

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA



FACOLTA' DI SCIENZE MM. FF. NN  
FACOLTA' DI LETTERE E FILOSOFIA  
FACOLTA' DI INGEGNERIA

TESI DI LAUREA SPECIALISTICA IN:  
SCIENZE E TECNOLOGIE PER I BENI ARCHEOLOGICI ED ARTISTICI

**IL RESTAURO DELLA CATTEDRALE  
DI REGGIO EMILIA:  
INDAGINI SU ASPETTI STORICI E LITOLOGICI.**

Relatore: Prof. Gianmario Molin

Correlatori: Prof.ssa Giovanna Valenzano

Prof. Luigi Vernia

Dott. Simone Benchiarin

Laureanda: Elena Masiero

Anno Accademico 2005/2006



# Indice

PRESENTAZIONE.....	pag. 1
--------------------	--------

## ANALISI STORICA DEL DUOMO DI REGGIO EMILIA

1.1 INTRODUZIONE ALLE STRUTTURE MEDIEVALI.....	pag. 3
1.2 L'EDIFICIO DI XI SEC.....	pag. 5
1.3 LA RISTRUTTURAZIONE MALAGUZZI 1269.....	pag. 6
1.4 SVILUPPI STRUTTURALI DAL XV AL XVI SEC.....	pag. 9
1.5 LE FASI D'INTERVENTO TRA XVII E XIX SEC.....	pag. 11

## CAPITOLO 2

### DESCRIZIONE STORICO- ARTISTICA DELLE STRUTTURE ROMANICHE

2.1 LA MURATURA A CONCI DI PIETRA DELLA CONTROFACCIATA...pag.	17
2.2 ANALISI DELL COLONNE E DEI CAPITELLI.....	pag. 20
2.3 COLONNE E BASI.....	pag.23

## CAPITOLO 3

### DESCRIZIONE DEI LITOTIPI DI LARGO IMPIEGO NELLA CITTA DI REGGIO EMILIA.

#### MAPPATURA DEI MATERIALI.

3.1 I LITOTIPI UTILIZZATI A REGGIO EMILIA.....	pag. 25
3.2 LA MAPPATURA DEI MATERIALI IN CONTROFACCIATA.....	pag. 27

## CAPITOLO 4

### CAMPIONAMENTO

4.1 MODALITA' DI CAMPIONAMENTO.....	pag. 29
-------------------------------------	---------

## CAPITOLO 5

### METODOLOGIE DI LAVORO

5.1 MICROSCOPIA OTTICA.....	pag. 35
5.1.1 MICROSCOPIA A LUCE RIFLESSA.....	pag. 33

5.1.2 MICROSCOPIA A LUCE POLARIZZATA .....	pag. 35
5.2 DIFFRATTOMETRIA DELLE POLVERI (XRPD).. .....	pag. 36
5.3 IL MICROSCOPIO A SCANSIONE (SEM).....	pag. 38
5.4 SPETTROMETRIA XRF.....	pag. 41
5.5 DETERMINAZIONE DEL RESIDUO INSOLUBILE.....	pag. 44

## CAPITOLO 6

RISULTATI: CAMPIONI DAL DUOMO.....	pag. 45
------------------------------------	---------

## CAPITOLO 7

RISULTATI: CAMPIONI DA CAVA.....	pag.119
----------------------------------	---------

## CAPITOLO 8

DISCUSSIONE DATI.....	pag.199
-----------------------	---------

## CAPITOLO 9

CONCLUSIONI.....	pag 213
------------------	---------

## APPENDICE

TAVOLA CON MAPPATURA DEI MATERIALI IN CONTROFACCIATA...pag.217
TAVOLA CON PLANIMETRIA DUOMO E CAMPIONATURA.....pag.219
TAVOLA CON RILEVO CONTROFACCIATA E CAMPIONATURA.....pag.221
INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....pag.223
RILIEVO CON MADONNA.....pag.233
NOTE AL TESTO.....pag.238
BIBLIOGRAFIA.....pag.241

## Presentazione

La tesi qui sviluppata nasce in seguito ai lavori di restauro in corso nella Cattedrale di Reggio Emilia.

L'edificio religioso rappresenta un complesso esempio di più fasi costruttive distribuite in un arco temporale ampio, che va dal X al XVII sec. I recenti interventi conservativi, oltre ad evidenziare le modifiche strutturali avvenute durante il corso dei secoli, hanno portato alla luce parte dei paramenti murari e dei sostegni dell'antico edificio Romanico.

La necessità di informazioni storiche e litologiche su questi elementi, ha indotto lo sviluppo di uno studio interdisciplinare, basato sull'analisi dei campioni prelevati dai conci in pietra nella muratura di controfacciata, e dalle colonne e dai capitelli rinvenuti all'interno dei pilastri cinquecenteschi.

L'analisi storico- stilistica dei capitelli e delle colonne permette una datazione delle strutture ad un periodo compreso tra l'XI e il XIII sec, in accordo con le principali fasi costruttive dell' edificio.

L'analisi macroscopica dei materiali rinvenuti in controfacciata e la loro mappatura ha evidenziato l'utilizzo di litotipi diversi e della tecnica del reimpiego di materiale antico; al tempo stesso la necessità di ottenere informazioni petrografiche più dettagliate, di risalire alle possibili zone di approvvigionamento della materia prima, ha spinto alla campionatura delle strutture romaniche rivenute in controfacciata.

Seguendo le disposizioni per il campionamento elencate nelle "Raccomandazioni Normal 3/80: Materiali lapidei", si sono attuati dei microcampionamenti, sui conci di controfacciata sui capitelli e sulle colonne di epoca Medievale.

Le descrizioni petrografiche, le analisi delle fasi mineralogiche (XRPD) e le indagini chimiche (XRF) condotte sui campioni più rappresentativi, hanno individuato l'impiego di quattro diversi litotipi.

Sulla base delle caratteristiche petrografiche dei conci, della presenza di traccianti fossili quali le spicole di spugna, i blocchi murari sono stati riferiti al Flysch ad elmintoidi, sedimento presente nell'Appennino settentrionale.

Nei fusti delle colonne e nei capitelli, la pietra impiegata è invece un'arenaria riferibile alla locale arenaria di Bismantova.

Solo due dei campioni studiati, l'uno prelevato dalla base di una colonna e l'altro da un blocco di pietra al di sopra di un capitello, sono riferibili alla pietra di Vicenza, proveniente dalla Regione sub- Alpina.

Un solo campione prelevato da un capitello è risultato di Rosso Ammonitico.

Per verificare le affinità con litotipi presenti in Appennino e determinare le possibili zone di approvvigionamento della materia prima, sono stati effettuati dei campionamenti in zone "tipo", site in un raggio di 15-30 Km dalla città di Reggio Emilia.

Comparando le descrizioni petrografiche e i dati analitici ottenuti, dai campioni di cava e dal Duomo è stato possibile riscontrare una provenienza locale dei materiali utilizzati nei conci e nei capitelli della chiesa.

Dalle indagini si attesta l'utilizzo di arenaria di Bismantova per la realizzazione dei capitelli e delle colonne. Le zone di approvvigionamento sono state riconosciute nelle località di Canossa e Cavandola, zone utilizzate fin dall'antichità per reperire materiale da costruzione.

Buone affinità si possono riscontrare tra la pietra dei conci di controfacciata e il Flysch ad elmintoidi della formazione di Monte Cassio. Gli aspetti più simili sono stati riconosciuti con i campioni provenienti da un detrito di frana Staccatosi dalle pendici orientali di Monte Duro e con gli affioramenti del versante orientale dello stesso rilievo.

La presenza di campioni di Pietra di Vicenza e di Rosso ammonitico testimoniano l'esistenza di scambi commerciali tra la regione sub- Alpina e Appenninica.

# Capitolo 1

## Analisi Storica del Duomo di Reggio Emilia

Lo studio di seguito sviluppato nasce dall'analisi interdisciplinare delle strutture di epoca romanica racchiuse all'interno della cattedrale di Reggio Emilia. Particolare attenzione è stata posta alle colonne che si affacciavano nella navata centrale, oggi inserite all'interno di pilastri seicenteschi e ai conci del paramento murario di controfacciata, composto da blocchi di diverse litologie.

Il tentativo di riconoscere la provenienza dei materiali impiegati, le loro caratteristiche; la possibilità di risalire alle diverse fasi costruttive dell'edificio mediante un'analisi storico- stilistica delle strutture considerate, e un'indagine strutturale ai fini conservativi, ha indotto lo studio qui proposto.

### **Introduzione: le strutture medievali.**



Figura 1 Facciata della Cattedrale di Reggio Emilia

Le indagini sviluppate hanno inizio da un'analisi delle principali fasi costruttive della Cattedrale di Reggio Emilia.

L'edificio appare oggi come un'antica struttura frutto di più fasi costruttive, sviluppatasi in un arco temporale che va dal X al XVII secolo (Figura 1).

In passato la data di fondazione della cattedrale di Reggio Emilia veniva fatta risalire all'anno 857 quando, il vescovo Sigifredo istituì la canonica di Santa Maria. Tale data non implica necessariamente la fondazione dell'omonima chiesa<sup>[1]</sup>.

Questa considerazione lascia il posto all'ipotesi più convincente fornita

dall'Artioli<sup>[2]</sup>, secondo il quale la prima cattedrale reggiana, collocata dove l'attuale,

deve essere fatta risalire agli anni 904 (912) e 942. Come indicato da Monducci e Nironi, stando ai documenti più antichi fino al 903, la cattedrale di Reggio doveva raccogliere le spoglie del patrono S. Prospero e questo l'avrebbe fatta coincidere con la chiesa di S. Prospero fuori dalle mura. Dato sicuro è l'attestazione nel 979 di una chiesa ricordata in un documento del Vescovo Emerald, presso l'esistente canonica di S. Maria. Questo gesto produsse l'affermarsi dell'edificio che venne ad acquisire il titolo di Cattedrale <sup>[3]</sup>.

La Chiesa di S. Maria sorge su resti romani; lo testimoniano i frammenti di mosaico pavimentale rinvenuti sotto la cripta e le descrizioni lasciateci dal Chierici <sup>[4]</sup>.

Della primitiva Cattedrale si hanno ipotesi dell'Artioli che scrive: *“innalzata su di un sottosuolo pavimentato di mosaici romani e forse, su di un umile cimitero longobardo, nel suo primitivo aspetto altomedievale raccoglieva moduli protoromanici ravennati di foggia lombarda....e accentuava il suo legame giuridico e culturale con la metropoli adriatica in grazie del caratteristico campanile rotondo crollato nel 1228”*<sup>[5]</sup>.

Di questo primo edificio iniziato tra il 904-912 non si hanno grandi informazioni. Il Ricci <sup>[6]</sup> ipotizza che il duomo sia stato ricostruito dopo il mille e G. Ferrari data l'intervento al 1100 <sup>[7]</sup>.

Sulla forma della chiesa del X secolo vi sono solo ipotesi; un tentativo di ricostruzione è stato fatto dal Silprandi ma la sua descrizione, sembra confondere tale edificio con quello del secolo XI.

Nonostante le scarse notizie, l'esistenza di questa fase costruttiva compresa tra la primitiva struttura e la ristrutturazione Malaguzzi (1269), sembra essere confermata dalla presenza, nell'edificio odierno, di strutture risalenti all' XI secolo.

Importanti considerazioni si possono fare sul pavimento musivo presente sotto la pavimentazione della struttura attuale (Figura 2). Secondo le descrizioni il mosaico si estendeva alle ultime quattro campate della navata centrale della chiesa attuale, ricostruita a partire dal 1599. Le scene, inserite in riquadri, non rientrano in un racconto organizzato, soprattutto nella zona del presbiterio, dove le raffigurazioni sono realizzate con punti di vista e temi narrativi diversi (bestiari, temi biblici, scene di vita quotidiana). In questi mosaici si attesta la presenza di restauri realizzati in epoca non precisabile ma sicuramente anteriore al 1332, anno in cui il litostrato venne ricoperto con una pavimentazione in cotto. Questi interventi modificarono profondamente i mosaici



sostituendo l'antico fondo in tessere nere (nero d'Accedio), con uno in cotto e integrando le scene con tessere spezzate disposte sulle tracce lasciate dai precedenti tasselli musivi.

A questo restauro si deve attribuire non solo la risistemazione degli antichi riquadri con bestiari e scene bibliche ma anche la realizzazione delle scene di vita quotidiana. Probabilmente tali interventi devono riferirsi alla committenza del Vescovo Pietro (1187- 1210) citato nell'iscrizione musiva presente tra i riquadri: "*Petrus fecit basilicam istam de anno...*".

Le parti più antiche, secondo la Trovabene<sup>[8]</sup>, diverse solo per carattere iconografico, sono riferibili all'intervento di arricchimento della Cattedrale promosso dal Vescovo Teuzone (979-1050), fatto che attesterebbe l'esistenza di una chiesa nel X secolo<sup>[9]</sup>.

### **L'edificio di XI secolo.**

Gli elementi strutturali che caratterizzarono la Cattedrale reggiana fino all'XVI secolo, oggi inglobati all'interno di strutture seicentesche, devono considerarsi parte dell'edificio di XI secolo.

La chiesa era a croce latina, fin dalle prime strutture l'edificio presentava un transetto a navata unica, che sporgeva dai muri perimetrali del restante edificio. Di questa antica struttura sono ancora visibili, nel frontone esterno del sottotetto del transetto, una serie di archetti pensili che proseguono su tutto il lato sud della navata principale (Figura 3)<sup>[10]</sup>.

L'edificio era a tre navate, con la maggiore percorsa da tre grandi archi trasversali che la suddividevano in un egual numero di campate (Figura 4e Figura 5). Relativamente a tali sostegni, il primo doveva trovarsi sull'ultima coppia di pilastri, all'intersezione con il transetto; assieme ad altri due archi, in corrispondenza del distacco delle ali laterali del transetto dalla navata centrale, davano sostegno al tiburio, esistente fino al 1620 al posto dell'attuale cupola. Il secondo arcone, si collocava in corrispondenza della quarta coppia di pilastri, lo testimoniano le tracce lasciate da due contrafforti nelle navate minori, utili per controbilanciare le spinte dell'arco. Il terzo, s'imposta sulla prima coppia di sostegni, per supportare il peso del tiburio che venne edificato sulle murature di una analoga struttura precedente. Secondo l'ipotesi di Davoli e Nironi, le navate laterali divise in sei campate, erano più basse di quelle attuali, presentavano una

copertura a volta a crociera ribassata al fine di ospitare le sovrastanti tribune (Figura 6) che si affacciavano sulla navata centrale attraverso delle trifore. Il pavimento di queste strutture si trovava ad un livello leggermente più basso di quello dell'imposta degli archi longitudinali attuali; tali ambienti dovettero essere utilizzati per lungo tempo, vista la presenza di una decorazione interna di epoca più tarda<sup>[11]</sup>. La navata centrale, caratterizzata da una copertura a capriate lignee, era illuminata da grandi finestre archivoltate a doppio strombo, ancora oggi visibili sul lato esterno meridionale della navata (Figura 6)<sup>[12]</sup>.

Secondo le indagini compiute dal Chierici nel 1879<sup>[13]</sup>, i sostegni della chiesa dovevano essere tutti a sezione cruciforme, composta da un pilastro quadrangolare centrale e quattro semicolonne tonde sui lati. Le analisi non vennero condotte su tutte le colonne per questo Davoli, Nironi e Monducci ipotizzarono che solo i pilastri in corrispondenza degli archi trasversi (il primo, il quarto, il settimo di ciascuna fila) avessero tale forma. A sostegno di tale tesi un documento del 1452 attesta la presenza di un affresco rappresentante una Madonna, detta del Pilastro, in corrispondenza della seconda colonna. Questo fa supporre l'esistenza di uno spazio sufficientemente ampio e piano, su almeno una delle facce del pilastro, adatta alla realizzazione della pittura<sup>[14]</sup>.

Altri studiosi tra cui G.Baldini indicano che i pilastri sul lato meridionale della navata centrale (almeno i primi due), avevano sezione cruciforme in muratura, mentre colonne polistile in arenaria esistevano sul lato nord, con una sezione dotata di semicolonne e colonnette minori (almeno a partire dal secondo dall'ingresso)<sup>[15]</sup>.

Dalle prospezioni attuate nel corso dei recenti lavori, pare possibile confermare questa ipotesi, anche se i sondaggi hanno interessato solo i fusti e le basi dei sostegni sul lato nord della navata centrale, e parte dei capitelli del lato meridionale.

Della facciata non si hanno notizie certe, poichè completamente rifatta nel 1269; si può solo ipotizzare una copertura a doppio spiovente dovuta alla diversa altezza delle navate<sup>[16]</sup>

### **La ristrutturazione Malaguzzi 1269.**

Per tutto il XII sec. non si hanno informazioni sulla Cattedrale di Reggio Emilia. I primi aggiornamenti sulle vicende della struttura sono del 1228, quando viene menzionato il crollo del campanile. Si iniziò a porre rimedio a questo inconveniente e alle numerose

riparazioni di cui anche la facciata necessitava, solo nel 1269, grazie a un ricco notaio, Alberico Malaguzzi, che donò i suoi beni per la ristrutturazione della Cattedrale <sup>[17]</sup>. Il principale intervento compiuto dal Malaguzzi è la costruzione del tiburio che sovrasta la facciata della chiesa, come testimonia il Memoriale Potestatum Regensium gestorumque iis temporibus :

*“Et Tiburium Ecclesiae maioris fuit levatum, videlicet illud, quod est supra plateam »*  
<sup>[18]</sup>.

Secondo l'Artioli, tale struttura, esisteva già nel XII sec, se si considerano equivalenti i termini *tigurium* e *tiburium* infatti, in un placito del Vescovo di Ravenna del 1114 si dichiarava: *“Precipit etiam terras in usum Tugurij Canonicae (...)largitas per manus Archipresbiteri, ad Arcidiacono debere disponi”*. Tale struttura aveva forse una sezione circolare ma gli studiosi sono ancora incerti relativamente alla sua esistenza<sup>[19]</sup>.

Ritornando alle considerazioni fatte da Monducci e Nironi sugli sviluppi della struttura della cattedrale; con i termini: *“supra plateam”*, si potrebbe ipotizzare l'aggiunta di un portico o narcece all'antica facciata. Questo elemento implicò la scomparsa dell'antico fronte <sup>[20]</sup>. A confermare ciò contribuirebbero i ritrovamenti che il Chierici compì sui primi pilastri della chiesa *“una lista di grandi macigni che attraversava la navata di mezzo in linea dei due primi pilastri”*, riferibili alla prima facciata <sup>[21]</sup>.

Il tiburio s'imposta su una base rettangolare, data dai muri della nuova e vecchia facciata e dai prolungamenti di quelli che separavano le navate laterali, assumendo in alzato una sezione ottagonale. L'altezza originaria era inferiore all'attuale; la struttura arrivava approssimativamente all'odierna cella campanaria, cioè alla risega che si vede all'esterno della dossale della Madonna d'orata. Da qui partiva una copertura piramidale<sup>[22]</sup>.

In occasione di un'ispezione fatta nel 1962, in corrispondenza della prima campata della navata sinistra, si individuò un vano con volta a crociera affrescata alla gotica, posto allo steso piano delle tribune ma da queste separato (Figura 7). Un vano simile era presente anche nella navata destra, lo testimoniano le decorazioni a clace, dipinte su muro stilisticamente simili alle precedenti, rinvenute nello sguincio della *“rosa”* posta in facciata<sup>[23]</sup>. Secondo Monducci e Nironi sotto questi ambienti è ipotizzabile la presenza di scale che, dalle navate laterali, conducevano alle tribune<sup>[24]</sup>.

In questo periodo la chiesa doveva essere dipinta con strisce bianche e rosse a calce, di cui si trovano tracce nel tiburio e nelle navate della cattedrale.

Nella base interna del tiburio, in corrispondenza dei lati minori del rettangolo, si inserisce una serie di archetti pensili sostenuti da modiglioni di pietra dai quali si elevavano i muri del tiburio aggettando di quasi 15cm rispetto alla muratura sottostante<sup>[25]</sup>.

Archi pensili a sesto circolare di circa un metro di diametro (Figura 8), colorati in bianco con strisce rosse e simboli stilizzati all'interno, si trovano a coronamento dei muri longitudinali della navata centrale. Questi elementi non avevano funzione portante ma la loro realizzazione ha indotto la chiusura delle grandi finestre che davano luce alla navata centrale. Quasi sicuramente in sostituzione a queste aperture vennero create nuove finestre ad una altezza inferiore ma, le trasformazioni subite da tale zona nel corso dei secoli, non hanno ancora permesso di individuarle<sup>[26]</sup>.

All'opera del Malaguzzi si deve la struttura della facciata, ancora oggi ben visibile, portata a compimento agli inizi del XIV sec.

La facciata a capanna nasconde la suddivisione interna in navate. Secondo il Ferrari, la cornice che oggi corre sotto gli spioventi del tetto, non presenta elementi del XIII sec. perché arricchita durante il XIV sec<sup>[27]</sup>.

Il triangolo del timpano era originariamente chiuso da una finta loggia a colonnine sorretta da una fascia aggettante; i capitelli erano provvisti di masselli per l'incastro con il muro. Questi ultimi elementi, assieme al segno dell'architrave che li sovrastava, sono le uniche parti della struttura ancora visibili della decorazione architettonica antica.

Il loggiato, poggiante su una risega aggettante sottolineata da archetti pensili, era interrotto al centro da due oculi con strombatura policroma, ancora oggi parzialmente visibili ai lati della trifora serliana.

Più in basso un'alta fascia di marmo rosso Veronese, forse ottenuta da materiale di recupero, divideva la parte sovrastante della facciata da una trufina, di cui si individuano i capitelli e i masselli che li tenevano legati alla muratura. La zona sottostante appartiene ad interventi cinquecenteschi, nei quali tutti gli elementi antichi sono stati distrutti ed occultati<sup>[28]</sup>.

Elemento caratteristico della facciata romanica era la decorazione con pitture relative ad un programma pittorico unitario teso a manifestare la chiesa Trionfante. L'Artioli in

merito scrive: “ *Originariamente nel timpano, entro il menisco iridato, il Cristo Benedicente mostrava il libro con le parole di vita. Ai lati, angeli in volo e contemplanti ne attestavano la gloria amabile e severa. Sotto entro archetti di pietra, venti Santi*”<sup>[29]</sup>.

Monducci e Nironi specificano che questi Santi si trovavano tra le colonnette della finta loggia e rimasero in loco fino al XVIII sec. Successivamente, nel secolo scorso, i dipinti vennero definitivamente rimossi dalla facciata al fine di preservarli dal degrado del tempo e degli agenti atmosferici<sup>[30]</sup>.

La ristrutturazione del Malaguzzi si deve anche l’ampliamento della cripta. Il documento più antico che ne prova l’esistenza è un decreto vescovile del 1282: “(...) *a San Crisanto e Daria, nella chiesa di sotto, le porte dovessero essere chiuse nelle ore nelle quali non c’era ufficiatura*”<sup>[31]</sup>.

Il nucleo originario risale ai primi anni del 200 ed era disposto sotto la cappella absidale. A questo venne aggiunta la zona al di sotto del transetto caratterizzata da un’altezza lievemente inferiore rispetto alla parte più antica.

È anche da osservare come in quegli anni la chiesa presentasse liberi sia i fronti principale ed absidale che i due laterali. Quello a sinistra era confinante con la *plathea parva* e connesso al Palazzo del Vescovado tramite il corpo del transetto, quello a destra invece era affiancato al broletto, originario chiostro e cimitero della cattedrale<sup>[32]</sup>.

### **Sviluppi strutturali dal XV al XVI sec**

Il XIV sec. fu per Reggio Emilia un periodo di turbolenze, durante il quale, se non si considera la conclusione della facciata, non si verificarono cambiamenti nella struttura della Cattedrale.

