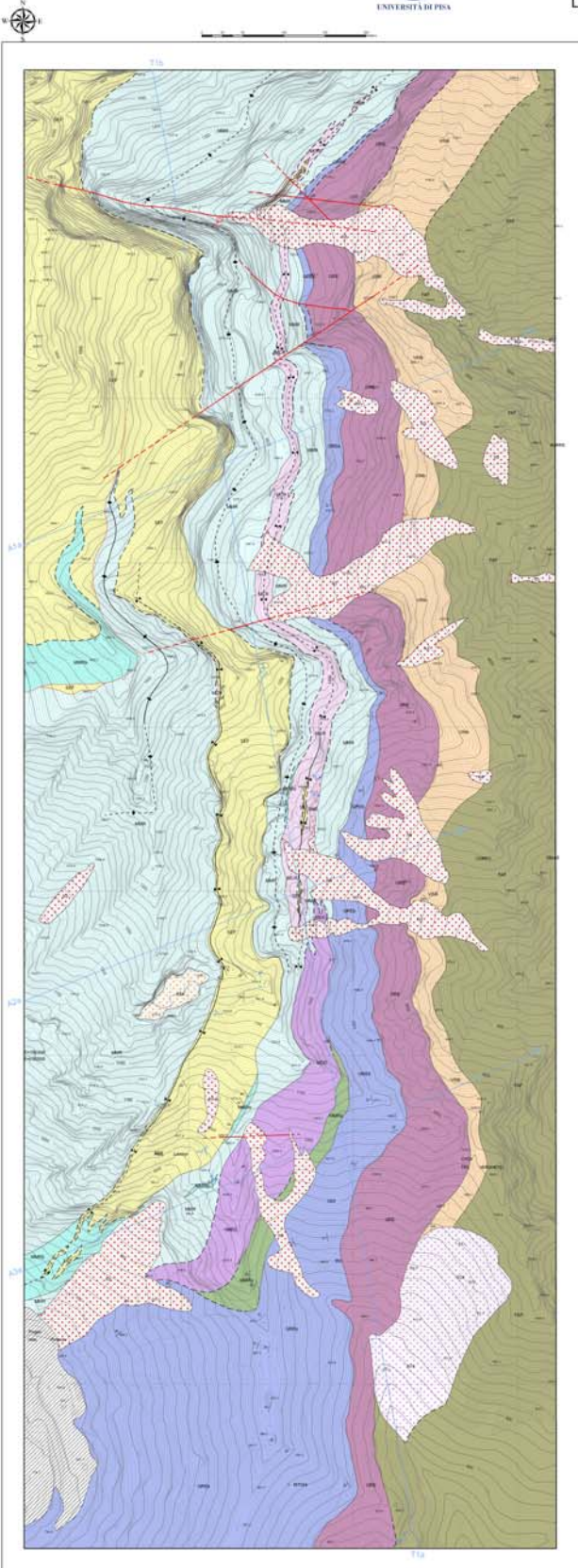
RELATORE: DOTT. GIANCARLO MOLLI



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PISA  
FACOLTA' DI SCIENZE MATEMATICHE FISICHE E NATURALI  
LAUREA TRIENNALE IN SCIENZE GEOLOGICHE



CANDIDATO: GABRIELE PINELLI



## LEGENDA

### DEPOSITI OLOCENICI

- HC Depositi di ghiaione di lava
- a3a Depositi di fango, derivanti da frane di crollo di frane di cava calcaree
- N3 Depositi alluvionali legati all'attuale sistema fluviale
- SDa Coperture vegetali coltivate e vegetali

### UNITA' DELLE APUANE

- SEP Calcare Basiliense: calcareo grigio con interstratificazioni quarzose e livelli di sabbia. Lito medio-rupe
- MCI Marna Gialla e Ciccolini: calcareo a grana fine grigio scuro, ricco alla presenza di pebble micromicacee, caratterizzato da una marcata presenza di noduli di Ciccolini e calcareo sabbioso di matrice calcareo-argillosa più o meno. Nella zona del Monte Spigno e intorno invece con noduli di Marna Ombra e matrice di Marna Gialla e Ciccolini (Bianca del Monte Spigno). Lito medio

- MMRi Marna Nereola: calcareo grigio a grana da fine a media, interstratificazioni da sabbia a fine grana più o meno sabbiosa. Il colore grigio è dovuto a pebble micromicacee variamente diffuse. Lito medio
- MMR Marna Ombra: calcareo di colore bianco porfido, a grana da fine a medio-grana, a fondo omogeneo oppure compatto di pebble macchia a sabbia grigia, irregolarmente distribuita e dovuta alla presenza di pebble micromicacee. Lito medio
- MMRii Marna Bardigella: calcareo a grana fine di colore grigio scuro, ricco a diffusa pebble micromicacee. Lito medio
- MCO Marna Ciccolini: con 1% più calcareo da sabbie micromicacee, sabbie e grigi chiari alternati a fessure di cui la componente calcareo-argillosa è preponderante e matrice. Lito sf
- GREi Formazione del Nero di Colonnata: calcareo di colore scuro, calcareo sabbioso e calcareo scuro. Medio
- GREii Formazione del Nero di Colonnata: calcareo di colore scuro, calcareo sabbioso e calcareo scuro. Medio
- GREiii Formazione del Nero di Colonnata: calcareo di colore scuro, calcareo sabbioso e calcareo scuro. Medio
- VNBi Formazione di Vinca: corpi poco potenti e discontinui costituiti da calcareo sabbioso, calcareo variamente sabbioso a livelli di fessure griffate. Carboni. Medio
- FAP Felsi Inferiori: Felsi quarzotomacchiosi, spesso calcareo con alternanze di sabbie a più o meno di fessure griffate. Carboni top. 1. Carbonaceo

## SIMBOLOGIA

- Discontinuità della Marnosa T11 a piano scivolo tra due piani scivoli delle pieghe generali della tettonica compressiva sovracollata
- Discontinuità degli assi A1 delle pieghe generali della tettonica compressiva sovracollata
- Discontinuità della tettonica di allungamento L1 generata dalla tettonica compressiva sovracollata
- Tracce dei piani scivoli delle pieghe anticlinali generali della tettonica compressiva sovracollata (tracce da 0 a presenti 2)
- Tracce dei piani scivoli delle pieghe anticlinali generali della tettonica compressiva sovracollata (tracce da 0 a presenti 2)
- Discontinuità della Marnosa E2 a piano scivolo tra due piani scivoli delle pieghe generali della tettonica sovracollata
- Discontinuità degli assi A2 delle pieghe generali della tettonica sovracollata
- Discontinuità degli assi di faglia
- Discontinuità della cava di faglia
- Contatti stratigrafici (tracce da 0 a presenti 2)
- Faglie inverse (0 a presenti 2)
- Contatti tettonici sovracollati (tracce da 0 a presenti 2)
- Tracce di tettonica postglaciale