Una decisiva svolta si ebbe durante il XV sec; la città viveva un momento di floridezza che si rispecchiò in numerosi cambiamenti all’interno dell’edificio religioso, promossi dal facoltoso notaio Girollo Fiordibelli vissuto dalla seconda metà del XIV sec. al 1450. Alla sua volontà e finanziamenti si deve la copertura con quattro volte a crociera (due per ogni campata) della navata principale. A questi lavori o a sistemazioni precedenti si debbono attribuite anche le crociere sopra i matronei visto che, all’epoca della morte del notaio, “ *la chiesa erit in totum voltata lapidibus et calcina*”<sup>[33]</sup>.

Fra i lavori promossi dal Fiordibelli si ricorda la ristrutturazione e l’innalzamento del tiburio in facciata dove, tra il 1464-1466 vennero collocate delle campane. Queste

operazioni indussero a delle modifiche nel fronte dell'edificio. La realizzazione di un solaio sotto il piano delle campane portò all'apertura di tre finestre circolari dette *rose*, due delle quali ancora presenti in facciata. Una terza doveva collocarsi in corrispondenza dell'attuale trifora serliana con la quale venne sostituita in seguito a modifiche seicentesche<sup>[34]</sup>.

Le innovazioni della prima metà del XV sec. riguardarono anche l'area esterna circostante alla Cattedrale. In questa fase la *Plathea parva* venne quasi completamente occupata dagli edifici del Vescovado che, chiudendo il fronte sinistro della chiesa, fecero assumere alla piazza del Duomo l'attuale planimetria. Sul lato meridionale a fianco del Broletto, in linea con il braccio del transetto, vennero edificate le cappelle gentilizie. Attraverso queste modifiche la chiesa venne a perdere il suo originario impianto cruciforme esterno<sup>[35]</sup>.

Tra la fine del XV sec. e l'inizio del XVI sec. I lavori di restauro e di abbellimento della chiesa proseguirono grazie all'intervento del Vescovo Bonfrancesco Arlotti. L'opera principale a cui si dedicò tra il 1502 e il 1508, fu la sistemazione della zona corale e l'ampliamento della cripta..

Il Vescovo promosse l'edificazione di due nuove absidi nel coro e l'ampliamento del catino dell'abside maggiore (Figura 9).

Di questa sistemazione non rimane nulla di visibile poichè le originarie finestre absidali sono state tamponate e la ghiera in cotto esterna rimossa. A testimonianza dell'intervento rimane solo una grossa pietra di volta con la scritta CAPLA - CAOICOR - MDVI.

Nella cripta le modifiche portarono alla realizzazione di due spazi al di sotto delle nuove absidi e un riassetto della pavimentazione, che venne portata ad una quota comune in tutto l'ambiente.

Questo intervento portò all'abbassamento della zona presbiteriale di due o tre gradini rispetto al coro e alla cappelle absidali.

Anche la zona più antica della cripta venne abbellita. Le colonne in corrispondenza degli altari dei Santi protettori vennero sostituite con pilastri di stile più moderno<sup>[36]</sup>.

Sulla scia del rinnovamento, verso la metà del XVI sec., si decise di adattare al nuovo gusto cinquecentesco la facciata.

Nel 1544 il Capitolo affidò i lavori a Prospero Spani detto il Clemente. I rinnovamenti iniziarono solo dieci anni più tardi e, accompagnati da alterne vicende, raggiunsero nel 1568 lo stato di incompiuto clementesco visibile nella parte bassa della facciata <sup>[37]</sup> .

Nel 1559 anche l'interno della chiesa venne modificato. Le navate minori furono innalzate, provocando la demolizione dei matronei da tempo in disuso. Al loro posto si crearono delle volte a crociera, aventi un'altezza superiore a quelle d'imposta dei matronei

Le nuove crociere ancora visibili nella navata di sinistra, immediatamente al di sopra dell'attuale volta a botte, non trovano corrispondenza nella navata di destra. Questo ha fatto ipotizzare che nella realtà, l'innalzamento delle volte a crociera, sia avvenuto solo nella navata sinistra, dove vi era la necessità di creare un corridoio per il palazzo del Vescovado. Le stesse strutture dovevano essere realizzate in un secondo momento nella navata di destra ma, in previsione della grande ristrutturazione interna del 1599, venne meno la volontà di concludere i lavori<sup>[38]</sup>.

#### **Le fasi d' intervento tra XVII e XIX sec.**

Nel 1599 i Canonici decisero di attuare una totale riforma dell'interno della Cattedrale su basi classiche, affidandone l'attuazione all'architetto Ducale Cosmo Pugliani.

I primi lavori ci sono noti attraverso un contratto<sup>[39]</sup> stipulato tra i vari maestri reggiani che si impegnarono a completare le parti strutturali e decorative dell'edificio, per attuare una regolarizzazione della struttura Romanica.

Gli interventi si limitarono alla zona compresa tra il piano pavimentale e la trabeazione, puntando a uniformare l'atrio e la cantoria alle campate della chiesa.

Venne abolita la divisione tra spazio d'ingresso e navata centrale, attraverso il rifacimento della volta della cantoria e l'innalzamento dell'arco di sostegno del tiburio.

Anche la pavimentazione venne modificata innalzando il pavimento di 53 cm, a seguito della sopraelevazione del suolo della piazza. Questo intervento indusse la copertura dell'antico pavimento musivo.

La regolarizzazione dell'interno proseguì inglobando negli attuali pilastri i fusti delle colonne romaniche (Figura 10).

Nella navata centrale, la trabeazione di ordine dorico venne conclusa da un cornicione modanato, sopra il quale rimasero le crociere volute dal Fiordibelli <sup>[40]</sup>.

L'ultima modifica seicentesca di notevole importanza, dopo la sopraelevazione e sistemazione di tutte le cappelle laterali (iniziata nel 1601 e conclusasi nel 1608), fu la realizzazione nel 1623 della cupola che, all'incrocio tra navata centrale e transetto andò a sostituire il vecchio tiburio<sup>[41]</sup>.

Altri interventi risalgono al 1777 quando Giuseppe Barlaam Vergagni decise di cambiare la copertura a volta a crociera della navata centrale e delle laterali con una volta a botte.

La loro decorazione con lacunari, ancora oggi visibile, venne realizzata molto più tardi, nel 1878 ad opera dell'Architetto Pio Casoli (Figura 11)<sup>[42]</sup>.





Figura 2, (tratta da Monducci e Nironi), mosaico  
Sotto la navata centrale



Figura 3 Lato meridionale Esterno del Duomo

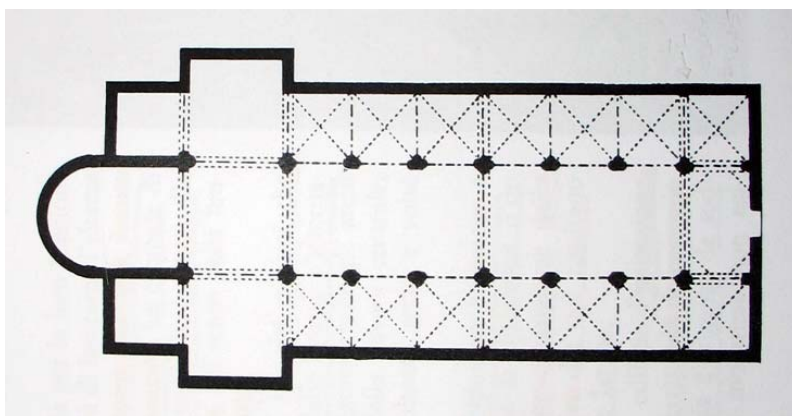


Figura 4; Pianta della cattedrale di XIII secolo, (tratta da Davoli e Nironi)

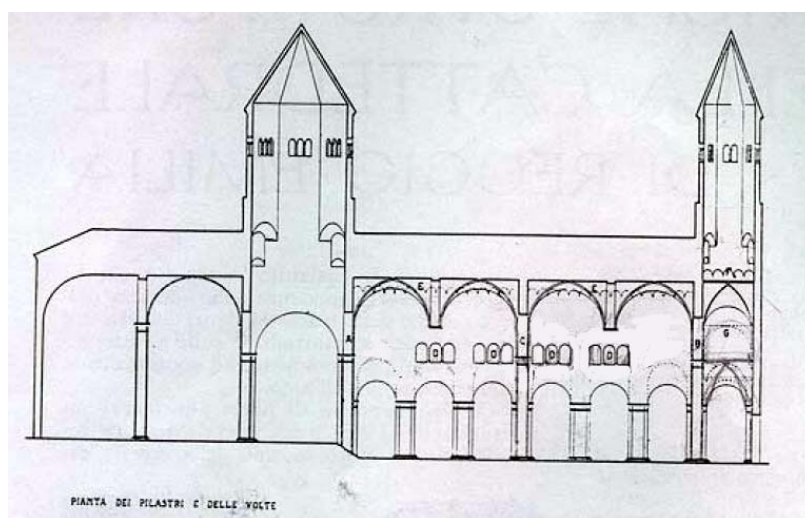


Figura 5 Sezione longitudinale, ricostruzione dell'alzato della chiesa di XIII secolo  
(tratta da Davoli e Nironi)



Figura 6; Tracce delle antiche tribune nella Navata centrale



Figura 7, Vano con volta a crociera dipinta



Figura 8; Archi di coronamento della navata centrale a livello delle capriate lignee.

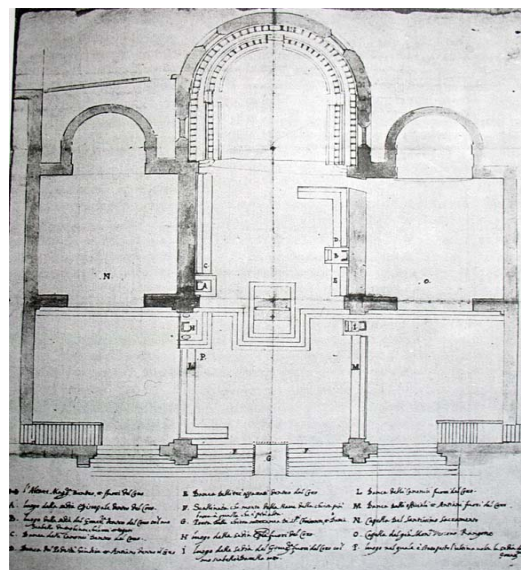


Figura 9; Adeguamento della zona absidale tra XV e XVI sec. (tratta da Monducc e Ironi)



Figura 10, Colonne ritrovate all'interno dei pilastri seicenteschi.



Figura 11; Visione dell'interno della navata centrale prima dei restauri  
(Tratta da Monducci Nironi)



## Capitolo 2

### Descrizione storico artistica delle strutture romaniche.

Le operazioni di restauro in atto nella Cattedrale di Reggio Emilia hanno portato alla luce importanti strutture della fase romanica riferibili, in base alla precedente trattazione storica, e mediante un'analisi stilistica, al periodo compreso tra l'XI sec. e il XIII sec.

Lo studio è diretto all'analisi dei conci di controfacciata, di alcuni capitelli e dei fusti delle colonne con caratteri stilistici riferibili all'epoca medievale o al periodo romano .

Il fine ultimo di questo lavoro è la possibilità di inserire, sulla base dei materiali impiegati e dei caratteri storici, i reperti in una precisa fase storica, verificando se in passato vi fu un riutilizzo di materiale antico o una realizzazione coeva all'edificio medievale.

La conoscenza di questi dati, assieme al riconoscimento della provenienza dei litotipi impiegati, può favorire eventuali interventi di restauro finalizzati al consolidamento, alla pulitura ed integrazioni dei reperti.

#### **2.1 La muratura a conci di pietra della controfacciata.**

Nella navata centrale e in quella meridionale (Figure 12 -14) la rimozione dell'intonaco seicentesco e delle decorazioni pittoriche presenti sul muro di controfacciata, hanno messo in luce l'antica muratura composta da conci di pietra squadrati.

La parete è costituita da blocchi di dimensioni molto variabili, dai 10 ai 50- 60cm di larghezza, legati con giunti di malta estremamente sottili e difficilmente osservabili.

I conci sono messi in opera cercando di ottenere dei filari orizzontali. Questa tessitura si avverte chiaramente solo nella parte alta della muratura nella navata centrale dove i blocchi di pietra presentano una certa uniformità.



Figura 12, Immagine della controfacciata della navata laterale meridionale.



Figura 13, Particolare della controfacciata meridionale, sono evidenti pezzi di reimpiego: frammenti di lastre con iscrizioni a caratteri capitali romani, frammenti di piastri e lastre altomedievali.



Figure 14 A e B. A muratura della controfacciata sul lato sinistro del portale; B muratura della controfacciata centrale sul lato destro del portale.

#### ***Analisi della controfacciata laterale***

Nella navata laterale meridionale la controfacciata risulta composta da blocchi di pietra squadrati di dimensioni e materiali diversi.

La muratura è composta da conci in pietra fino ad un'altezza di 5 m; al di sopra si sviluppa una struttura in laterizio.

La tecnica del reimpiego di materiale antico, diffusa in tutto il medioevo è chiaramente visibile all'interno della parete esaminata. Tra i conci sono riconoscibili alcuni blocchi di marmo con incise lettere in caratteri capitolari romani (Figura 13), e due lastre di pietra, con fregi decorativi. Questi bassorilievi si inseriscono al limite della muratura in pietra quasi a fungere da ornamento divisorio con la porzione in laterizio. Il primo, rilievo presenta una decorazione a nastri bisolcati con cerchi intrecciati e annodati, con tracce di pigmentazione rossa, tipologicamente riferibile all'IX sec<sup>[43]</sup>. Il secondo, costituito da una decorazione più complessa e fantasiosa, raffigurante foglie stilizzate e motivi ornamentali poco chiari, è stilisticamente riferibile al XI – XII sec..

#### ***Analisi della controfacciata della navata centrale.***

Una situazione analoga a quella presente nella navata laterale si trova nella navata centrale.

Pur mancando esempi di fregi e decorazioni, le diverse dimensioni e tipologie dei materiali impiegati, indicano un possibile riutilizzo di materiale antico, soprattutto nella parte bassa della muratura. Al di sopra dell'entrata principale si osserva una lieve regolarizzazione nelle dimensioni dei conci utilizzati.

## **2.2 Analisi delle colonne e dei capitelli**

Lo studio condotto nella Cattedrale si è esteso anche alle colonne e ai capitelli rinvenuti all'interno di alcuni pilastri della navata centrale.

Tali strutture vennero occultate durante il sedicesimo secolo, in seguito ai lavori di rinnovamento e regolarizzazione dell'interno attuati dall'Architetto Ducale Cosimo Pugliani.

Solo nel 1879 grazie alle ricerche attuate dal Chierici si diffuse la notizia della sopravvivenza degli antichi sostegni all'interno dei pilastri più recenti.

Gli interventi di restauro in corso nel Duomo, effettuando dei sondaggi sui pilastri hanno verificato le notizie del Chierici, portando talvolta alla luce fusti di colonne, capitelli e basamenti riferibili a stili molto diversi. Vi sono sostegni ascrivibili all'XI secolo per i capitelli cubici scantonati e altri semipilastri plastici riferibili all'intervento duecentesco.

Stando ai ritrovamenti, la struttura nel XIII secolo presentava un interno con elementi stilisticamente diversi: capitelli ionici, corinzi, a crochets impostati su pilastri cruciformi e polilobati, il tutto raccordato attraverso i toni rossi, bianchi e gialli, di una policromia diffusa a tutto l'interno.

### ***Capitello in stile corinzio***

In corrispondenza del sesto pilastro, partendo dalla controfacciata, si affaccia sulla navata laterale meridionale un capitello in stile corinzio (Figura 15)

Il capitello risulta piuttosto rovinato, le foglie d'acanto stilizzate sono scalfite dalla punta di uno scalpello che ne ha rimosso la parte alta più sporgente.

Nonostante il cattivo stato di conservazione, sulla superficie restano evidenti alcuni lacerti pittorici.





Figura 15 Capitello Corinzio



Figura 16 Capitello ionico



Figura 17 Capitello a Crochets, della navata centrale (oggetto di campionamento).



Figura 18 Capitello a Crochets della navata laterale meridionale, utilizzato per il confronto stilistico

Si riconoscono i pigmenti rossi della decorazione a fasce che ricopre un po' tutte le antiche strutture. Tra le foglie d'acanto sono visibili tracce rosse e nere mentre, una cromia gialla sottolineata da un bordo nero, simile a quella presente nei matronei (Figura 6), è evidente nella parte alta del capitello.

A livello tipologico, il capitello corinzio è l'unico ordine romano che continua ad essere utilizzato nell'architettura Lombarda l'XI secolo.

A differenza degli originali classici i capitelli di questo periodo sono dotati di maggiore semplicità e stilizzazione delle forme<sup>[44]</sup>.

Stando alle fonti, confrontabili con il capitello Reggiano sono infatti gli esempi presenti nella Cattedrale di Modena (1110) e in quella di S. Ambrogio a Milano che, con le sue strutture, influenzò i capitelli romanici di Rivolta d'Adda, S. Michele a Pavia o S. Savino a Piacenza<sup>[45]</sup>.

### ***Capitello Ionico.***

In corrispondenza del settimo pilastro partendo dalla controfacciata si è ritrovato un capitello di ordine ionico (Figura 16).

Tale tipologia non si diffuse molto nell'architettura romana, anche se è attestata in alcuni esempi; ricordo quelli nelle chiese di SS. Felice e Fortunato a Vicenza, S. Savino a Piacenza 1107 e Castell' Arcuato<sup>[46]</sup>.

Il capitello rinvenuto nel Duomo reggiano si presenta in un discreto stato di conservazione, caratterizzato da una colonna scanalata e da un alto abaco composto da più blocchi di pietra sovrapposti e uniti da giunti di malta. Sulla struttura sono evidenti le tracce di colore bianco e di fasce di pigmento rosso.

### ***Capitello a Crochets.***

In corrispondenza della controfacciata della navata centrale, sul lato destro del portale, al di sotto del semipilastro addossato alla parete, è stato ritrovato un capitello tipologicamente diverso dai precedenti, di epoca più tarda, riferibile al XIII secolo (Figura 17).

La struttura si imposta su di un fascio di pilastrini circolari addossati alla parete divisi mediante un collarino circolare, dal capitello fogliaceo. La decorazione è di difficile comprensione perché completamente scalpellata. A confronto stilistico può essere preso

in considerazione un eguale capitello(Figura 18) presente nella controfacciata della navata laterale meridionale. La struttura presenta uno stato di conservazione discreto, con forme e dimensioni simili al capitello campionato e può essere indicato come un capitello a crochets.

Questa tipologia si diffuse a partire dall' ultimo quarto del XII sec. In seguito a influenze francesi e a rielaborazioni dell'antico ordine corinzio. I capitelli presentano delle foglie stilizzate a bulbo che emergono nettamente dalla superficie della pietra. Nel capitello campionato proprio questi elementi sembrano mancare, perché rimossi dalla scalpellatura. Confrontabili con gli esempi di Reggio sono gli esempi del Battistero di Parma, S.Ruffillo a Bologna 1180, Rivalta Scrivia, S. Andrea di Vercelli<sup>[47]</sup>.

### **2.3 Colonne e basi.**

Sulla navata laterale meridionale sono stati messi in luce dei fusti di colonna caratterizzati da una base cruciforme e un alzata di semicolonnine addossate ad una sezione quadrata.

Tali strutture si diffondono in area mediopadana a partire dalla fine dell'XI secolo e sono attestate per tutto il corso del XII secolo<sup>[48]</sup>. Si riconoscono nel quarto, quinto e sesto pilastro contando dalla controfacciata.



## 3 Capitolo

### Descrizione dei litotipi di largo impiego nella città di Reggio Emilia.

#### Mappatura dei materiali.

In questo capitolo verranno presentati, sulla base di informazioni storiche e su riconoscimenti macroscopici in loco, i litotipi più comuni impiegati nel corso dei secoli nella città di Reggio.

Successivamente, sulla base di un preliminare riconoscimento macroscopico, dettato dalle prime evidenze litologiche, tessiturali e visive dei conci, si proporrà una mappa delle tipologie dei materiali utilizzati in controfacciata.

#### **3.1 I litotipi utilizzati a Reggio Emilia.**

Osservando i materiali utilizzati nell'edilizia di una data località, è possibile risalire alle caratteristiche geologiche e ambientali della zona, riconoscere le cave più utilizzate nelle epoche passate e stabilire le aree di approvvigionamento della materia prima.

Queste considerazioni possono essere applicate allo studio dei litotipi impiegati nell'edilizia storica di Reggio Emilia, città situata nella pianura Padana a ridosso dell'Appennino settentrionale.

Nella città è comune l'impiego di arenarie (talvolta anche gesso), pietre poco pregiate, dotate di scarse proprietà meccaniche, ma facilmente rintracciabili nel vicino Appennino.

Per sopperire all'inadeguatezza tecnica della roccia, la città Emiliana reperì materiale più resistente dalla vicina regione sub alpina; dalle zone della Lombardia (Como , Bergamo, Brescia) fino al Veneto (Verona, Padova, Vicenza).

In quest' area la geologia risulta molto diversa dall'Appennino; si riconoscono sedimenti e calcari di età secondaria, dalle pietre tenere come quelle del Veronese e del Vicentino, alle compatte e dure rocce effusive quali basalti e trachiti dai colli Berici ed Euganei.

Tali elementi vennero utilizzati a Reggio e nelle altre città della via Emilia, per realizzare elementi decorativi o, nel caso di trachiti e dei basalti, per la produzione di colonne ed elementi portanti.

***Litotipi presenti a Reggio Emilia.***

I materiali utilizzati a Reggio Emilia, trovano affinità con quelli impiegati in altre città disposte lungo la via Emilia quali Piacenza, Parma e Modena.

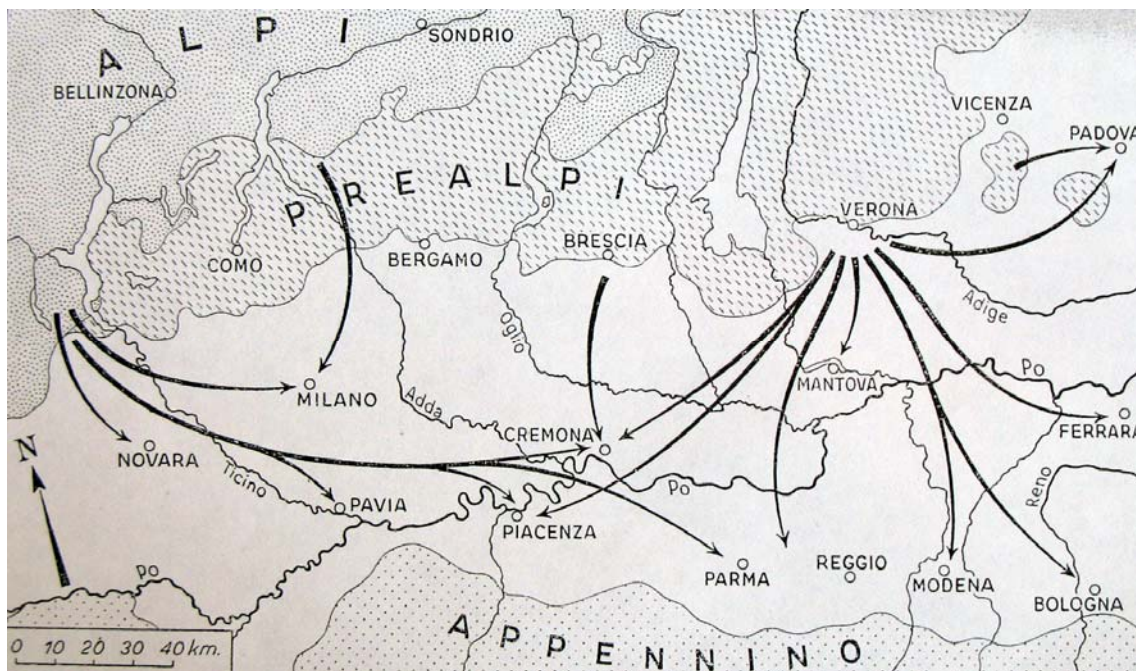


Figura 19, Modalità di diffusione dei calcari teneri e delle pietra della regione sub- alpina alle città della Pianura Padana (Tratto da Rodolico).<sup>[49]</sup>

Nella città di Reggio furono principalmente impiegati due tipi di rocce: calcari marnosi arenacei ed il tipico “macigno”.

Il primo appartiene ad un complesso arenaceo marnoso del miocene medio cavato a Vetto D’Enza e a Canossa. In questa località, situata ad una trentina di Km a sud- est della città , si rinvengono strati arenacei spessi dai due ai quattro metri, separati da falde marnose su cui poggia il famoso castello Matildico. I materiali prelevati dalla zona e utilizzati per secoli dalla città, erano i blocchi di pietra disseminati su scoscendimenti e frane nell’ area circostante al castello.

L'arenaria tipo macigno venne invece ricavata da una zona piuttosto lontana dalla città, risalendo la valle del Secchia sino alla gola degli Schiocchi presso Collagna dove il fiume si fa strada entro grossi banchi di arenaria "macigno" a grana grossa.

L'uso dell'arenaria e del calcare arenaceo, in particolar modo proveniente dalla località di Canossa, è stato ampiamente usato nella città di Reggio per tutto il medioevo e buona parte del primo Rinascimento.

Nel medioevo, accanto ai materiali romani di reimpiego: calcari di vario genere e trachite euganea, con l'arenaria di Canossa erano realizzati i capitelli delle colonne laterizie, i cantonali dei palazzi, gli architravi e gli zoccoli nelle costruzioni in cotto.

Con tale arenaria, continuarono ad essere rivestiti i monumenti del periodo rinascimentale: la facciata del Battistero (1492), e l'ottagonale torre cinquecentesca al lato della chiesa di S. Prospero.

Durante il cinquecento si diffuse la tecnica edilizia di unire di cotto e pietra. Ne sono esempi il Palazzo Baiordo, in cui la muratura in cotto si mescola alle cornici in arenaria delle finestre, delle lesene angolari, e delle colonne e capitelli del portico. Allo stesso modo i palazzi "Mari", "Sacratì" (1492) e "Trivelli" presentano cornici, architravi e colonne in pietra di Canossa.

Durante il Rinascimento, accanto alle comuni pietre sedimentarie provenienti dall'Appennino iniziarono a venir importati calcari teneri provenienti dal bacino Veronese-Vicentino. In città sono di rosso Veronese colonne e capitelli della cinquecentesca casa "Ruini", o il coevo rivestimento incompiuto della Cattedrale, composto da marmi bianchi e rossi<sup>[50]</sup>.

### **3.2 La mappatura dei materiali della controfacciata.**

Sulla base di quanto sopra indicato, verrà di seguito proposta una mappatura dei materiali della controfacciata.

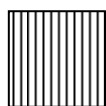
La mappatura è stata condotta in modo indicativo, considerando le caratteristiche macroscopiche del materiale messo in opera: tessitura, colore, grana; ed effettuando confronti con i litotipi comunemente impiegati nella città emiliana.

Tale operazione ha solo un fine descrittivo, per evidenziare la diversità dei materiali impiegati e darne una prima approssimativa classificazione.

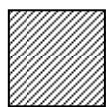
Perché la mappatura dei materiali possa risultare adeguata e utile per eventuali interventi di restauro e conservazione, è necessario compiere un sistematica campionatura su tutti i conci della controfacciata, seguita da altrettanto puntuali indagini chimico – petrografiche.

In questo caso le analisi sono state obbligatoriamente limitate ai conci caratterizzati da scalfitture, abrasioni, sfogliamenti, per preservare inalterati i blocchi di pietra in buono stato di conservazione.

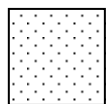
Dall' analisi macroscopica effettuata in controfacciata si possono riconoscere cinque diverse tipologie di pietre:



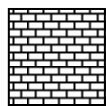
**Flysch** = E' caratterizzato da una colorazione bruna- grigia molto scura, con grana fine e tessitura omogenea. È presente in blocchi molto grossi con superfici spesso caratterizzate da sfaldatura. Gli affioramenti più vicini distano 15-30Km dalla città di Reggio Emilia.



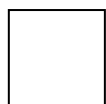
**Arenaria** = E' caratterizzata da una pietra di colore grigia chiara, talvolta tendente al giallo. Presenta un granulometria delle dimensioni della sabbia e una tessitura omogenea. Gli affioramenti più vicini alla città sono quelli del Gruppo del Bismantova in particolare della Formazione di Pantano.



**Marmo** = Riconoscibile per una colorazione bianca o bianca con striature grigie, con superficie liscia e levigata e grana molto fine. Gli affioramenti noti sono quelli toscani dei marmi Bianchi di Carrara



**Rosso ammonitico** = Si riconosce per la sua colorazione rossa con una tessitura nodulare e una granulometria molto fine. Nella città sono noti i litotipi provenienti dal bacino Veronese.



**Pietra d Vicenza** = Presenta una colorazione bianco-lattea, con granulometria fine e tessitura omogenea. I litotipi conosciuti provengono dal Bacino Vicentino.

In Appendice a Pagina 217 viene riportata la mappatura dei materiali sul rilievo della controfacciata (per gentile concessione dallo Studio Tecnico Severi)



## 4 Capitolo

### Campionamento

Per eseguire una ricerca completa che identifichi e caratterizzi correttamente i materiali impiegati nei conci della controfacciata, nei capitelli e nelle colonne, è fondamentale definire preventivamente un progetto di campionamento. Questo deve indicare anticipatamente dove il prelievo verrà effettuato, stabilire quantità e qualità del campione da prelevare e analizzare, per acquisire dati significativi e confrontabili con quelli ricavabili dai materiali di cava.

Il campionamento è la fase conclusiva di un'attenta programmazione progettuale, mirato alla considerazione delle caratteristiche degli oggetti studiati, delle relative zone di prelievo, della tipologia dei campioni; affinché questi ultimi, risultino descrittivi di situazioni particolari nel contesto considerato.

#### **4.1 Modalità di campionamento.**

Dopo aver analizzato attentamente il monumento si è passati alla fase di campionamento, condotta secondo le disposizioni elencate nelle *Raccomandazioni Normal 3/80: Materiali lapidei: Campionamento*.

Nella Cattedrale sono stati prelevati sedici campioni, provenienti da zone diverse, ai fini di un'analisi completa dei materiali presenti nelle strutture considerate.

Le quantità dei campioni prelevati tengono conto di due esigenze fondamentali.

La prima necessità è legata al valore storico – artistico delle strutture, alla loro salvaguardia e conservazione, ed esige un campionamento contenuto e non invasivo. La seconda vicissitudine è analitica e risulta in contrapposizione alla precedente poiché, a seconda del tipo di analisi, vengono richieste quantità anche significative di materiale.

In questo lavoro si è cercato un compromesso tra le due esigenze, consapevoli che un'indagine condotta con un numero limitato di campioni, in termini di numero e quantità, può causare interpretazioni poco attendibili dei dati analitici. Queste indagini, se utilizzate come base per un futuro intervento di restauro, potrebbero causare dei danni più estesi rispetto alle quantità di materiale campionato.

Per effettuare i campionamenti sono stati utilizzati:

- microscalpello e martello, per distaccare piccoli frammenti di pietra, dai conci, da capitelli e dalle colonne; scegliendo punti nascosti, non alterati con fratture o segni di martellatura;
- bisturi per materiale poco compatto, friabile e asportabile grattando la superficie.

Successivamente i campioni sono stati collocati in appositi contenitori di materiale inerte, per evitare dispersioni nell'ambiente o contaminazioni. Ogni contenitore è stato contrassegnato con una sigla indicativa del campione e della posizione del prelievo.

Di seguito vengono riportati i campioni prelevati indicando per ciascuno: la sigla, il punto di prelievo e una breve descrizione.

<b>SIGLA</b>	<b>PUNTO DI PRELIEVO</b>	<b>DESCRIZIONE</b>
CFS1	Controfacciata della navata laterale meridionale. Prelievo a circa 1,60 cm dal piano di calpestio, su un concio allungato e stretto di pietra grigia, collocata sul lato sinistro del portale.	Frammento di roccia, simile ad arenaria, con striature rosso - marrone
CFS2	Controfacciata della navata laterale meridionale. Prelievo a circa 60 cm dal piano di calpestio, su un concio rettangolare di pietra grigio scuro, con fratture concoidi, collocato sul lato destro del portale.	Frammento di roccia di colore grigio simile ad arenaria
CFC3	Controfacciata della navata centrale. Prelievo a circa 60 cm dal piano di calpestio, su un concio rettangolare di pietra grigia scuro, con fratture concoidi collocato sul lato sinistro del portale.	Frammento di roccia di colore grigio simile ad arenaria.
CFC4	Controfacciata della navata centrale. Prelievo a circa 50 cm dal piano di calpestio, su un concio sub rettangolare di pietra grigia, con fratture concoidi, collocato sul lato sinistro del portale.	Frammento di roca grigia, con striature marroni. Tracce di intonaco bianco. Probabile arenaria
CFC5	Controfacciata della navata centrale. Prelievo a circa 50 cm dal piano di calpestio, su un concio rettangolare di pietra grigio chiaro, collocato sul lato destro del portale.	Frammento grigio chiaro. Tracce di intonaco bianco. Colorazione rossa- marrone. Probabile arenaria.
CFC6	Controfacciata della navata centrale. Prelievo di pigmento rosso- marrone a circa 30-40 cm dal piano di calpestio, su un concio rettangolare di pietra grigia, collocato sul lato destro del portale.	Piccoli frammenti di color marrone

Cb7	Navata laterale settentrionale, prelievo dalla base della colonna celata nel quarto pilastro partendo dal portale principale	Frammento di roccia grigia probabile arenaria
Cf8	Navata laterale settentrionale, prelievo dal fusto polilobato della colonna celata nel quinto pilastro partendo dal portale principale, a circa 1,80 cm dal piano di calpestio	Due frammenti di colore grigio. Probabile arenaria
Cb9	Navata laterale settentrionale, prelievo dalla base della colonna celata nel sesto pilastro partendo dal portale principale.	Frammento di roccia grigia con colorazioni rosse. Probabile arenaria.
Cb10	Navata laterale meridionale, prelievo dalla base della colonna celata nel sesto pilastro partendo dal portale principale.	Frammento di roccia di color grigio. Probabilmente identificabile con arenaria
Ca11	Prelievo effettuato sull'abaco del capitello celato nel sempilastro alla destra del portale centrale	Frammento di roccia di colore grigio giallo. Probabile arenaria
Ca12	Navata laterale meridionale, prelievo dall'abaco del capitello celato nel settimo pilastro partendo dal portale principale. Il campione è stato rimosso in corrispondenza di una frattura della pietra	Frammento di rosso ammonitico di colore rosso-rosato.
Ca13	Navata laterale meridionale, prelievo dall'abaco del capitello celato nel settimo pilastro partendo dal portale principale. Il campione è stato rimosso in corrispondenza dell'innesto nella pietra, di un pezzo di ferro	Frammento di colore bianco-giallo con grana più grossa dei frammenti precedenti
Ca14	Navata laterale meridionale, prelievo dall'abaco del capitello nel sesto pilastro partendo dal portale principale.	Frammento di colore grigio-bianco. Probabilmente arenaria
Ce15	Navata laterale meridionale, prelievo dall'abaco dell'echino del capitello celato nel settimo pilastro partendo dal portale principale.	Frammento di colore grigio scuro. Simile a sabbia. Probabile arenaria

Legenda:

CFS = Controfacciata meridionale;

Cb = Basamento colonna;

CFC = Controfacciata centrale;

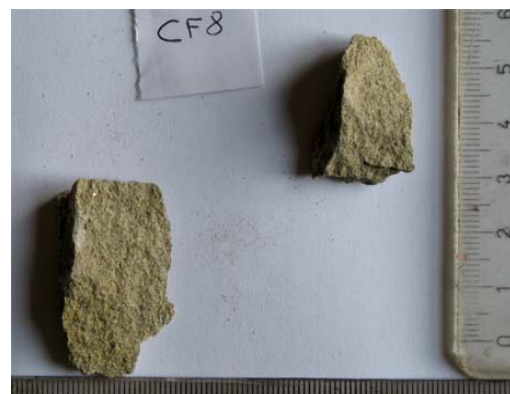
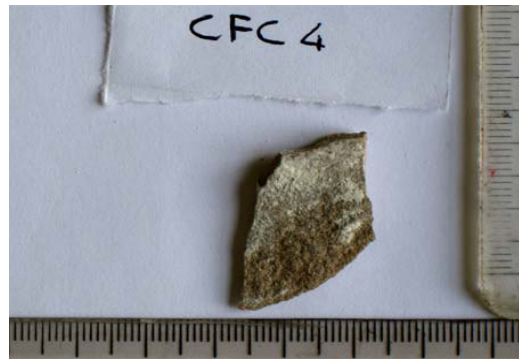
Ce = Echino capitello;

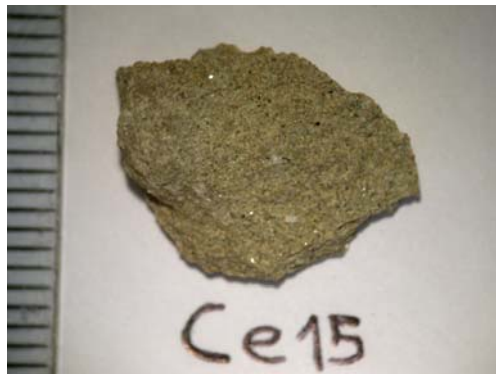
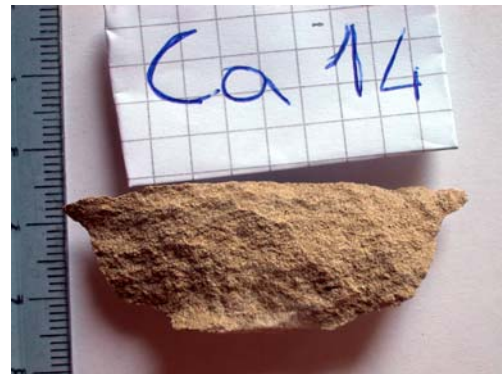
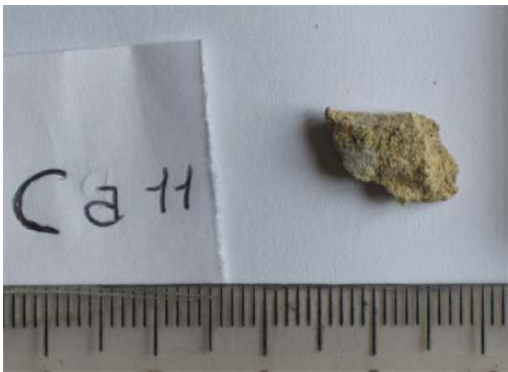
Ca = Abaco capitello;

Cf= Fusto colonna;

Di seguito vengono riportate le immagini dei campioni prelevati e in Appendice a pagina il rilievo della Controfacciata e la planimetria del Duomo<sup>1</sup> con le indicazioni dei punti campionati.

<sup>1</sup> per gentile concessione dello Studio Severi







## 5 Capitolo

### Metodologie di lavoro

I metodi utilizzati nelle indagini sono finalizzati al riconoscimento, alla caratterizzazione e ad una stima quantitativa delle fasi presenti.

Sui campioni prelevati sono state condotte delle analisi petrografiche, mineralogiche, chimiche (di massa e puntuali) per ricavare informazioni sugli elementi di interesse. Insieme ai principi generali su cui si basano le diverse metodologie sono riportate le condizioni sperimentali di analisi, al fine di garantire la riproducibilità dei dati ottenuti.

#### **5.1 Microscopia Ottica**

##### ***Microscopia ottica a luce riflessa***

È stata eseguita l'osservazione di un campione allo stereoscopio in luce bianca ordinaria. Si è proceduto a preparare una sezione lucida per l'analisi di microscopia ottica. Una frazione del campione viene posta sul vetrino precedentemente smerigliato con il carburo di silicio a grana 1000, e inglobata con resina epossidica (Araldite). Il provino viene lasciato rapprendere e polimerizzare a caldo (tra 90-100°C) per alcuni minuti. Si procede, quindi al taglio e all'assottigliamento con mola diamantata per ottenere uno spessore di 50-60  $\mu\text{m}$ . In seguito la sezione viene lucidata con abrasivo diamantato di granulometria 6  $\mu\text{m}$  e 1  $\mu\text{m}$ , e pulita attraverso un lavaggio ad ultrasuoni in acetone.

##### ***Microscopia ottica a luce polarizzata***

La microscopia ottica presa in considerazione è quella a luce polarizzata.

Lo scopo di tale metodo è il riconoscimento e la descrizione delle caratteristiche strutturali e tessiturali dei materiali.

Il preparato del campione da studiare è costituito da una sezione sottile con spessore di circa 30  $\mu\text{m}$ , parzialmente trasparente alla luce, ottenuta mediante taglio, abrasione e lucidatura dei campioni, preventivamente inglobati in resina epossidica e fatti aderire ad un vetrino.

L'osservazione viene effettuata attraverso l'uso di luce bianca trasmessa e può essere condotta con il solo polarizzatore o con i polarizzatori incrociati.

Oltre al riconoscimento dei singoli componenti del campione, si descrive la tessitura del materiale, specificando l'omogeneità o disomogeneità delle dimensioni dei costituenti, la presenza e la forma dei pori, l'esistenza di laminazioni o fratture, l'orientamento dei grani con forme particolari, affiancando una stima semiquantitativa delle frazioni presenti.

## 5.2 Diffrazione delle polveri XRD

L'analisi per diffrazione dei raggi X, denominata comunemente XRPD (X-Ray Diffractometry) permette l'identificazione di sostanze cristalline, sia minerali che composti di altro genere, mediante il riconoscimento della struttura del reticolo cristallino.

Per garantire le condizioni di diffrazione le lunghezze d'onda ( $\lambda$ ) devono essere dell'ordine di grandezza delle distanze interplanari ( $d$ ) dei cristalli (dell'ordine dell'Armstrong, ( $1 \text{ \AA} = 10^{-8} \text{ cm}$ ), motivo per cui sono generalmente impiegate radiazioni con lunghezza d'onda compresa tra  $0.1$  e  $10 \text{ \AA}$ .

Il fenomeno della diffrazione può essere interpretato come "riflessione" discontinua dei piani cristallografici  $d_{hkl}$  secondo la legge di Bragg ( $2d_{hkl} \sin \theta = \lambda$ ) che esprime la condizione necessaria affinché in una certa direzione si abbia interferenza costruttiva della radiazione.

La procedura di analisi descritta è nota come metodo delle polveri. Una radiazione X monocromatica colpisce un campione precedentemente ridotto in polvere di opportuna granulometria, al fine di ottenere dei cristalli orientati statisticamente.

In base alla quantità di campione disponibile, la polvere viene caricata su un portacampioni di alluminio o, per i campioni in bassa quantità, sullo "zero background".

L'analisi viene compiuta misurando le  $d_{hkl}$  e l'intensità della radiazione diffratta per i valori discreti di  $\theta$ . Le distanze interplanari sono caratteristiche per ogni cella elementare così come le intensità degli specifici riflessi quindi, tali parametri, sono indicativi delle fasi mineralogiche presenti all'interno dei campioni.



Con questa tecnica risulta difficile riconoscere fasi mineralogiche presenti in traccia all'interno di miscele polifasiche.

I campioni sono stati analizzati con il diffrattometro Philips X'Pert Pro con geometria  $\theta$ - $\theta$ , (Figura 20) che prevede moto di sorgente e detector con velocità angolari  $\theta$  coincidenti, installato presso il Dipartimento di Mineralogia dell'Università di Padova.

La radiazione usata è la  $K\alpha$  del rame ( $1.54 \text{ \AA}$ ). Le condizioni di analisi sono di seguito riportate:

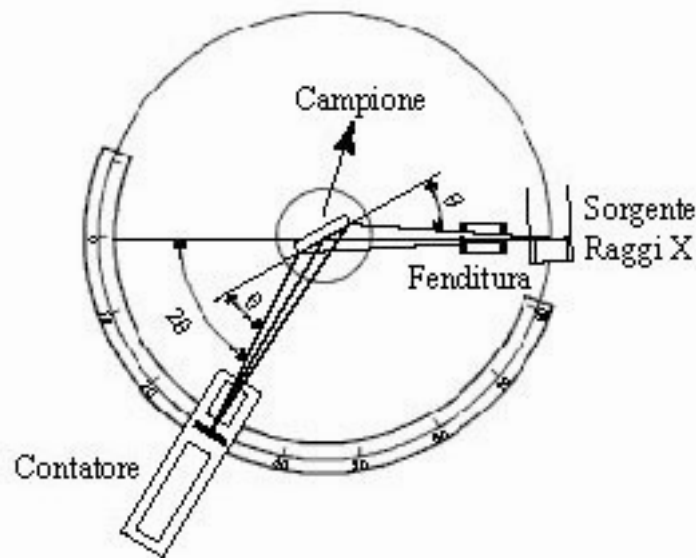


Figura 20, schema di un diffrattometro con geometria  $\theta$ - $\theta$ .

- Scan Axis	Gonio	- Anode Material	Cu
- Start Position [ $^{\circ}2\theta$ .]	2.0100	- Generator Settings	40 kV, 40mA
- End Position [ $^{\circ}2\theta$ .]	69.9900	- Goniometer Radius [mm]	240.00
- Step Size [ $^{\circ}2\theta$ .]	0.0200	- Dist. Focus-Diverg. Slit [mm]	91.00
- Scan Step Time [s]	1.0000	- Incident Beam Monochromator	No
- Scan Type	Continuos	- Spinning No	
- Offset [ $^{\circ}2\theta$ .]	0.0000	Search Peaks:	
- Divergence Slit Type	Fixed	- Minimum significance =	"2.00"
- Divergence Slit Size [ $^{\circ}$ ]	0.4785	- Minimum tip width =	"0.01"
- Specimen Length [mm]	10.00	- Maximum tip width =	"1.00"
- Receiving Slit Size [mm]	0.2000	- Peak base width =	"2.00"
- Measurement Temperature [ $^{\circ}C$ ]	25.00	- Method =	"Minimum 2 <sup>nd</sup> derivative"

I diffrattogrammi ottenuti sono stati studiati singolarmente e confrontati tra loro per verificare le variazioni di alcune fasi mineralogiche tra campioni di cava e quelli prelevati in duomo.

### **5.3 Il microscopio elettronico a scansione (SEM)**

Il microscopio elettronico a scansione (SEM) è uno strumento elettro-ottico che permette l'analisi dei vari segnali prodotti dall'interazione di un fascio di elettroni con il campione in esame. L'elaborazione di questi segnali consente di ottenere un'ampia gamma di informazioni, non solo morfologiche, ma anche compositive e tessiturali relative agli elementi costituenti il campione.

Attraverso analisi puntuali ed areali, sia qualitative che quantitative si ottengono informazioni sulla composizione chimica e sulla struttura cristallina dell'oggetto in analisi.

L'apparato sperimentale del SEM è composto dai seguenti elementi:

- 1) una colonna elettronica, generante il fascio di elettroni;
- 2) una camera a vuoto, dove il fascio elettronico e il campione interagiscono;
- 3) vari tipi di rilevatori, per l'acquisizione dei segnali generati dall'interazione fascio-campione e la catena elettronica di trasferimento di tali segnali agli elaboratori;
- 4) uno schermo, in cui si ricostruisce l'immagine del segnale.

Gli elettroni vengono prodotti da una sorgente costituita da un filamento di W percorso da una corrente dell'ordine di qualche decina di milli Ampere, e accelerati da una differenza di potenziale variabile da 200 eV a 30 keV. Il fascio prodotto viene quindi focalizzato da una serie di lenti elettromagnetiche.

Il fascio di elettroni consente una scansione della superficie dell'oggetto analizzato. Attraverso una serie di bobine si creano dei campi magnetici che producono una deflessione del fascio inducendo un movimento alternato lungo linee parallele (scansione). Il fascio infine, focalizzato da un obiettivo, emerge dalla colonna e interagisce con il campione. Gli elettroni primari del fascio incidente interagiscono con i nuclei e le nuvole elettroniche degli atomi di cui è costituito il campione, secondo meccanismi di diffusione elastica e anelastica. Queste interazioni danno luogo a vari effetti di emissione:

- elettroni secondari (Secondary Electrons, SE), sono gli elettroni in origine legati ai livelli atomici più esterni, che ricevono dal fascio incidente un'energia addizionale sufficiente ad allontanarli. Hanno un'energia compresa tra 0 e 50 eV e avendo bassissima energia, sono emessi dagli spessori più superficiali del campione (~10nm). La proprietà principale di questo tipo di segnale è quella di essere fortemente controllato dalla morfologia del campione, pertanto la risultante sarà nell'immagine (solitamente in bianco e nero) dell'area interessata dalla scansione in cui il contrasto di tonalità di grigio metterà in risalto l'aspetto tridimensionale dell'oggetto in esame. Questi elettroni non sono stati utilizzati nella nostra analisi, perché il processo di lucidatura subito dalla sezione impedisce di avere una visione tridimensionale della superficie dell'oggetto.
- elettroni retrodiffusi (Backscattered Electrons, BSE). rappresenta quella porzione di elettroni del fascio che viene riflessa con energia che va da 50eV fino a quella di incidenza; i BSE sono prodotti anche da porzioni profonde del campione (fino a 1µm). La loro energia dipende direttamente dalla composizione chimica (specificatamente dal peso atomico medio) del campione, per cui l'immagine risultante sarà una visione in bianco e nero dell'area interessata dalla scansione in cui il contrasto delle tonalità di grigio metterà in risalto le diverse composizioni chimiche relative alle varie parti del campione. In particolare, risultano più chiare le parti composte da un materiale a peso atomico medio elevato (maggiore è il numero atomico medio, più elettroni retrodiffusi sono emessi) e più scure saranno le parti a peso atomico medio inferiore. Le immagini di elettroni retrodiffusi, consentono di ottenere il cosiddetto contrasto di fase, cioè la distribuzione spaziale delle varie fasi presenti nel campione.
- radiazione X. La radiazione X caratteristica permette di ottenere analisi chimiche elementari (qualitative e quantitative). Tale analisi si basa sulla misura delle energie delle emissioni caratteristiche e delle rispettive intensità, utilizzando nel caso specifico (SEM) un rivelatore a dispersione di energia EDS. L'intensità di queste radiazioni è proporzionale alla concentrazione dell'elemento nel campione. L'analisi che viene prodotta può essere sia areale, sia puntuale (microanalisi) ottenuta mantenendo il fascio elettronico stazionario

su un punto di interesse della superficie del campione. La microanalisi dà informazioni specifiche circa la composizione elementare del campione e delle relative concentrazioni. Con la radiazione X è possibile anche ottenere mappe della distribuzione di un singolo elemento, scanning picture <sup>[51]</sup>.

*Ingrandimento.* Il microscopio a scansione permette ingrandimenti da 10 a 200000 volte. L'ingrandimento è dato dal rapporto tra le dimensioni dell'immagine finale prodotta ed il campo esplorato dal fascio elettronico a scansione.

*Potere di risoluzione.* La risoluzione del microscopio a scansione, cioè la minima distanza tra due particolari di un'immagine osservabili in modo distinto, è prossima al  $\mu\text{m}$  (in BSE).

Lo strumento impiegato nella tesi è il SEM Camscan MX2500, installato presso il Dipartimento di Mineralogia dell'Università di Padova e operante alle seguenti condizioni: corrente: 20kV; emissione del filamento:  $\sim 160\mu\text{A}$ ; Distanza di lavoro: 35mm.

La sezione analizzata al SEM era stata primariamente lucidata per essere osservata al microscopio ottico. Successivamente per effettuare l'analisi precedentemente descritta, la sezione è stata metallizzata con un sottile film di grafite sublimata, per renderne conduttiva la superficie.

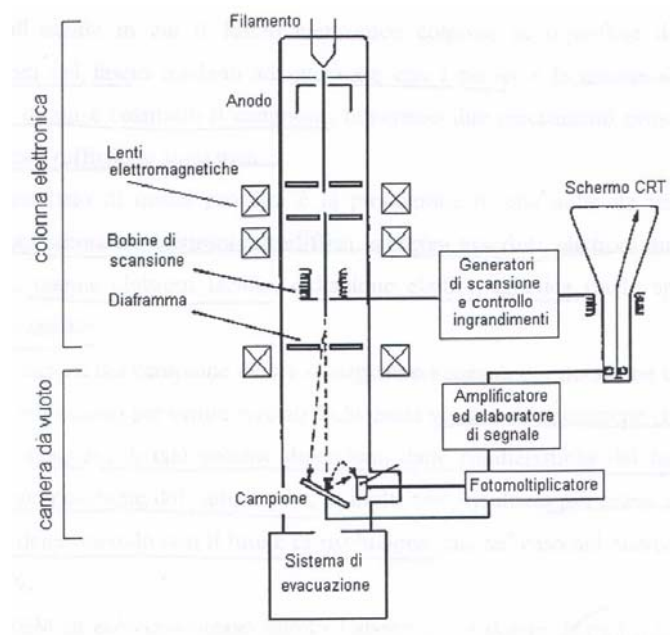


Figura 21, Schema di funzionamento di un microscopio a scansione elettronica SEM.

#### 5.4 La spettrometria XRF

La spettrometria a raggi X di fluorescenza, denominata comunemente XRF (X-Ray Fluorescence) permette l'analisi chimica sul campione totale. Lo spettrometro utilizzato, uno strumento finalizzato alla dispersione dei raggi X e alla misura della loro intensità, è uno spettrometro di Bragg (spettrometro WDS) (Figura 22); con esso è possibile effettuare analisi chimiche qualitative e quantitative molto precise e accurate. Lo spettrometro di Bragg si basa sulla geometria  $\theta - 2\theta$  utilizzando un goniometro con un cristallo monocromatore e un rivelatore che si muove nel cerchio di Rowland, il secondo con velocità doppia del primo. I componenti fondamentali di uno spettrometro XRF consistono in un tubo a raggi X che irradia con alta energia il campione, un sistema di collimazione primario, un cristallo analizzatore, un sistema di collimazione secondario e un rivelatore. Il cristallo analizzatore disperde la radiazione X di fluorescenza in uscita dal campione che andrà analizzata secondo l'equazione di Bragg. Ne risulta il principio di base della spettrometria WDS: la distanza interplanare del cristallo analizzatore è nota e viene utilizzata per risalire alla lunghezza d'onda caratteristica di ciascun elemento presente nel campione. Più specificatamente si possono eseguire due tipologie di analisi:

- Analisi qualitativa: si basa sulla misura delle lunghezze d'onda (o delle energie) delle radiazioni caratteristiche delle relative specie atomiche. Per una

determinazione sicura è opportuno avere per ogni elemento più di una riga caratteristica.

- Analisi quantitativa: si basa sul principio di proporzionalità tra l'intensità di una emissione caratteristica  $I_u$  del campione e la concentrazione dell'elemento emettente  $C_u$ . Utilizzando uno standard che emette alle stesse condizioni sperimentali una intensità  $I_s$  per una concentrazione  $C_s$ , si ha che  $I_u/I_s \sim C_u/C_s$ .

La non uguaglianza tra i due rapporti dipende dall'effetto matrice o di assorbimento e dall'effetto di fluorescenza multipla.

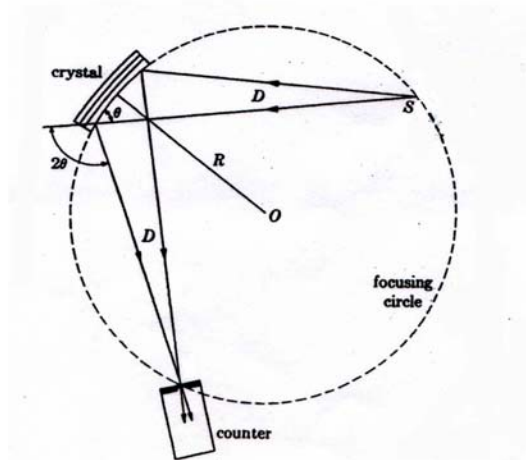


Figura 22, Schema di uno spettrometro di Bragg (WDS).

La procedura sperimentale seguita si articola nelle seguenti fasi:

- A) Determinazione della perdita al fuoco.

Il campione da analizzare, precedentemente macinato, viene sottoposto a calcinazione per determinare la perdita al fuoco (L.O.I., Loss On Ignition), cioè la riduzione di peso dovuta alla perdita di  $H_2O$  e  $CO_2$ . A tale scopo, una quantità nota di campione viene posta in una muffola a  $860^\circ C$  per circa 20 minuti, e successivamente a  $980^\circ C$  per circa 2 ore.

- B) Preparazione del campione: perla.

La perla è un disco vetrificato altamente omogeneo che si prepara utilizzando il campione calcinato. In un crogiolo di platino si pesano 0.65 g di campione e 6.5 g di fondente (tetraborato di litio,  $Li_2B_4O_7$ ), si pone il crogiolo nella perlatrice Claisse Fluxy (strumento per la fusione dei campioni che raggiunge una temperatura massima di circa

1150°C). In 10 minuti si ottiene così la perla, pronta per essere analizzata in fluorescenza.

#### C) Determinazione del contenuto di FeO.

Poiché l'analisi spettrometrica non è in grado di riconoscere lo stato di ossidazione degli elementi, la ripartizione del Fe presente in un campione in Fe<sup>3+</sup> e Fe<sup>2+</sup> si effettua esprimendo tutto il Fe rilevato in fluorescenza come Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, procedendo poi alla determinazione del contenuto di FeO con il metodo di Pratt e Washington (titolazione con permanganato di potassio), e successivo partizionamento Fe<sup>2+</sup> / Fe<sup>3+</sup>. Tale analisi è stata condotta solo per 5 campioni, i più abbondanti. Il metodo di Pratt e Washington prevede la dissoluzione di una quantità nota di polvere di campione tal quale (posta in un crogiolo di Pt) con 15 ml di una miscela acida composta da una parte di H<sub>2</sub>O deionizzata, una parte di acido solforico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 95%, scioglie il resto del campione), e si pone il crogiolo su una piastra di grafite preriscaldata a 180°C per circa 8 minuti. Si mette poi il crogiolo in un beker di polietilene contenente 300 ml di H<sub>2</sub>O deionizzata, 5 ml di H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (catalizza la reazione che avviene durante la titolazione) e 0.6 g di acido borico (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, rende limpida la soluzione e tampona l'eccesso di H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), si agita il tutto con una bacchetta e si procede quindi alla titolazione con una soluzione di permanganato di potassio (KMnO<sub>4</sub>) N/10. Durante la titolazione avviene la seguente reazione:  $2KMnO_4 + 10FeSO_4 + 8H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O + 5Fe_2(SO_4)_3$ . I millilitri di permanganato utilizzato serviranno poi per calcolare la percentuale di FeO presente nel campione con la seguente formula: % FeO = (ml di KMnO<sub>4</sub> N/10 x 0.007185 x 100)/peso campione dove 0.007185 sono i grammi equivalenti di FeO corrispondenti a 1 ml di KMnO<sub>4</sub> N/10.

#### D) Analisi dei campioni in XRF.

Le perle vengono infine analizzate con lo spettrometro XRF-WDS. Gli elementi determinati sono Si, Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, K e P (elementi maggiori, espressi in percentuale dell'ossido relativo), e Sc, V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Ba, La, Ce, Nd, Pb, Th e U (elementi in traccia, espressi in ppm, parti per milione). I tempi di analisi per ogni campione sono di circa 1 ora e 20 minuti per ogni perla. La precisione strumentale (definita da ripetute analisi su uno stesso campione) è entro lo 0.6% relativo per gli elementi maggiori e entro il 3% relativo per gli elementi in traccia. Lo strumento impiegato in questo lavoro è uno spettrometro sequenziale WDS Philips

PW2400 (installato presso il Dipartimento di Mineralogia dell'Università di Padova), operante con il software SuperQ per le analisi quantitative e qualitative. Tale spettrometro (operante in condizioni di vuoto) è equipaggiato con:

- tubo al Rodio (3kW di potenza massima);
- 5 cristalli analizzatori (LiF220, LiF200, Ge, PE, TIAP);
- 2 contatori (contatore proporzionale a flusso di gas e scintillatore);
- 3 collimatori (150 $\mu$ , 300 $\mu$  e 700 $\mu$ );
- 4 filtri (Al 200, Brass 100, Pb 1000 e Brass 300)<sup>[52]</sup>.

### **5.5 Determinazione del residuo insolubile.**

Tutti campioni analizzati mediante XRPD e XRF, sono stati utilizzati per dare una stima approssimativa del residuo insolubile presente all'interno del campione.

Miscelando 1g di campione finemente polverizzato in una soluzione di 30 ml di HCl all'8%, si ottiene la dissoluzione di tutte le parti carbonatiche presenti nella sostanza.

La miscela ottenuta viene filtrata e il filtro, una volta essiccato, bruciato in un crogiolo di Platino e calcinato in un forno a muffola per circa 90 minuti a 700°C.

Successivamente, il residuo viene pesato ottenendo una stima della concentrazione di sostanza insolubile in acido (frazione silicoclastica) presente nel campione.



## Capitolo 6

### Risultati:

#### Campioni dal Duomo.

In questo capitolo vengono presentati i risultati delle analisi effettuate sui campioni prelevati dal Duomo di Reggio Emilia.

L'esposizione dei risultati segue l'ordine di campionamento, a sua volta corrispondente alla numerazione dei prelievi.

Tutti i campioni sono stati sottoposti ad un'indagine petrografica di dettaglio, basata su una esame delle caratteristiche tessiturali, strutturali e composizionali, con il fine di identificare i litotipi impiegati.

La classificazione adottata per le rocce a dominante componente organogena intrabacinale è quella proposta da Dunham (1962) con le modifiche apportate da Embry & Klovan (1972).

Per quanto riguarda invece la nomenclatura delle rocce caratterizzate da dominante componente silicoclastica extrabacinale, poiché risulta problematica la loro perfetta identificazione all'interno delle classificazioni a loro riservate, è stato impiegato un termine utilizzato un termine comune nel gergo petrografico, ma capace di racchiudere sinteticamente informazioni compositive.

Nei casi di equivalenza tra le due componenti sono state riportate entrambe le classificazioni, con i termini specifici opportunamente aggettivati in funzione delle due componenti.

Le affinità riscontrate al microscopio ottico sui campioni hanno premesso una loro suddivisione in gruppi, all'interno dei quali sono stati scelti, anche in base al quantitativo a disposizione, i provini maggiormente rappresentativi da indirizzare ad ulteriori analisi specifiche.

Questi frammenti sono stati sottoposti ad analisi diffrattometriche per individuare le fasi mineralogiche presenti e spettrometriche, al fine di risalire alla composizione chimica totale, e realizzare quindi un confronto con rocce dell'Appennino simili per composizione.

Queste comparazioni, oltre a indicare le tipologie litiche comunemente impiegate nel corso del medioevo, hanno permesso di identificare le zone di approvvigionamento della materia prima.

## Quadro Riassuntivo

Nome campione	Descrizione Microscopica	Analisi XRD	Residuo Insolubile	Analisi XRF	SEM
CFS1	X	X			
CFS2	X	X	X	X	
CFC3	X	X	X	X	
CFC4	X				
CFC5	X	X	X		
CFC6	X			X	X
Cb7	X	X			
Cf8	X	X	X	X	
Cb9	X	X			
Cb10	X	X	X		
Ca11	X				
Ca12	X	X	X		
Ca13	X	X			
Ca14	X	X	X	X	
Ce15	X				

### Campione CFS1

#### Descrizione Microscopica.

Macroscopicamente la roccia è una calcarenite a grana molto fine.

Del reperto CFS1 è stata eseguita una sezione sottile trasversale (Figura 23), per consentire una precisa analisi petrografica del litotipo mediante osservazione al microscopio ottico a luce trasmessa (OM).

La roccia risulta costituita da una dominante frazione organogena intrabacinale e da una scarsa frazione extrabacinale silicoclastica.

In sezione sottile la roccia appare con granulometria eterogenea e mal classata.

La struttura del campione è marcatamente anisotropa anche se alcuni bioclasti (le Spicole di Spugna), presentano delle orientazioni preferenziali di tipo piano – parallela, determinando delle laminazioni.

La tessitura è elastica. Il supporto è granulare. I granuli risultano sia flottanti sia a contatto, con contatti puntiformi, lunghi, raramente concavo -convessi e suturati.

La porosità è abbondante e distribuita su tutta la sezione in modo non omogeneo. I pori, prevalentemente intergranulari, hanno forma e dimensioni variabili; assumono forme allungate in corrispondenza delle laminazioni.

I bioclasti sono costituiti per la quasi totalità da frammenti di Spicole di Spugna equidimensionali. Le forme dominanti sono quelle allungate con contorni solitamente sub - arrotondati, con spigoli smussati. I granuli sono generalmente poco visibili perché corrosi da dissoluzione e/o risedimentazione, ma talvolta marcati da ossidi (goethite, limonite).

La frazione silicoclastica ha dimensioni minute ed è regolarmente distribuita in tutta la sezione con granuli dai contorni generalmente sub – angolosi o sub - arrotondati.

Il materiale interstiziale è abbondante e costituito prevalentemente da micrite; il cemento è scarso.

La roccia si presenta in cattivo stato di conservazione per la presenza di una diffusa alterazione che coinvolge tutti i componenti.

Minerali opachi quali goethite, pirite e altri ossidi si distribuiscono nella sezione; sono presenti in plaghe, occupano pori intra - granulari, impregnano i bioclasti, rendendoli, in alcuni casi, di difficile identificazione.

### **Tipi di granuli.**

Si tratta per la maggior parte di bioclasti (30 - 40%); la frazione silicoclastica è stimabile intorno al 15 - 20%.

### **Bioclasti (30 - 40%)**

**Spugne.** Sono presenti abbondanti Spicole di Spugna, traccianti fondamentali per la determinazione del Flysch ad Elmitoidi. Si distribuiscono in modo eterogeneo nella sezione concentrandosi lungo le linee di laminazione. Hanno una disposizione disordinata, con forme allungate, alcune delle quali presentano un canale centrale marcato da ossidi. Generalmente presentano bordi non ben identificabili, perché corrosi da dissoluzione e/o risedimentazione. Saltuariamente le spicole risultano occultate, perché sostituite da ossidi quali goethite o limonite, o miscelate alla matrice di fondo.

**Calpionelle.** Si presentano con tipica sezione a U, con pareti sottili, collare sviluppato sull'apertura verso l'esterno, senza appendice caudale. La cavità centrale è beante o occupata da micrite.

**Foraminiferi** Si tratta quasi esclusivamente di Foraminiferi planctonici a guscio ialino (Globigerinoidi). Si riconoscono sporadici frammenti di Macro - Foraminiferi bentonici a guscio ialino come Rotalidi, Anfistegine e a guscio agglutinante (Textularidi).

**Molluschi.** Sono presenti tracce di Lamellibranchi pelagici di sezione rettangolare e/o arcuata, con margini sub - arrotondati; i gusci generalmente spatici sono localmente micritizzati. Alcuni bioclasti di molluschi presentano margini mineralizzati a limonite o goethite.

**Intraclasti.** Si individuano alcuni esempi di intraclasti, con contorni spigolosi.

### **Frazione silicoclastica extrabacinale (15 - 20%).**

**Quarzo.** Si presenta incolore, trasparente, con rilievo medio - basso a nicols paralleli, generalmente monocristallino. A nicols incrociati presenta massimi colori di interferenza bianchi. Il quarzo monocristallino è caratterizzato da estinzione per lo più retta. Rari sono i casi di estinzione ondulata legata alla deformazione del minerale.

**Vetro vulcanico.** Si presenta con forme irregolari o subsferiche, colorazione dal giallino al giallo - aranciato a nicols paralleli e sostanzialmente isotropo a nicols incrociati (talora l'estinzione risulta anomala e non perfettamente uniforme). Lo stesso materiale costituisce localmente il riempimento delle camere dei Foraminiferi.

**Muscovite.** In piccoli cristalli incolori, perfettamente trasparenti, con morfologie rettangolari. Le sezioni presentano sfaldatura ottima. Il rilievo è medio. I massimi colori di interferenza sono del 3° ordine.

**Feldspati.** Qualche traccia di frammenti di feldspati sono presenti nella sezione e riconoscibili per il caratteristico abito tabulare che appare nel campione con cristalli dalle morfologie rettangolari o sub - rettangolari.

#### **Altri componenti in quantità accessorie.**

**Goethite.** Diffusa in sezione, sia in forma granulare che disseminata lungo cavità intragranulari e intergranulari. E' di colore bruno più o meno intenso con sfumature arancio gialle, localmente sembra alterata in limonite, che conferisce al tessuto roccioso un colore ruggine.

**Pirite.** Pirite autigena framboidale si osserva all'interno dei bioclasti (Globigerinoidi).

**Glaucosite.** È abbondante. Si osservano granuli distinti di colore verde - giallo da pallido a intenso a nicols paralleli, microcristallini con aspetto "pepe-sale" a nicols incrociati.

**Rutilo.** In sezione appare di colore marrone – rossastro – aranciato scuro. Data la sua colorazione intensa il minerale mantiene lo stesso colore sia a nicols paralleli che incrociati.

#### **Materiale interstiziale**

**Matrice.** È abbondante e si presenta come micrite, ovvero calcite microcristallina di colorazione bruna a grana fine.

**Cemento.** Si tratta prevalentemente di cemento intragranulare carbonatico, presente all'interno delle camere dei Foraminiferi.

**Effetti diagenetici.** Oltre alla cementazione si nota la presenza di una significativa dolomitizzazione sia intra - che inter - granulare, che si manifesta sia in una dolosparite minuta continua molto limpida, sia in disseminati euedri romboedrali.

La roccia nel complesso mostra di aver subito processi diagenetici in momenti diversi:

- 1) cementazione calcitica non troppo precoce e non abbondante, testimoniata dai contatti compenetrati e suturati tra i granuli, che suggeriscono una compattazione non ostacolata da cementazione (diagenesi isochimica);

- 2) possibile dissoluzione secondaria e riprecipitazione di un cemento dolomitico relativamente minuto e di euedri più grossolani casualmente distribuiti nel tessuto della roccia (diagenesi allochimica);
- 3) dissoluzione e alterazione diagenetica tardiva e/o epigenetica (goethitizzazione e limonitizzazione) e alterazione recente.

### **Classificazione**

La roccia può essere classificata come un Packstone a Spicole di Spugna.

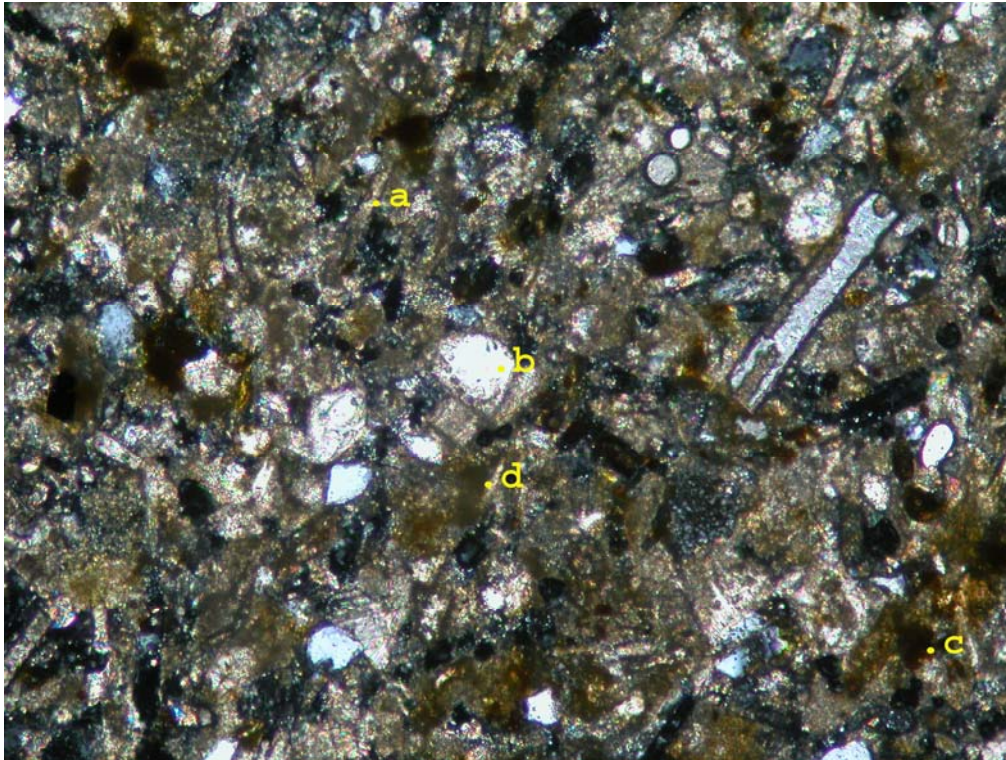
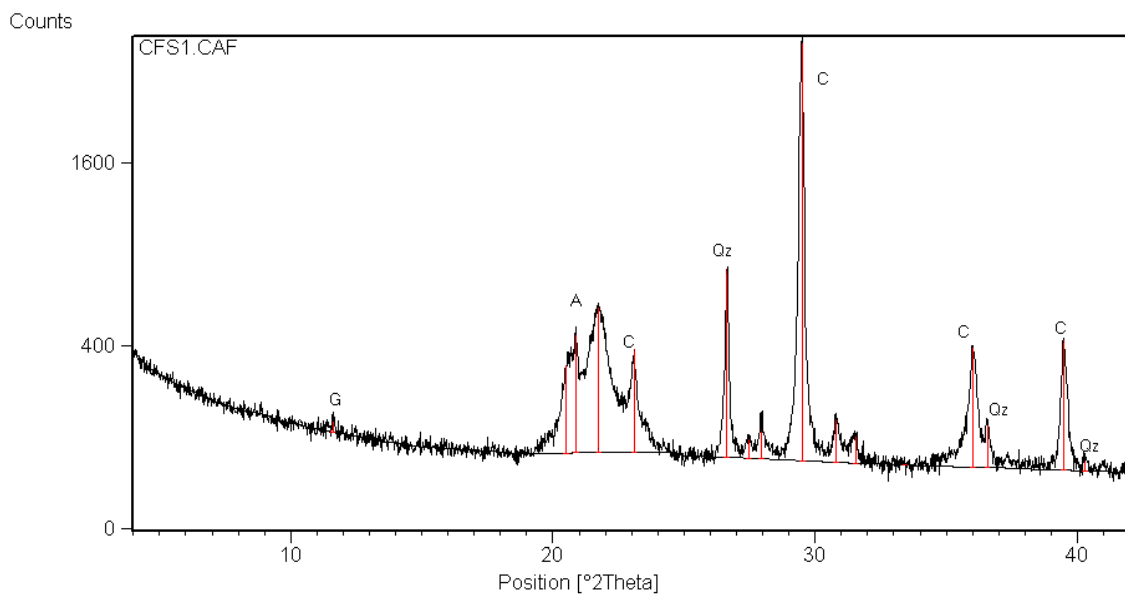


Figura 23; Campione CFS1, visione della sezione al Microscopio a luce trasmessa, Nicols // 5x.  
Sono evidenti Spicole di Spugna (a), Quarzo (b), Goethite (c) e Micrite (d).

### Diffraattometria delle Polveri.

L'analisi XRD del campione totale ha dato il seguente spettro di diffrazione.



L'interpretazione dei picchi nel diffrattogramma ha permesso l'identificazione delle fasi mineralogiche e una loro stima semiquantitativa.

Stando ai risultati le fasi più abbondanti sono: Calcite  $\text{CaCO}_3$  (C), dovuta alla presenza dei bioclasti, della matrice e del cemento carbonatico e Quarzo  $\text{SiO}_2$  (Qz).

Si riconosce anche un picco indicato con la lettera (A) che potrebbe essere costituito da Opale CT - Cristobalite, sostanze che si differenziano per il grado di cristallinità.

Sono presenti in tracce: Fillosilicati, Feldspati, Protodolomite e Gesso  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (G).

Il campione, in seguito all'affinità con altri prelievi dei conci in controfacciata, e per la quantità ridotta di materiale rimasto a disposizione dopo la preparazione della sezione sottile, non è stato sottoposto ad ulteriori analisi.

## Campione CFS2

### **Descrizione Microscopica.**

La roccia all'analisi macroscopica è una calcarenite a grana fine.

Del reperto CFS2 è stata eseguita una sezione sottile trasversale, per consentire una precisa analisi petrografica del litotipo mediante osservazione al microscopio ottico a luce trasmessa (OM).

La roccia risulta costituita da una frazione organogena intrabacinale dominante cui si aggiunge una scarsa frazione extrabacinale silicoclastica di dimensioni minute.

In sezione sottile appare con granulometria tendenzialmente eterogenea.

La struttura del campione è nettamente anisotropa per la presenza di locali orientazioni preferenziali dei bioclasti allungati, oltre alla presenza di giunti di discontinuità sia beanti sia con riempimento da parte di cemento carbonatico. Questi ultimi hanno andamento sinuoso e per la maggior parte disposizione sub- parallela. Non mancano tuttavia esempi di giunti ad andamento casuale.

La tessitura è elastica. Il supporto è granulare. I granuli risultano sia flottanti sia a contatto, con contatti puntiformi, lunghi, raramente concavo- convessi e suturati.

La porosità non è molto elevata e concentrata in una zona marginale della sezione. I pori, prevalentemente intergranulari, hanno forma e dimensioni variabili.

I bioclasti sono abbondanti e prevalentemente costituiti da Spicole di Spugna, con dimensioni abbastanza uniformi, localmente orientate secondo delle linee di laminazione preferenziali.



I contorni dei bioclasti sono generalmente sub - arrotondati, con spigoli smussati, spesso non ben identificabili perché corrosi da dissoluzione e/o risedimentazione; i margini sono talvolta marcati da ossidi (goethite, limonite).

La frazione silicoclastica è piuttosto scarsa (10 -15%), ha grana minuta, ed è regolarmente distribuita in tutta la sezione. I granuli hanno forme e dimensioni omogenee, generalmente con contorni da sub - arrotondati a rotondeggianti.

Il materiale interstiziale è abbondante e composto da micrite; il cemento è scarso e presente solo all'interno delle cavità camerale dei bioclasti.

La roccia si presenta in cattivo stato di conservazione per la presenza di pori e fratture irregolarmente distribuite, oltre ai classica presenta di ossidi e idrossidi.

### **Tipi di granuli.**

Si tratta per la maggior parte di bioclasti (50 - 60%); la frazione silicoclastica è scarsa e stimabile intorno al 10-15%.

### **Bioclasti (50 - 60%)**

**Spugne (30 – 40%).** Rappresentano i bioclasti dominanti. Si tratta di frammenti di spicole monoassone, caratterizzati da forme allungate, con estremità spesso più sottili; alcune presentano un canale centrale marcato da ossidi. Benché distribuite abbastanza omogeneamente all'interno della sezione talora originano locali addensamenti. In alcuni casi sono difficilmente identificabili perché presentano bordi corrosi da dissoluzione e/o risedimentazione; talvolta risultano occultate perché sostituite da ossidi quali goethite o limonite.

**Calpionelle.** Si presentano con tipica sezione a U, con pareti sottili, collare sviluppato sull'apertura verso l'esterno, senza appendice caudale. La cavità centrale è beante o occupata da micrite.

**Foraminiferi.** Si trovano solo Foraminiferi planctonici a guscio ialino (Globigerinoidi). Spesso all'interno delle camere è presente un aggregato microcristallino opaco di pirite framboideale.

**Molluschi.** Presenti per lo più sotto forma di Lamellebranchi pelagici, e come frammenti di gusci generici. Sono caratterizzati da gusci sottili, per la maggior parte

disarticolati, con sezione rettangolare leggermente ricurva fino ad arcuata e margini sub - arrotondati. Alcuni bioclasti presentano margini mineralizzati a limonite o goethite.

**Frazione silicoclastica extrabacinale (10 - 15%).**

**Quarzo.** Si presenta incolore, trasparente, con rilievo medio – basso a nicols paralleli, generalmente monocristallino. A nicols incrociati presenta massimi colori di interferenza bianchi. Il quarzo monocristallino è caratterizzato da estinzione per lo più retta. Rari sono i casi di estinzione ondulata legata alla deformazione del minerale. Il quarzo si presenta con dimensioni minute e contorni da sub - angolari a sub - arrotondati.

**Vetro vulcanico.** Si presenta con forme irregolari, colorazione dal giallino al giallo - aranciato a nicols paralleli e sostanzialmente isotropo a nicols incrociati (talora l'estinzione risulta anomala e non perfettamente uniforme). Lo stesso materiale costituisce localmente il riempimento delle camere dei Foraminiferi.

**Muscovite.** Visibile nella sezione in tracce. È di forma allungata e di piccole dimensioni, distribuita in modo irregolare all'interno del campione.

**Litoclasti.** Sono presenti frammenti di rocce metamorfiche di dimensioni minute.

**Altri componenti in quantità accessorie.**

**Goethite.** Diffusa in sezione, sia in forma granulare che disseminata lungo cavità intragranulari e intergranulari. E' di colore bruno più o meno intenso con sfumature arancio gialle, localmente sembra alterata in limonite, che conferisce al tessuto roccioso un colore ruggine.

**Pirite.** Pirite autigena framboideale si osserva all'interno delle camere dei Foraminiferi.

**Glaucosite.** Si osservano abbondanti granuli disti di colore verde – giallo, diffusi irregolarmente nel campione di roccia.

**Rutilo.** In sezione appare di colore marrone – rossastro – aranciato scuro. Data la sua colorazione intensa il minerale mantiene lo stesso colore sia a nicol paralleli che incrociati.

### **Materiale interstiziale**

**Matrice.** È abbondante e si presenta come calcite microcristallina di colorazione bruna a grana fine.

**Cemento.** Si tratta prevalentemente di cemento intragranulare carbonatico, presente all'interno delle camere dei Foraminiferi.

**Effetti diagenetici.** Oltre alla cementazione si nota la presenza di una significativa dolomitizzazione sia intra - che inter - granulare, che si manifesta sia in una dolosparite minuta continua molto limpida, sia in disseminati euedri romboedrali.

La roccia nel complesso mostra di aver subito processi diagenetici in momenti diversi:

- 1) cementazione calcitica non troppo precoce e non abbondante, testimoniata dai contatti compenetrati e suturati tra i granuli, che suggeriscono una compattazione non ostacolata da cementazione (diagenesi isochimica);
- 2) possibile dissoluzione secondaria e riprecipitazione di un cemento dolomitico relativamente minuto e di euedri più grossolani casualmente distribuiti nel tessuto della roccia (diagenesi allochimica);
- 3) dissoluzione e alterazione diagenetica tardiva e/o epigenetica (goethitizzazione e limonitizzazione) e alterazione recente.

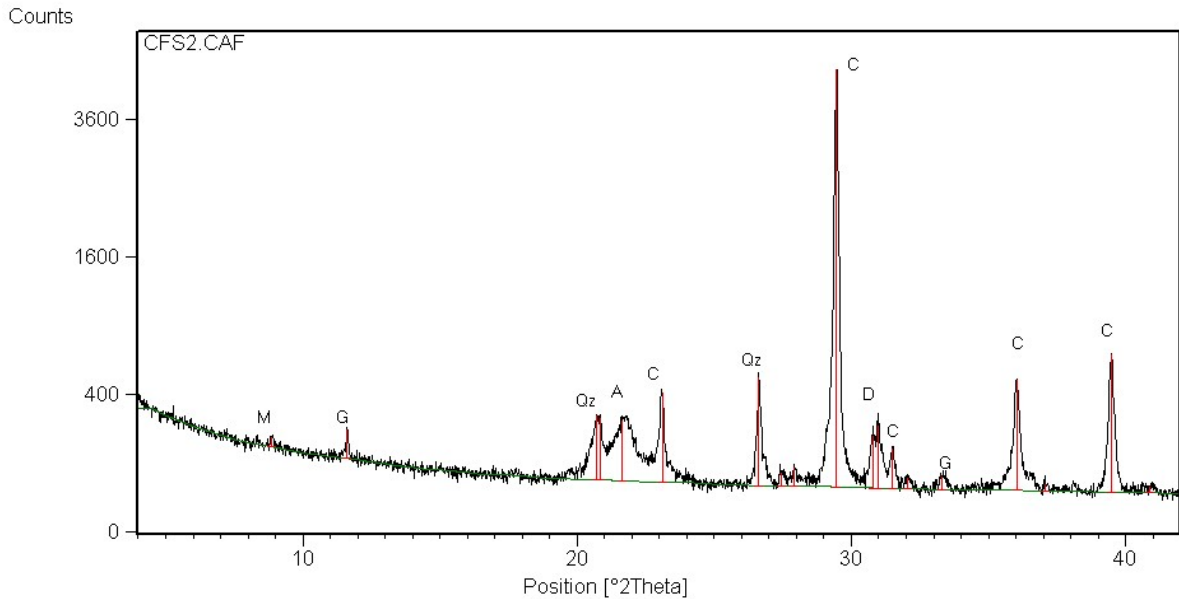
### **Classificazione**

La roccia si può classificare come un Packstone a Spicole di Spugna.

La foto fatta alla sezione è molto simile al Campione CFS1

## Diffrazione delle Polveri.

L'analisi delle polveri ha dato il seguente spettro di diffrazione:



A differenza di CFS1 il campione su base semiquantitativa è costituito da Calcite  $\text{CaCO}_3$  (C) prevalente, e da un contenuto minore di Quarzo  $\text{SiO}_2$  (Q). Sono evidenti anche Cristobalite (A), Dolomite  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  (D), Gesso  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (G), Mica (M) e Plagioclasio.

### Determinazione del residuo insolubile.

La determinazione del residuo insolubile è stata eseguita su circa 1g di campione. Dopo il trattamento la quantità rimasta è pari a 0,31g corrispondente al 24% del campione totale. Questo indica che il campione è composto prevalentemente da fasi carbonatiche.

### Analisi XRF

L'analisi per fluorescenza del campione totale ha dato la seguente composizione espressa come percentuale in ossidi per gli elementi maggiori.

<b>SiO<sub>2</sub></b>	<b>TiO<sub>2</sub></b>	<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>FeO</b>	<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>MnO</b>
23,34	0,07	1,24	0,26	0,79	0,07

<b>MgO</b>	<b>CaO</b>	<b>Na<sub>2</sub>O</b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>L.O.I.</b>	<b>Tot</b>
0,77	36,04	0,39	0,23	0,14	34,66	97,99

E in parti per milione (ppm) per quelli in traccia.

S	Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Rb
18157	<5	13	15	<3	8	<3	10	<5	<3

Sr	Y	Zr	Nb	Ba	La	Ce	Nd	Pb	Th	U
985	5	39	<3	99	<10	10	<10	15	31	<3

Gli elementi che presentano il simbolo < davanti al loro valore sono in concentrazione inferiore al limite di rilevabilità dello strumento.

I risultati indicano la presenza di Calcio seguito in ordine di abbondanza dal Silicio.

Il primo è legato principalmente a fasi carbonatiche e in minor misura a fasi silicatiche (feldspati); la seconda dalla presenza di quarzo e feldspati. L'analisi non chiude perfettamente a 100, questo probabilmente per la presenza di elementi non rilevabili dallo strumento (C, H, N, S). Tra gli elementi in traccia il più abbondante risulta lo zolfo (anche se tale dato è approssimativo con questo metodo analitico), riferibile in base all'analisi diffrattometrica alla presenza di gesso, e lo stronzio, legato ai bioclasti e al materiale interstiziale. Tali elementi possono comunque essere presenti anche nella frazione silicoclastica.

## Campione CFC3

### **Descrizione Microscopica.**

Macroscopicamente la roccia è una calcarenite a grana molto fine.

Del reperto CFC3 è stata eseguita una sezione sottile trasversale (Figura 24), per consentire una precisa analisi petrografica del litotipo mediante osservazione al microscopio ottico a luce trasmessa (OM).

La roccia risulta costituita da una prevalente frazione organogena intrabacinale e da una frazione extrabacinale silicoclastica.

In sezione sottile la roccia appare con granulometria eterogenea e poco classata.

La struttura del campione è tendenzialmente anisotropa, con locale orientazioni piano parallela dei bioclasti allungati, che determina una leggera laminazione.

La tessitura è clastica. Il supporto è granulare.

I granuli risultano sia flottanti sia a contatto, con contatti puntiformi, lunghi, raramente concavo - convessi e suturati.

La porosità è molto bassa e distribuita omogeneamente in tutta la sezione. I pori, prevalentemente intergranulari, hanno forma e dimensioni molto variabili; quelli di maggiori dimensioni risultano tendenzialmente allungati.

I bioclasti sono costituiti per la quasi totalità da frammenti di Spicole di Spugna equidimensionali. Le forme dominanti sono quelle allungate con contorni solitamente sub - arrotondati, con spigoli smussati. I granuli sono generalmente poco visibili perché corrosi da dissoluzione e/o risedimentazione; talora sono marcati da ossidi (goethite, limonite).

La frazione silicoclastica è regolarmente distribuita in tutta la sezione (10 - 15%), ha dimensioni minute e contorni sub - angolosi o sub - arrotondati.

Il materiale interstiziale è più abbondante del campione CFS2, e costituito prevalentemente da micrite; il cemento è scarso.

La roccia si presenta in un cattivo stato di conservazione per un'alterazione diffusa che coinvolge tutti i componenti. Plaghe di goethite - limonite si distribuiscono disomogeneamente nella sezione, occupando pori intragranulari, e impregnando alcuni bioclasti.

La frazione silicoclastica non presenta segni di deformazione.

### **Tipi di granuli.**

Si tratta per la maggior parte di bioclasti (50 - 60%); la frazione silicoclastica è stimabile intorno al 10 - 15%.

### **Bioclasti (50 - 60%)**

**Spugne (40 - 50%).** Rappresentano i bioclasti dominanti. Si tratta di frammenti di spicole monoassone, caratterizzati da forme allungate con estremità spesso più sottili; alcune presentano un canale centrale marcato da ossidi. Benché distribuite abbastanza omogeneamente all'interno della sezione talora originano locali addensamenti. In alcuni casi sono difficilmente identificabili perché presentano bordi corrosi da dissoluzione e/o risedimentazione, in altri occultate perché sostituite da ossidi quali goethite o limonite.

**Calpionelle.** Si presentano con tipica sezione a U, con pareti sottili, collare sviluppato sull'apertura verso l'esterno, senza appendice caudale. La cavità centrale è beante o occupata da micrite.

**Foraminiferi** Si tratta quasi esclusivamente di Foraminiferi planctonici a guscio ialino (Globigerinoidi). Spesso all'interno delle camere è presente un aggregato microcristallino opaco framboideale di pirite.

**Molluschi.** Vi sono tracce di Lamellibranchi pelagici di sezione rettangolare e/o arcuata, con margini sub - arrotondati. Alcuni bioclasti di Molluschi presentano margini mineralizzati a limonite o goethite.

**Alghe.** Si tratta di frammenti di Alghe Rosse incrostanti, pluridimensionali, riconoscibili per la struttura composta da una fitta rete di cellette poligonali, a volte con disposizioni leggermente arcuata.

#### **Frazione silicoclastica extrabacinale (10 - 15%).**

**Quarzo.** Si presenta incolore, trasparente, con rilievo medio - basso a nicols paralleli, generalmente monocristallino. A nicols incrociati presenta massimi colori di interferenza bianchi. Il quarzo ha dimensioni minute e contorni da sub - angolari a sub - arrotondati.

**Vetro vulcanico.** All'interno della sezione si presenta con forme irregolari, colorazione dal giallino al giallo - aranciato a nicols paralleli e sostanzialmente isotropo a nicols incrociati (talora l'estinzione risulta anomala e non perfettamente uniforme). Lo stesso materiale costituisce localmente il riempimento delle camere dei Foraminiferi.

**Muscovite.** Si presenta in piccoli cristalli incolori, perfettamente trasparenti, con abito tabulare. Sono distribuiti nella sezione irregolarmente e presentano una forma lievemente arcuata.

**Biotite.** Presenti rare lamelle con colorazione bruno - aranciata.

**Feldspati.** Rari frammenti di feldspati si individuano nella sezione, in cristalli dalle morfologie rettangolari o sub - rettangolari.

**Frammenti di roccia.** È presente un grosso frammento di roccia metamorfica, e frammenti di roccia sedimentaria.

### **Altri componenti in quantità accessorie.**

**Selce.** È distribuita in modo eterogeneo nella sezione. Si riconosce per essere incolore a nicols paralleli e con tipica struttura “pepe – sale” a nicols incrociati. E’ diffusa sia in spazi intra - che inter - granulari.

**Goethite.** Diffusa in sezione prevalentemente sottoforma di plaghe, che colorano la matrice e i bioclasti. Localmente sembra alterata in limonite, perché conferisce al tessuto roccioso un colore ruggine.

**Pirite.** Pirite autogena framboideale si osserva all’interno Globigerinoidi, e in qualche Calpionella. Si presenta come aggregati di minuti cristalli opachi.

**Glauconite.** Si osservano granuli di colore verde - giallo a nicols paralleli, di forma rotondeggiante, diffusi omogeneamente nella sezione.

**Rutilo.** In sezione appare di colore marrone – rossastro – aranciato scuro. Data la sua colorazione intensa il minerale mantiene lo stesso colore sia a nicol paralleli che incrociati.

### **Materiale interstiziale.**

**Matrice.** È presente come calcite microcristallina di colorazione bruna con grana da media a fine.

**Cemento.** Si tratta prevalentemente di cemento intragranulare carbonatico, presente all’interno delle cavità camerale dei Foraminiferi. Si presenta come cemento sparitico e microsparitico.

**Effetti diagenetici.** Oltre alla cementazione si nota la presenza di una significativa dolomitizzazione sia intra - che inter - granulare, che si manifesta sia in una dolosparite minuta continua molto limpida, sia in disseminati euedri romboedri.

La roccia è interessata da silicizzazione.

La roccia nel complesso mostra di aver subito processi diagenetici in momenti diversi:

- 1) cementazione calcitica non troppo precoce e non abbondante, testimoniata dai contatti compenetrati e suturati tra i granuli, che suggeriscono una compattazione non ostacolata da cementazione (diagenesi isochimica);



- 2) a. possibile dissoluzione secondaria e riprecipitazione di un cemento dolomitico relativamente minuto e di euedri più grossolani casualmente distribuiti nel tessuto della roccia (diagenesi allochimica);  
b. processo di silicizzazione (diagenesi allochimica);
- 3) dissoluzione e alterazione diagenetica tardiva e/o epigenetica (goethitizzazione e limonitizzazione) e alterazione recente.

**Classificazione.**

La roccia si può classificare come un Packstone a Spicole di Spugna.

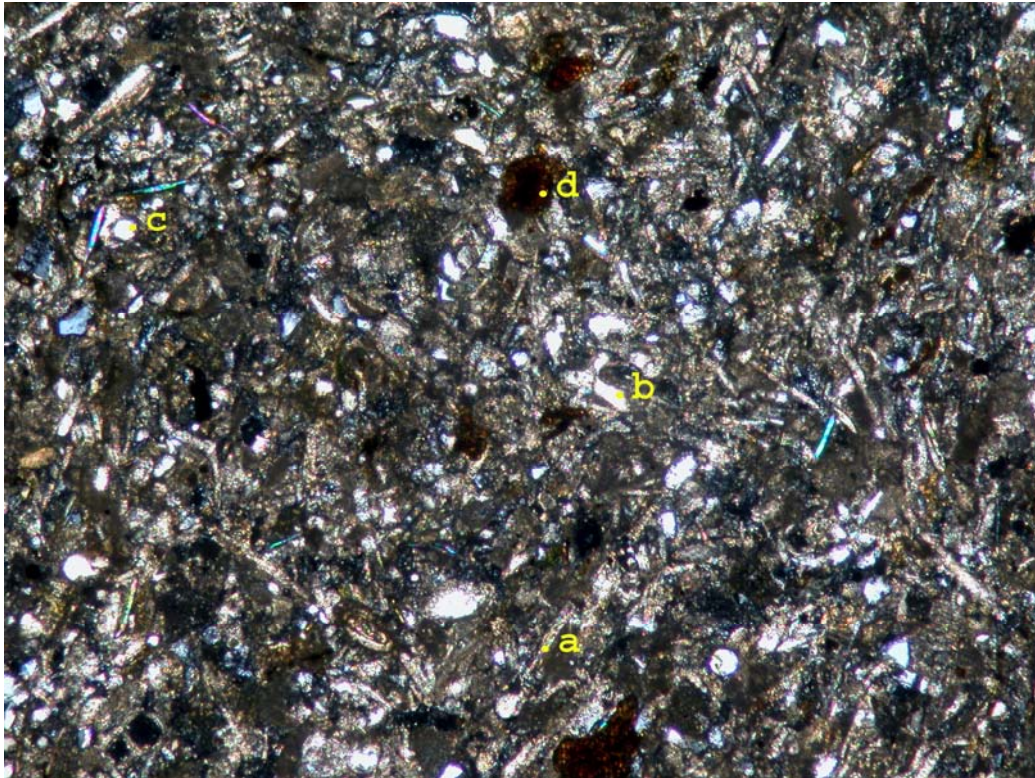
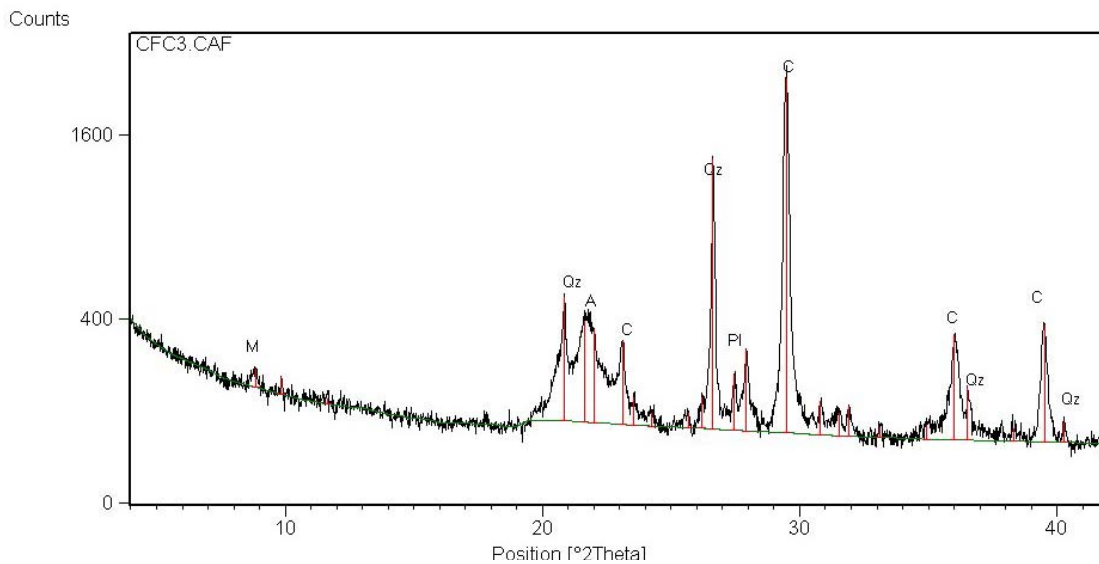


Figura 24; Campione CFC3, visione della sezione al Microscopio a luce trasmessa, Nicols // 5x.  
 Sono evidenti le Spicole di Spugna, di forma allungata (a), i granuli di Quarzo (b), Opale o Vetro vulcanico (c), Goethite(d).

### Diffrazione delle Polveri.



La diffrazione ha evidenziato diverse fasi mineralogiche, comuni ai campioni già esaminati, tra le quali le più abbondanti sono: Calcite  $\text{CaCO}_3$ (C ), Quarzo  $\text{SiO}_2$  (Qz) e

Opale CT - Cristobalite (A). Le fasi mineralogiche meno abbondanti sono costituite da Plagioclasti (Pl) – K-Feldspato, Mica (M) e forse Protodolomite.

#### **Determinazione del residuo insolubile.**

La determinazione del residuo insolubile è stata condotta su circa 1g di campione. Dopo il trattamento la quantità rimasta è pari a 0,53g corrispondente al 47% del campione totale.

#### **Analisi XRF.**

Percentuali in ossidi degli elementi maggiori:

SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO
46,67	0,17	3,65	0,21	1,55	0,07

MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	L.O.I.	Tot
0,78	21,61	0,84	1,02	0,05	22,55	99,17

Elementi in Traccia (ppm).

S	Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Rb
4500	<5	24	22	<3	11	<3	18	6	34

Sr	Y	Zr	Nb	Ba	La	Ce	Nd	Pb	Th	U
706	12	82	4	222	<10	22	14	14	<3	<3

Dall'analisi risulta evidente una maggiore concentrazione di Silicio rispetto al Calcio; relativamente abbondante risulta anche l'Alluminio e l' Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Tra gli elementi in traccia risultano evidenti le presenze di Zolfo, Stronzio e Bario, con questi ultimi due riferibili prevalentemente alla frazione carbonatica.

Campione CFC4

#### **Descrizione Microscopica.**

A livello macroscopico la roccia appare una calcarenite a grana molto fine.

Del reperto CFC4 è stata eseguita una sezione sottile trasversale, per consentire una precisa analisi petrografica del litotipo mediante osservazione al microscopio ottico a luce trasmessa (OM).

La roccia risulta costituita da un'abbondante frazione organogena intrabacinale e da un frazione silicoclastica extrabacinale di minore entità.

Il campione in sezione sottile appare con granulometria generalmente eterogenea.

La struttura è tendenzialmente anisotropa per la leggera tendenza dei bioclasti allungati ad un'isorientazione piano parallela.

La tessitura è clastica. Il supporto è granulare.

I granuli, risultano sia flottanti sia a contatto, con contatti puntiformi, lunghi, raramente concavo - convessi e suturati.

La porosità è bassa. Sono presenti alcune cavità di dimensioni plurimillimetriche concentrate in una zona della sezione.

La tipologia dei bioclasti è equivalente a quelli osservati fino a questo momento.

I bioclasti sono costituiti per la quasi totalità da frammenti di Spicole di Spugna equidimensionali. Le forme dominanti sono quelle allungate con contorni solitamente sub - arrotondati, con spigoli smussati. I granuli sono generalmente poco visibili perché corrosi da dissoluzione e/o risedimentazione; a volte sono invece marcati da ossidi (goethite, limonite).

La frazione silicoclastica valutabile intorno al 15 - 20% possiede dimensione minute e forme regolari. I contorni sono generalmente sub - angolosi e raramente sub - arrotondati, con granuli distribuiti omogeneamente nella sezione.

Il campione è poco cementato; il materiale interstiziale è prevalentemente di tipo micritico. Il poco cemento presente, di tipo carbonatico, si presenta come precipitato nelle camere di Foraminiferi.

Il campione evidenzia il cattivo stato di conservazione della roccia. Sono evidenti segni di alterazione dati da goethite, limonite, rutilo, pirite e altri ossidi, che occupano oltre ai giunti, anche pori inter - e intra - granulari della roccia e impregnando i bioclasti.

### **Tipi di granuli.**

Si tratta per la maggior parte di bioclasti 50%; la frazione silicoclastica è stimabile intorno al 20 - 25%.

**Bioclasti (50%).**

**Spugne (30-40%).** Rappresentano i bioclasti dominanti. Si tratta di frammenti di spicole monoassone, caratterizzati da forme allungate, con estremità spesso più sottili; alcune presentano un canale centrale marcato da ossidi. Benché distribuite abbastanza omogeneamente all'interno della sezione talora originano locali addensamenti. In alcuni casi sono difficilmente identificabili perché presentano bordi corrosi da dissoluzione e/o risedimentazione o perché talvolta risultano occultate poiché sostituite da ossidi quali goethite o limonite.

**Calpionelle.** Si presentano con tipica sezione a U, con pareti sottili, collare sviluppato sull'apertura verso l'esterno, senza appendice caudale. La cavità centrale è beante o occupata da micrite.

**Foraminiferi.** Si riconoscono Foraminiferi planctonici a guscio ialino (Globigerinoidi) e porcellanaceo, alcuni dei quali leggermente dissoluti. All'interno delle camere è presente un aggregato microcristallino opaco framboideale di pirite.

**Molluschi.** Rappresentati da qualche frammento di guscio disarticolato di sezione rettangolare e/o arcuata, con margini sub – arrotondati, e impregnati da ossidi (Goethite e Limonite).

**Frazione silicoclastica extrabacinale (20 - 25%).**

**Quarzo.** È presente in quantità maggiori rispetto ai campioni fino a qui analizzati. Generalmente monocristallino, incolore, trasparente, con rilievo medio – basso a nicols paralleli. Ha un'estinzione retta anche se non mancano casi di estinzione ondulata legata alla deformazione del minerale. I granuli presentano vacuoli o microliti e possiedono contorni sub – angolari.

**Vetro vulcanico.** All'interno della sezione si presenta con forme irregolari, colorazione dal giallino al giallo - aranciato a nicols paralleli e sostanzialmente isotropo a nicols incrociati (talora l'estinzione risulta anomala e non perfettamente uniforme). Lo stesso materiale costituisce localmente il riempimento delle camere dei Foraminiferi.

**Muscovite.** È poca e presente in piccoli cristalli allungati disseminati all'interno della sezione.

### **Altri componenti in quantità accessorie.**

**Goethite.** Abbastanza diffusa in sezione, sia in forma granulare che in cavità intragranulari e intergranulari. E' di colore bruno più o meno intenso con sfumature arancio gialle, localmente sembra alterata in limonite.

**Pirite.** Autigena framboidale sia intergranulare che intragranulare, in minutissimi aggregati opachi nelle camere dei Foraminiferi.

**Glaucosite.** È abbondante nella sezione. Si osservano piccoli granuli con forme arrotondate di colore verde – giallo.

**Rutilo.** In sezione appare di colore marrone – rossastro – aranciato scuro. Data la sua colorazione intensa il minerale mantiene lo stesso colore sia a nicol paralleli che incrociati.

### **Materiale interstiziale.**

**Matrice.** È costituita da abbondante micrite, calcite microcristallina di colore bruno, a riempimento degli spazi intergranulari e intragranulari.

**Cemento.** Si tratta di cemento intragranulare, di tipo sparitico e microsparitico. Si trova comunemente all'interno delle cavità camerale dei Foraminiferi e delle Calpionelle.

### **Effetti diagenetici.**

**Effetti diagenetici.** Oltre alla cementazione si nota la presenza di una significativa dolomitizzazione sia intra - che inter - granulare, che si manifesta sia in una dolosparite minuta continua molto limpida, sia in disseminati euedri romboedrali.

La roccia nel complesso mostra di aver subito processi diagenetici in momenti diversi:

- 1) cementazione calcitica non troppo precoce e non abbondante, testimoniata dai contatti compenetrati e suturati tra i granuli, che suggeriscono una compattazione non ostacolata da cementazione (diagenesi isochimica);
- 2) possibile dissoluzione secondaria e riprecipitazione di un cemento dolomitico relativamente minuto e di euedri più grossolani casualmente distribuiti nel tessuto della roccia (diagenesi allochimica);
- 3) dissoluzione e alterazione diagenetica tardiva e/o epigenetica (goethitizzazione e limonitizzazione) e alterazione recente.

### **Classificazione.**

La roccia può essere definita una Packstone a Spicole di Spugna.

Il campione non è stato sottoposto ad ulteriori analisi sia perché ha evidenziato caratteristiche strutturali e tessiture simili ai prelievi già indagati, sia perché dopo la preparazione della sezione sottile, il quantitativo di campione rimasto era insufficiente ai fini analitici.

## Campione CFC5

### **Descrizione Microscopica.**

Macroscopicamente la roccia è una calcarenite a grana molto fine.

Del reperto CFS5 è stata eseguita una sezione sottile trasversale (Figura 25), per consentire una precisa analisi petrografica del litotipo mediante osservazione al microscopio ottico a luce trasmessa (OM).

La roccia è composta da una frazione organogena intrabacinale dominante a cui si somma una ridotta frazione extrabacinale silicoclastica.

In sezione sottile appare con granulometria eterogenea e poco classata.

La struttura del campione è nettamente anisotropa per una marcata laminazione legata all'orientazione preferenziale, di tipo piano- parallela, dei bioclasti allungati.

La tessitura è clastica. Il supporto è granulare.

I granuli risultano sia flottanti sia a contatto, con contatti puntiformi, lunghi, raramente concavo - convessi e suturati.

La porosità è bassa e distribuita omogeneamente su tutta la sezione. I pori sono prevalentemente di dimensioni minute con forma rotondeggiante, con i più grandi presenti nelle cavità dei bioclasti.

I bioclasti sono costituiti per la quasi totalità da frammenti di Spicole di Spugna equidimensionali. Le forme dominanti sono quelle allungate con contorni solitamente sub - arrotondati, con spigoli smussati. I margini dei granuli sono spesso marcati da ossidi (goethite, limonite); questi ultimi sono presenti anche all'interno del canale centrale delle spicole.

La frazione silicoclastica ha granuli di dimensioni inferiori rispetto al campione CFS4, e si distribuisce regolarmente in tutta la sezione.

Il materiale interstiziale è abbondante e costituito prevalentemente da micrite; il cemento è scarso e presente all'interno delle camere dei Globigerinoidi.

La roccia presenta una diffusa alterazione. Minerali opachi quali goethite – limonite e rutilo, sono presenti in plaghe, occupano pori intragranulari della roccia e impregnano i bioclasti, rendendoli, in alcuni casi, di difficile identificazione.

### **Tipi di granuli.**

Si tratta per la maggior parte di bioclasti (50%); la frazione silicoclastica è stimabile intorno al 25 - 35%.

### **Bioclasti (50%)**

**Spugne (30 - 40%).** Rappresentano i bioclasti dominanti. Si tratta di frammenti di spicole monoassone, caratterizzati da forme allungate con estremità spesso più sottili; alcune presentano un canale centrale marcato da ossidi. Benché distribuite abbastanza omogeneamente all'interno della sezione talora originano locali addensamenti. In alcuni casi sono difficilmente identificabili perché presentano bordi corrosi da dissoluzione e/o risedimentazione o perché nascosti dalle colorazioni di ossidi come goethite o limonite.

**Calpionelle.** Si presentano con tipica sezione a U, con pareti sottili, collare sviluppato sull'apertura verso l'esterno, senza appendice caudale. La cavità centrale è vuota o occupata da micrite.

**Foraminiferi.** Si riconoscono Foraminiferi planctonici a guscio ialino (Globigerinoidi) e porcellanaceo, alcuni dei quali leggermente dissolti. All'interno delle camere è presente pirite framboidale.

**Molluschi.** Sono presenti frammenti disarticolati di guscio di Lamellibranchi pelagici di sezione rettangolare e/o arcuata, con margini sub - arrotondati. Alcuni bioclasti di Molluschi presentano margini mineralizzati a limonite o goethite.

**Alghe.** Tracce di Alghe Rosse sono riconoscibili per la presenza di bioclasti caratterizzati da una fitta rete di cellette poligonali, talvolta con andamento arcuato.



### **Frazione silicoclastica extrabacinale (25 - 35%).**

**Quarzo.** È poco abbondante all'interno della sezione. È comunemente monocristallino con estinzione retta o raramente ondulata. Presenta forma isodiametrica e contorni sub – angolari o sub – arrotondati; si distribuisce uniformemente all'interno della sezione

**Vetro vulcanico.** All'interno della sezione si presenta forme irregolari, colorazione dal giallino al giallo - aranciato a nicols paralleli e sostanzialmente isotropo a nicols incrociati (talora l'estinzione risulta anomala e non perfettamente uniforme). Lo stesso materiale costituisce localmente il riempimento delle camere dei Foraminiferi.

**Muscovite.** Piccoli granuli appaiono disseminati nella sezione; sono caratterizzati da forme allungate e massimi colori di interferenza del 3° ordine.

### **Altri componenti in quantità accessorie.**

**Goethite.** Molto diffusa in sezione, sia in granuli che disseminata lungo cavità intragranulari e intergranulari. E' di colore bruno più o meno intenso con sfumature giallo-aranciato, soprattutto se alterata a limonite.

**Pirite.** Pirite autigena come aggregati di minuti cristalli opachi si osserva all'interno dei bioclasti.

**Glaucosite.** Si osservano numerosi granuli di colore verde - giallo da pallido a intenso a nicols paralleli, microcristallini con aspetto “pepe-sale” a nicols incrociati.

**Rutilo.** In sezione appare di colore marrone – rossastro – aranciato scuro. Data la sua colorazione intensa il minerale mantiene lo stesso colore sia a nicols paralleli che incrociati.

### **Materiale interstiziale**

**Matrice.** È abbondante; si presenta come calcite microcristallina di colorazione bruna con grana da media a fine.

**Cemento.** Si tratta prevalentemente di cemento carbonatico intragranulare, presente all'interno delle cavità camerale dei Foraminiferi.

**Effetti diagenetici.** Oltre alla cementazione si nota la presenza di una significativa dolomitizzazione sia intra - che inter - granulare, che si manifesta sia in una dolosparite minuta continua molto limpida, sia in disseminati euedri romboedri.

La roccia nel complesso mostra di aver subito processi diagenetici in momenti diversi:

- 1) cementazione calcitica non troppo precoce e non abbondante, testimoniata dai contatti compenetrati e suturati tra i granuli, che suggeriscono una compattazione non ostacolata da cementazione (diagenesi isochimica);
- 2) possibile dissoluzione secondaria e riprecipitazione di un cemento dolomitico relativamente minuto e di euedri più grossolani casualmente distribuiti nel tessuto della roccia (diagenesi allochimica);
- 3) dissoluzione e alterazione diagenetica tardiva e/o epigenetica (goethitizzazione e limonitizzazione) e alterazione recente.

### **Classificazione**

La roccia si può classificare come un Packstone a Spicole di Spugna.

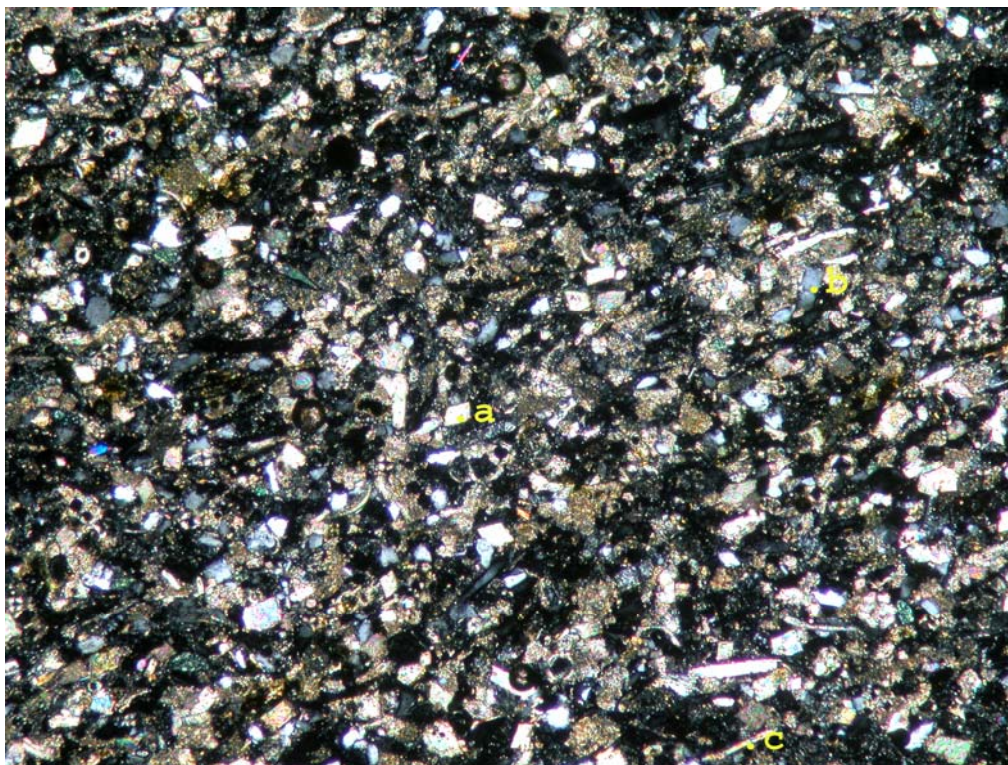
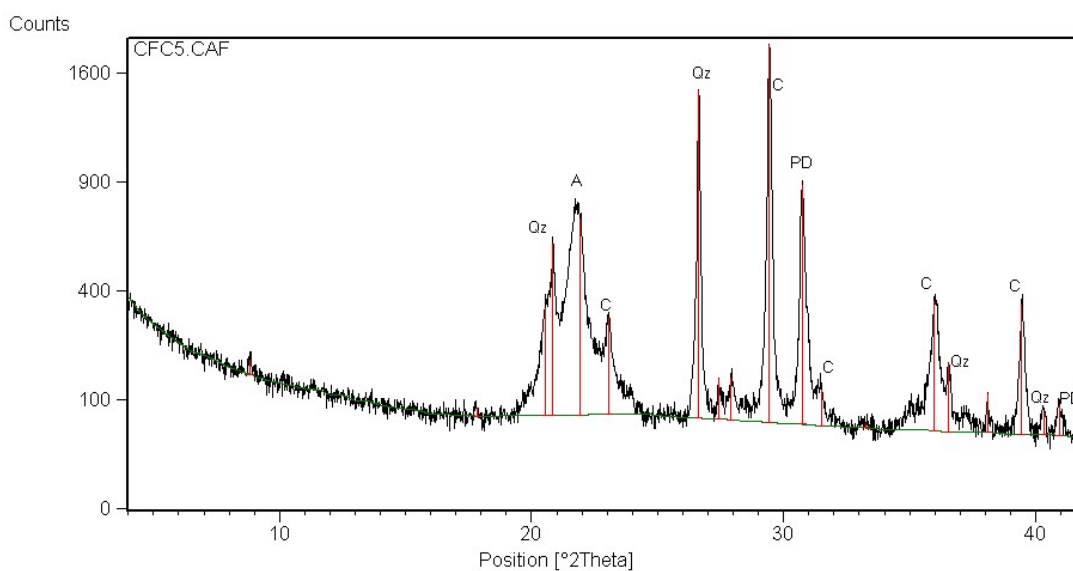


Figura 25; Campione CFC5, visione della sezione al Microscopio a luce trasmessa, Nicols // 5x.  
Sono evidenti i cristalli di Dolomite (a), i granuli di Quarzo (b), e le Spicole di Spugna (c).

### Diffraattometria delle Polveri.



L'analisi diffrattometrica ha evidenziato la presenza di: Quarzo (Qz), Calcite (C), Opale CT - Cristobalite (A) e abbondante Protodolomite (PD), evidente anche in sezione in cristalli romboedrici.

Sono state rinvenute tracce di Fillosilicati, Miche (M), Plagioclasti, K-Feldspato e Rutilo.

#### **Determinazione del residuo insolubile.**

L'estrazione del residuo insolubile è stata condotta su 1g di campione. Dopo l'analisi la sostanza residua è 0,60g pari al 56% del campione. Questo aspetto è in accordo con la stima semiquantitativa delle analisi diffrattometriche, in cui la presenza di quarzo risulta dominante.

### Campione CFC6

#### **Descrizione Microscopica.**

Il campione è un frammento di pigmento rosso scuro prelevato da un concio in controfacciata, con il quale è stata realizzata una sezione lucida per l'osservazione al microscopio a luce riflessa.

Dall'osservazione al microscopio il campione risulta costituito da circa 9 strati, distinguibili in base alle colorazioni e agli spessori differenti (Figura 26).

Per una descrizione degli strati la sezione può essere divisa in due zone.

Partendo dal basso si riconoscono quattro strati di spessore consistente, separati da bordi irregolari. Lo strato 1 è molto spesso, caratterizzato da una colorazione bianca con macchie più chiare. Nel secondo è evidente una sostanza marrone di piccolo spessore seguita da uno strato bianco più sottile. Sia nello strato 2 che nel 3 sono evidenti piccole particelle di colore scuro.

A separazione tra la zona superiore e quella inferiore vi è lo strato 4, molto spesso, caratterizzato da una sostanza bianca e, vista la lacuna creata in sezione, facilmente asportabile. Al di sopra si trovano materiali con colorazioni giallo - rosse, aventi granulometrie fini, spessori sottili e bordi regolari. Lo strato 5 presenta una colorazione gialla ed è seguito da uno strato arancio (6) con piccoli granuli rossi. Segue un

sottilissimo strato marrone scuro (7) che potrebbe coincidere anche con una lacuna stratigrafica, data da una scarsa adesione dei pigmenti sovrastanti. Questi ultimi presentano una colorazione marrone, più rossa per lo strato 8 e più gialla per il 9.

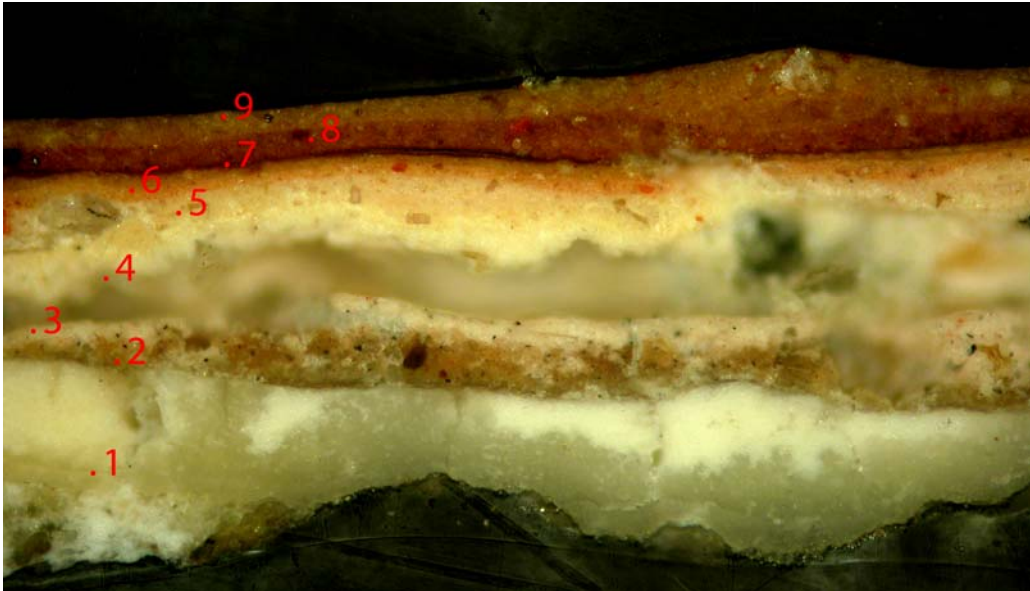


Figura 26, sezione lucida del campione CFC6, ingrandimento 5x.  
Sono visibili nove strati sovrapposti di colorazione e spessore diverso.

### Analisi al Sem.

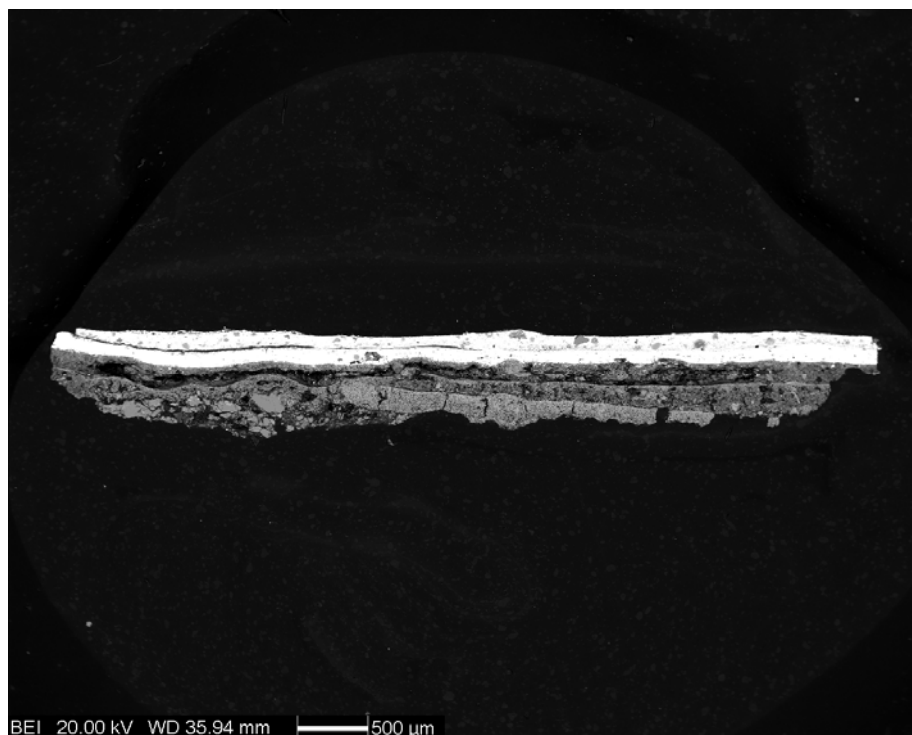


Figura 27, Visione globale della sezione al microscopio elettronico (SEM). Sono riconoscibili due zone con elementi di peso atomico diverso. Lo strato superiore presenta elementi più pesanti con un contrasto di fase maggiore; quello inferiore con un contrasto basso, elementi più leggeri.

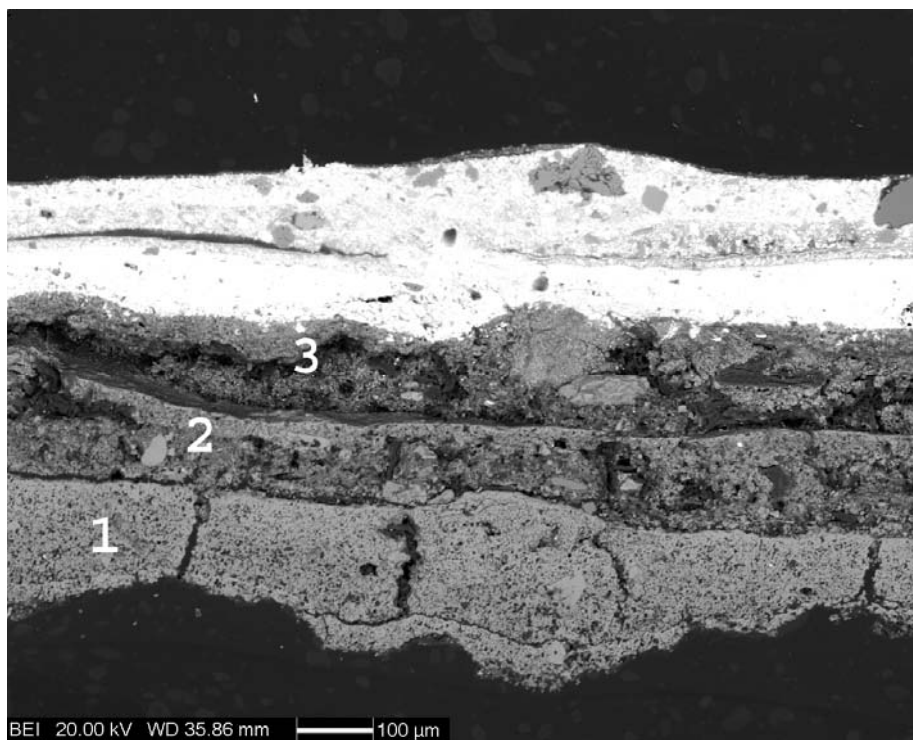


Figura 28, Visione dei primi tre strati. Sono evidenti diverse granulometrie e spessori della stratificazione.

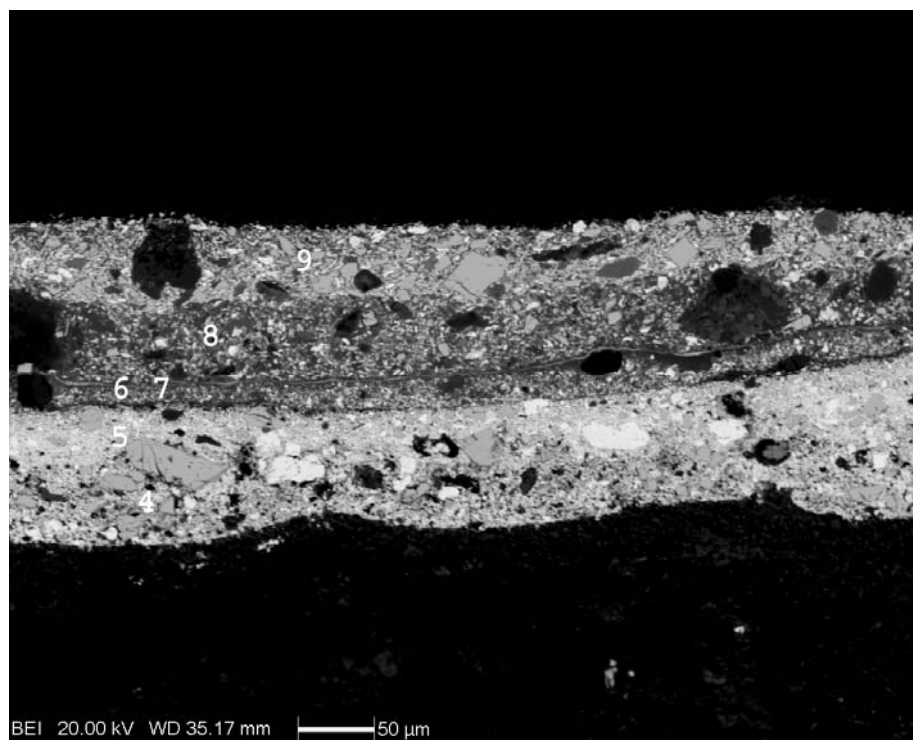
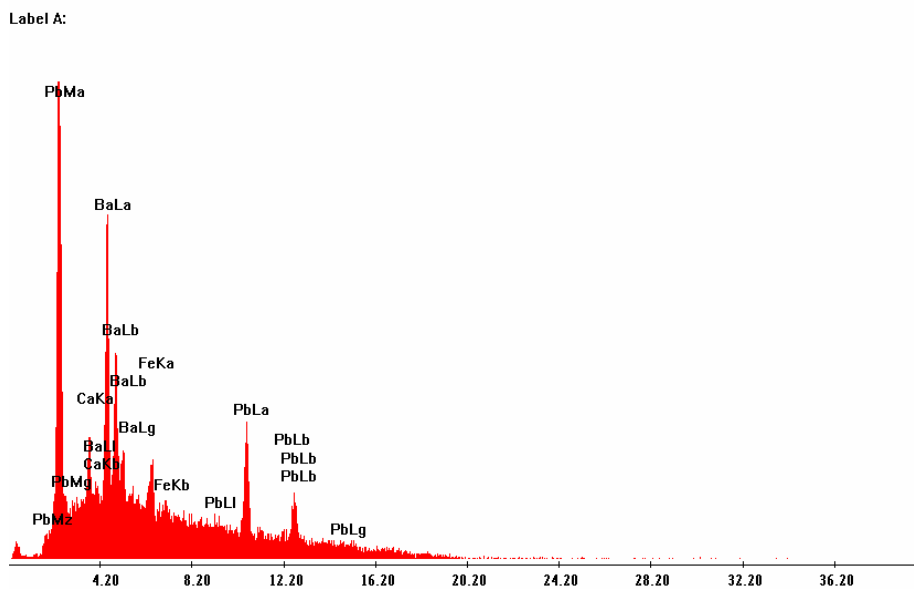


Figura 29, Particolare della stratificazione superiore. Si riconoscono sei strati caratterizzati da diverse granulometrie ma con contrasto di fase simile.



La sezione è stata analizzata al microscopio a scansione (SEM) per la valutazione della composizione del pigmento, mediante analisi puntuali e areali qualitative e semiquantitative (uso dello spettrometro EDS).

Attraverso gli elettroni retrodiffusi, variando l'ingrandimento e il contrasto (Figura 27), è stato possibile confermare la presenza di 9 strati pittorici, riconoscibili per il diverso contrasto di fase.

La sezione può essere distinta in due parti:

- parte inferiore: comprensiva di tre strati, caratterizzata da un basso contrasto dovuto alla presenza di elementi leggeri (Figura 28).
- parte superiore: con elementi più pesanti, composta da sei strati con spessori e granulometrie diverse (Figura 29).

Per ogni strato si sono effettuati diversi punti di analisi per verificare la composizione delle fasi mineralogiche.

La sezione, che da una prima visione appariva costituito da strati di materiali molto diversi (Figura 26), è in realtà formato da un numero limitato di elementi chimici.

Effettuando punti di microanalisi estesi agli strati inferiori 1, 2 e 3, questi mostrano la presenza di Ca con tracce di Si e S, attribuibile ad un intonaco preparatorio bianco a calce e gesso, steso in tre strati con granulometrie diverse.

I sei strati superiori sono diversi per granulometria e per composizione chimica dalla porzione inferiore.

Lo strato 4 è costituito prevalentemente da composti di Pb e Ba (vedi mappa di distribuzione elementi pag.76-77) con sporadica presenza di Ca. Composizione analoga ma diversa granulometria ha lo strato 5. Gli strati 6 e 8 presentano granulometria fine ma composizione simile al 4 e al 5, con un aumento delle concentrazioni di particelle ricche in Ca e Fe.

Lo strato 7, più scuro e sottilissimo, non presenta grandi variazioni composizionali; il Pb rimane l'elemento dominante anche se si può osservare un aumento della concentrazione di Ca e Fe.

Lo strato più superficiale 9 (Spettro 1) mostra abbondanti componenti ricchi in Pb, Ba, Fe e Ca.

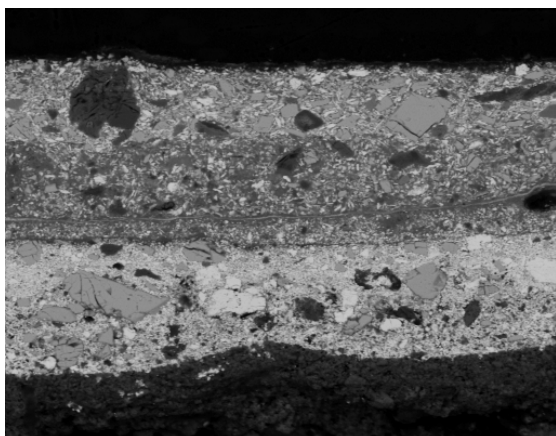
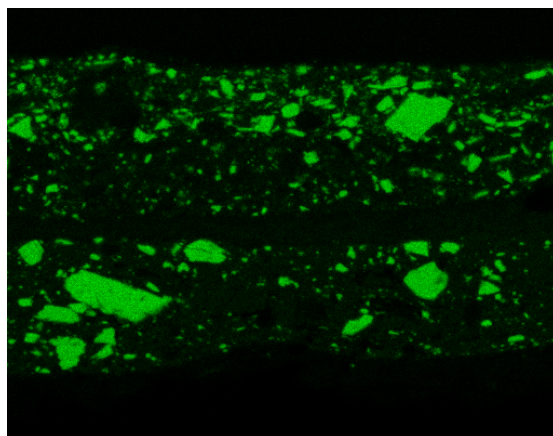
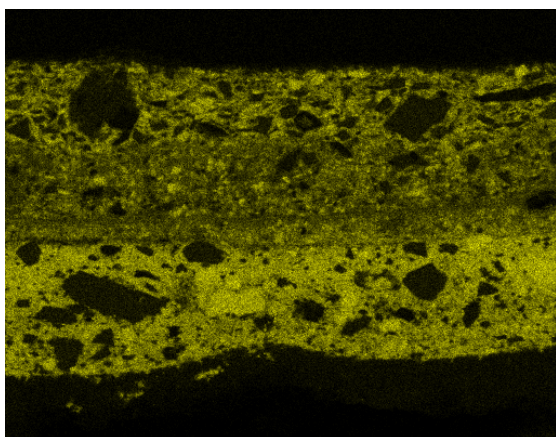


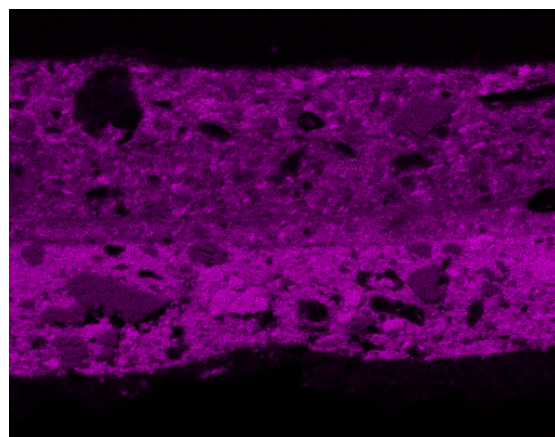
Immagine SEM BSE, particolare fig.29



Scanning picture radiazione Ba L $\alpha$

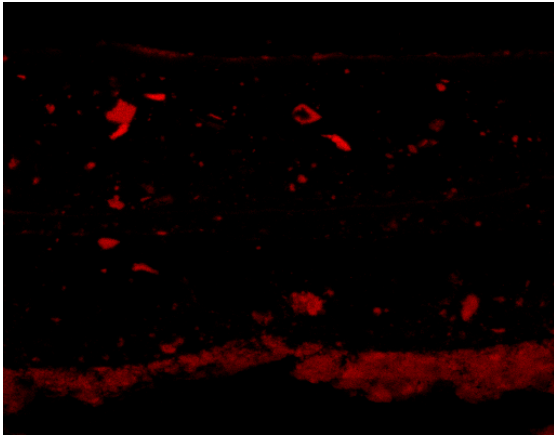


Scanning picture radiazione Pb L $\alpha$

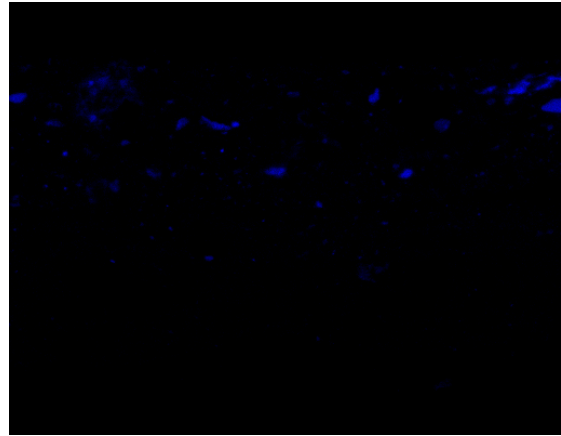


Scanning picture radiazione Pb K $\alpha$



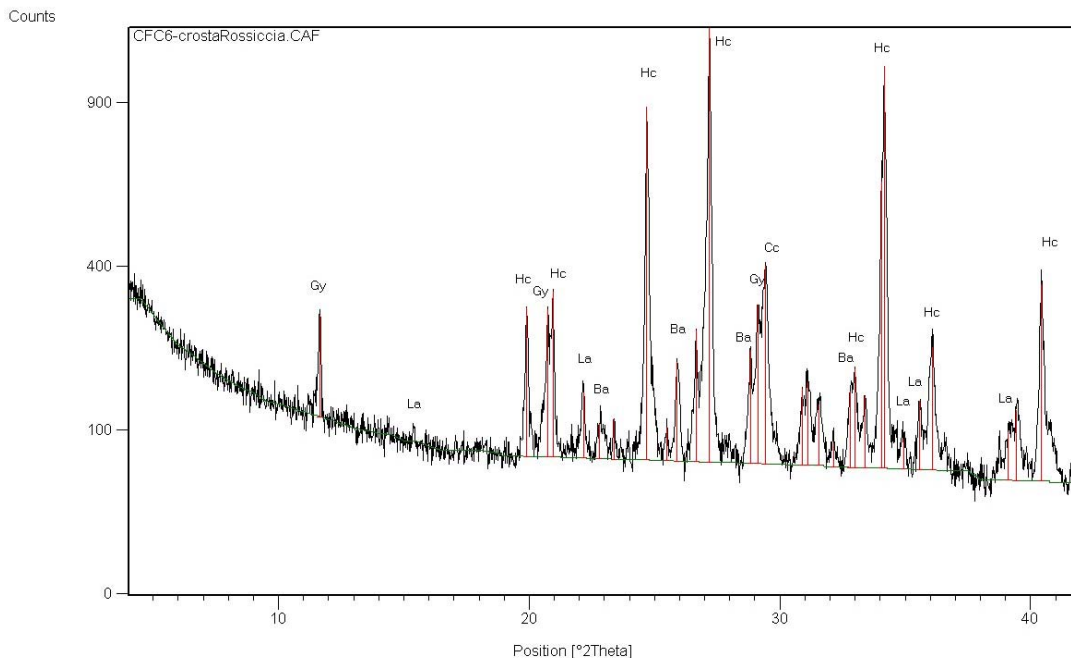


Scanning picture radiazione Ca L $\alpha$



Scanning picture radiazione Fe K $\alpha$

### Analisi Diffrattometrica.



È stata realizzata l'analisi diffrattometrica sul campione totale per determinare le fasi mineralogiche presenti nel pigmento.

Nel diffrattogramma ottenuto si riconoscono fasi mineralogiche relazionabili agli elementi riscontrati nell'analisi spettroscopica al microscopio elettronico (SEM).

I minerali più abbondanti sono Idrocerussite  $Pb_3(CO_3)_2(OH)_2$  (Hc), Gesso  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$  (Gy), Barite  $BaSO_4$  (Ba), Calcite  $CaCO_3$  (Ca) e Laurionite  $PbCl(OH)$  (La).

Il gesso e la calcite indicano la presenza di uno strato preparatorio steso sulla superficie dei conchi di controfacciata. Il Piombo riconosciuto al SEM è da riferire alla Idrocerussite e alla Laurionite. Quest'ultima fase è un cloruro di Piombo, prodotto

secondario di alterazione ottenuto con tutta probabilità, alla risalita per capillarità di acque ricche in ioni Cl<sup>-</sup>.

## Campione Cb7

### **Descrizione Microscopica.**

Macroscopicamente la roccia è una calcarenite a grana medio – grossa in buono stato di conservazione.

Del reperto Cb7 è stata eseguita una sezione sottile trasversale (Figura 30), per consentire una precisa analisi petrografica del litotipo mediante osservazione al microscopio ottico a luce trasmessa (OM).

In sezione sottile appare con granulometria generalmente eterogenea.

La struttura è sostanzialmente isotropa.

La tessitura è clastica – organogena. Il supporto è granulare. I granuli risultano molto irregolari per forma e dimensioni, generalmente con contatti puntiformi, raramente concavo - convessi e suturati.

La porosità è abbondante con forme e dimensione variabili. Si tratta per la maggior parte di porosità intergranulare anche se non mancano esempi di porosità intragranulare.

I granuli sono costituiti da bioclasti di forme e dimensioni molto diverse. I Molluschi risultano i microfossili più abbondanti in sezione, anche se non mancano esempi di brandelli di Alghe Rosse, Echinodermi, Foraminiferi e Briozoi. I contorni dei bioclasti sono generalmente identificabili e scarsamente corrosi da dissoluzione e/o risedimentazione. Qualche granulo risulta marcato da ossidi come limonite o goethite.

La roccia è poco cementata; il cemento è riconoscibile lungo i bordi degli Echinodermi. Il materiale interstiziale prevalente è costituito da micrite mista a tritume organogeno e noduli algali.

### **Tipi di granuli.**

I granuli sono costituiti da bioclasti (70 - 80%).

### **Bioclasti (70 – 80%)**

**Alghe (40 – 50%).** Sono molto abbondanti. Si riconoscono noduli e frammenti di Alghe coralline Rosse incrostanti (Litotamni), riconoscibili per la struttura interna multi strato consistente in una fitta rete di cellette poligonali, a volte con disposizione leggermente arcuata.

**Molluschi.** Sono rappresentati da frammenti disarticolati di gusci di sezione rettangolare e/o arcuata, con margini sub - arrotondati e spessore anche molto cospicuo. Sono costituiti da calcite spesso parzialmente micritizzata.

**Echinodermi.** Sono distribuiti su un'ampia gamma granulometrica, da qualche decimo di millimetro a dimensioni plurimicrometriche. Si riconoscono piastrine e radioli, che essendo monocristalli sono avvolti da un orlo di cemento calcitico limpido con crescita sintassiale, cioè in continuità ottica. Presentano per lo più un'apparenza pulverulenta, quasi sempre con struttura cribrosa mineralizzata a pirite.

**Foraminiferi.** Sono dominanti i Macro-Foraminiferi bentonici a guscio ialino come Nummulitidi (probabili Nummuliti, Assiline, Operculine), Discocicline, Lepidocicline.

**Briozoi.** E' presente qualche bioclasto caratterizzato da una struttura a celle, molto ben definite e spazi intragranulari occupati da ossidi e/o cemento microspartico.

#### **Altri componenti in quantità accessorie.**

**Pirite.** Pirite autigena framboidale si osserva all'interno dei bioclasti.

#### **Materiale interstiziale.**

**Matrice.** È costituita da micrite di colore bruno. Si distribuisce sia all'interno delle camere dei bioclasti sia tra i granuli.

**Cemento.** Chiaramente riconoscibile è il cemento sintassiale accresciuto in continuità ottica sui bioclasti di Echinodermi.

#### **Effetti diagenetici.**

La roccia nel complesso mostra di aver subito processi diagenetici in momenti diversi:

- 1) cementazione calcitica non troppo precoce e non abbondante, testimoniata dai contatti compenetrati e suturati tra i granuli, che suggeriscono una compattazione non ostacolata da cementazione (diagenesi isochimica);
- 2) dissoluzione e alterazione diagenetica tardiva e/o epigenetica e alterazione recente

## Classificazione

La roccia si può classificare come un Grainstone ad Alghè Rosse, Molluschi, Echinodermi e Foraminiferi.

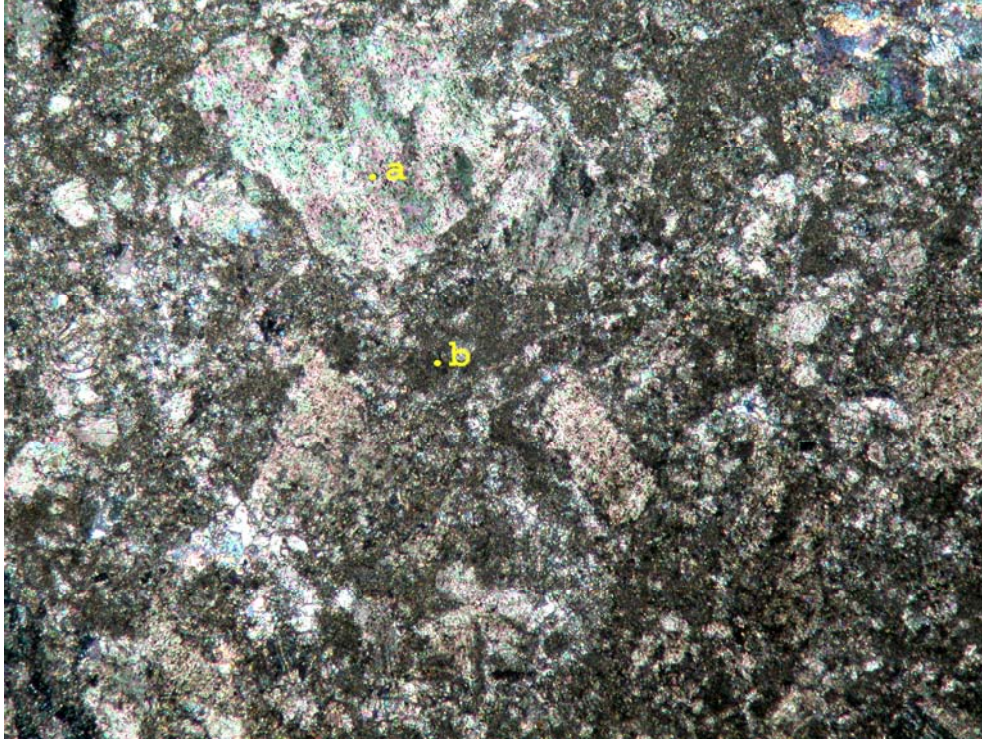
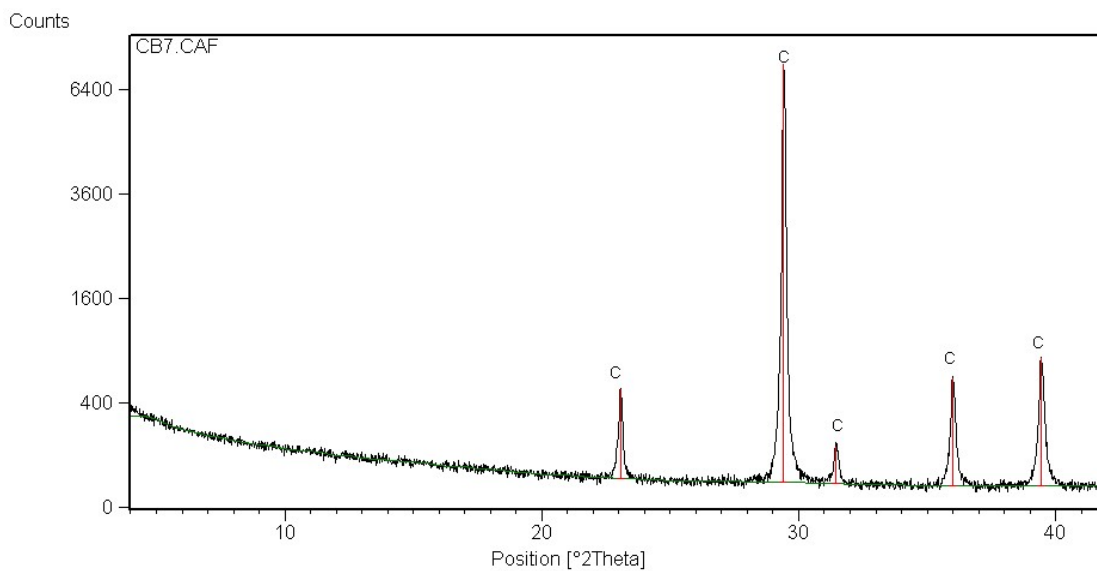


Figura 30; Campione Cb7, visione della sezione al Microscopio a luce trasmessa, Nicols // 5x.  
Sono evidenti i granuli di Bioclasti (a), e la matrice di fondo (b).

## Diffrazione delle polveri.



L'analisi diffrattometrica ha evidenziato la presenza di una sola fase mineralogica dominante: la Calcite  $\text{CaCO}_3$  (C).

Sul campione non sono state effettuate ulteriori analisi per la quantità ridotta di materiale presente dopo la preparazione della sezione sottile e per l'affinità con altri campioni più abbondanti.

## Campione Cf8

### **Descrizione Microscopica.**

A livello macroscopico la roccia appare una calcarenite a grana medio - fine.

Del reperto Cf8 è stata eseguita una sezione sottile trasversale (Figura 31), per consentire una precisa analisi petrografica del litotipo mediante osservazione al microscopio ottico a luce trasmessa (OM).

La roccia risulta costituita da una prevalente componente organogena intrabacinale a cui si somma una significativa frazione extrabacinale silicoclastica.

In sezione sottile appare con granulometria eterogenea.

La struttura del campione è isotropa.

La tessitura è clastica. Il supporto è granulare.

I granuli risultano sia flottanti sia a contatto, con contatti puntiformi, lunghi, raramente concavo - convessi e suturati.

La porosità è bassa, con pori tendenzialmente equidimensionali e distribuzione omogenea all'interno della sezione. Si tratta prevalentemente di porosità intragranulare con rarissimi casi di porosità intergranulare.

I bioclasti sono di varie tipologie, con forme e dimensioni variabili; in particolare gli Echinodermi raggiungono dimensioni plurimicrometriche. I contorni sono generalmente sub - arrotondati, con spigoli smussati, spesso poco visibili perché corrosi da dissoluzione e/o risedimentazione. I margini dei granuli sono talvolta marcati da ossidi quali goethite e limonite.

La frazione silicoclastica è composta da diverse fasi mineralogiche, con margini dei granuli generalmente spigolosi e solo eccezionalmente sub - arrotondati.

Il materiale interstiziale è costituito prevalentemente da micrite; il cemento è molto scarso. Localmente è presente del tritume organogeno.

La sezione mostra un discreto stato di conservazione per la presenza di una minima alterazione diffusa su alcuni componenti, e rari addensamenti di goethite e limonite.

Tra i componenti della frazione silicoclastica sono identificabili granuli deformati, in particolare i frammenti di miche si presentano come lamelle incurvate mentre i grani di quarzo sono caratterizzati da estinzione anomala.

### **Tipi di granuli.**

Si tratta per la maggior parte di bioclasti (50 - 60%); la frazione silicoclastica è valutabile intorno al 15 - 20%.

### **Bioclasti (50 - 60%).**

**Echinodermi (20%).** Sono abbondanti e presenti in frammenti di dimensioni variabili. Si riconoscono sia piastrine che radioli, consistenti in monocristalli di calcite avvolti da un orlo di cemento limpido sintassiale. Presentano per lo più un'aspetto pulverulento per la struttura cribrosa mineralizzata a pirite.

**Foraminiferi (20%).** Si tratta quasi esclusivamente di Foraminiferi planctonici a guscio ialino (Globigerinoidi). Nelle camere dei bioclasti si individua pirite autigena framboideale caratterizzata da piccoli cristalli opachi.

**Briozoi.** Si individuano abbondanti frammenti di Briozoi, caratterizzati da una struttura a celle molto ben definite.

**Molluschi.** Sono piuttosto rari e mostrano forme rettangolari di valve disarticolate allungate con bordi sub - arrotondati. Sono costituiti da calcite spatica localmente micritizzata. Alcuni bioclasti di molluschi presentano margini mineralizzati a limonite o goethite.

### **Frazione silicoclastica extrabacinale (15 - 20%)**

**Quarzo.** Abbondante è la presenza di quarzo, abbastanza ben classato, con contorni da angolosi a sub - angolosi. Si presenta incolore, trasparente, con rilievo medio - basso a nicols paralleli, sia mono - che poli - cristallino.

**Muscovite.** E' presente in piccoli cristalli incolori, perfettamente trasparenti, con abito tabulare che determina contorni rettangolari. Sono distribuiti nella sezione irregolarmente e presentano una forma lievemente arcuata.

**Fosfati e/o vetro vulcanico.** Risulta incerta l'attribuzione di numerosi granuli, con forme irregolari, colorazione dal giallino al giallo - aranciato a nicols paralleli e sostanzialmente isotropi a nicols incrociati (talora l'estinzione risulta anomala e non perfettamente uniforme). Lo stesso materiale costituisce localmente il riempimento delle camere dei Foraminiferi.

**Feldspati.** Alcuni granuli di feldspato sono rintracciabili all'interno della sezione.

**Biotite.** Si trovano alcuni granuli di forma irregolare distribuiti in modo eterogeneo nella sezione. Sono individuabili cristalli pleocroici sui toni del bruno – rossiccio - beige.

**Clorite.** Deriva dall'alterazione della biotite ed è più o meno intensamente colorata di verde. È distribuita con qualche cristallo di forma irregolare all'interno della sezione.

**Litoclasti.** Si osservano alcuni frammenti di rocce Metamorfiche e Vulcaniche.

**Anfiboli.** Si individuano alcuni frammenti di Glaucofone, con rilievo medio e tipico pleocroismo con toni dall' azzurro – violetto all'azzurro intenso.

#### **Altri componenti in quantità accessorie.**

**Goethite.** Diffusa in sezione prevalentemente sottoforma di plaghe, che colorando la matrice e i bioclasti. Localmente sembra alterata in limonite, perché conferisce al tessuto roccioso un colore ruggine.

**Pirite.** Autigena framboidale si osserva all'interno di bioclasti e localmente isolata.

#### **Materiale interstiziale.**

**Matrice.** E' il materiale interstiziale prevalente; si presenta come calcite microcristallina, colorazione bruna e grana da media a fine; localmente presenta aspetto terroso.

**Cemento.** Il cemento è scarso. Si tratta prevalentemente di cemento carbonatico sintassiale, accresciuto in continuità ottica sui bioclasti di Echinodermi.

#### **Effetti diagenetici.**

La roccia nel complesso mostra di aver subito processi diagenetici in momenti diversi:

- 1) cementazione calcitica non troppo precoce e non abbondante, testimoniata dai contatti compenetrati e suturati tra i granuli, che suggeriscono una compattazione non ostacolata da cementazione (diagenesi isochimica);

2) dissoluzione e alterazione diagenetica tardiva e/o epigenetica (goethitizzazione e limonitizzazione) e alterazione recente.

**Classificazione.**

La roccia è classificabile come un Packstone a Echinodermi e Foraminiferi Planctonici.

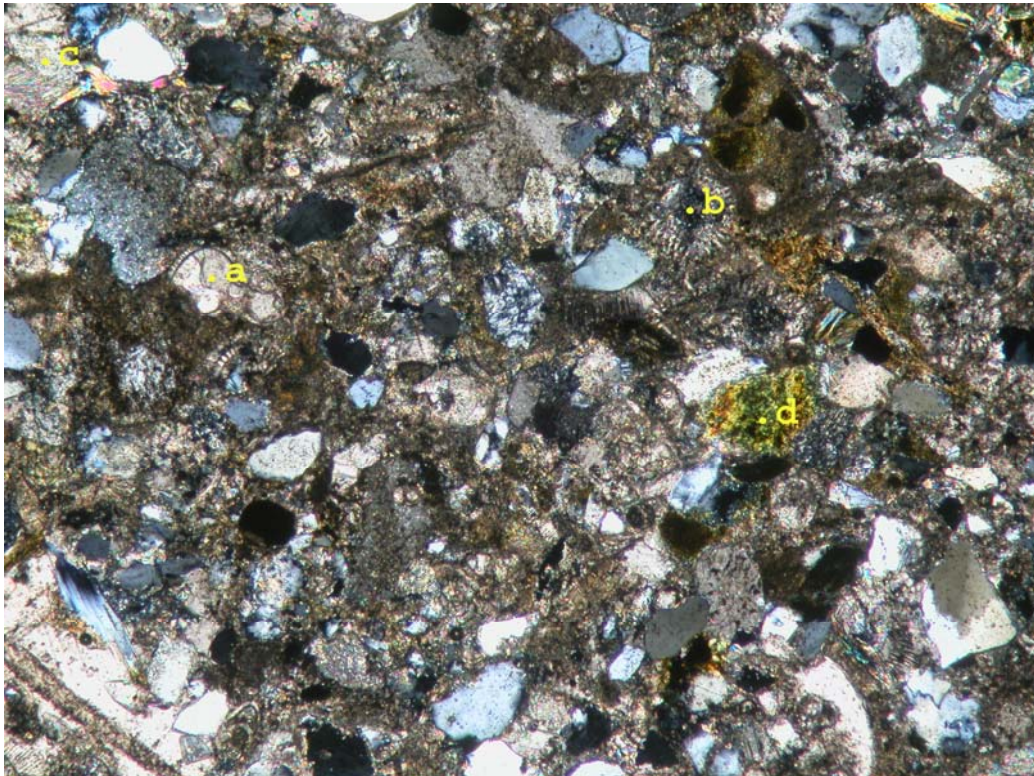
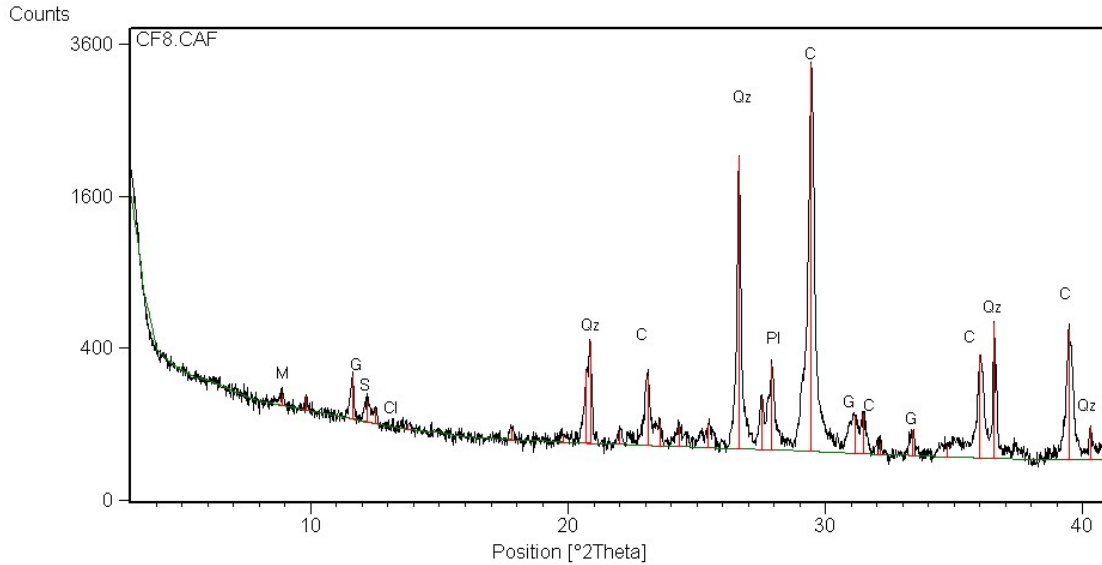


Figura 31; Campione Cf8, visione della sezione al Microscopio a luce trasmessa, Nicols // 5x.  
Sono evidenti Foraminiferi (a), Briozoi (b), Echinodermi (c) e il Vetro (d).



## Diffrazione dei Polveri.



L'interpretazione del diffrattogramma evidenzia in ordine di abbondanza la presenza di Quarzo  $\text{SiO}_2$  (Qz) (Figura 31), Calcite  $\text{CaCO}_3$  (C), Plagioclasio (Pl), K - Feldspato, Gesso  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (G), Clorite  $(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+}, \text{Al})_6(\text{OH})(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}$  (Cl), Serpentino (S) Protodolomite (PD) e tracce di Miche (M).

### Determinazione del residuo insolubile.

Si è valutato circa 1 grammo di campione per stimare la quantità di sostanza non carbonatica. Dopo la dissoluzione in acido il residuo insolubile estratto è pari a 0,33g che corrisponde al 33% del campione totale.

### Analisi XRF.

Percentuali in ossidi degli elementi maggiori:

$\text{SiO}_2$	$\text{TiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{FeO}$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{MnO}$
27,02	0,15	3,91	0,24	1,41	0,04

$\text{MgO}$	$\text{CaO}$	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{P}_2\text{O}_5$	<i>L.O.I.</i>	Tot
2,22	31,87	0,70	0,91	0,16	27,40	96,03

### Elementi in Traccia (ppm)

S	Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Rb
27666	<5	30	128	9	59	<3	28	5	33

Sr	Y	Zr	Nb	Ba	La	Ce	Nd	Pb	Th	U
837	13	63	3	1051	<10	38	<10	17	<3	<3

E' stata condotta un 'analisi chimica sul campione totale. Stando alle percentuali in ossidi degli elementi maggiori si nota l'abbondanza del Calcio, legato per lo più alla componente carbonatica, e del Silicio relazionabile alla frazione silicoclastica. Significativi sono i contenuti in  $Al_2O_3$ ,  $MgO$  e  $Fe_2O_3$ . Tra gli elementi in traccia è notevole la presenza dello zolfo, da riferire alla fase mineralogica del Gesso e anche al vetro vulcanico. Anche lo Stronzio è quantitativamente discreto, in linea con la componente biologica e silicoclastica.

## Campione Cb9

### **Descrizione Microscopica.**

Macroscopicamente la roccia è una calcarenite a grana molto fine.

Del reperto Cb9 è stata eseguita una sezione sottile trasversale (Figura 32), per consentire una precisa analisi petrografica del litotipo mediante osservazione al microscopio ottico a luce trasmessa (OM).

La roccia è composta da una abbondante componente organogena intrabacinale e cui si somma una discreta frazione extrabacinale silicoclastica.

In sezione sottile appare con granulometria eterogenea.

La struttura del campione è leggermente anisotropa per una lieve orientazione preferenziale dei bioclasti allungati, secondo delle laminazioni piano – parallele.

La tessitura è clastica. Il supporto è granulare.

I granuli risultano sia flottanti sia a contatto, con contatti puntiformi, lunghi, raramente concavo - convessi e suturati.

La porosità è media e distribuita in modo omogeneo in tutta la sezione. I pori sono spesso piccoli e rotondeggianti, sia intergranulari che intragranulari.

I bioclasti sono costituiti per la quasi totalità da frammenti di Spicole di Spugna equidimensionali. Le forme dominanti sono quelle allungate con contorni solitamente sub - arrotondati, con spigoli smussati. I granuli sono generalmente poco visibili perché corrosi da dissoluzione e/o risedimentazione; talvolta sono invece marcati da ossidi (goethite, limonite).

La frazione silicoclastica (15 - 20%) è distribuita in modo regolare nella sezione con granuli di dimensioni molto ridotte e contorni da sub – angolari a sub – arrotondati.

Il materiale interstiziale è molto abbondante e costituito da micrite; il cemento è scarsissimo e localizzato come riempimento nelle camere di alcuni bioclasti.

Notevole è l'alterazione dei minerali opachi quali goethite e limonite. Tali ossidi - idrossidi si distribuiscono in plaghe, occupando pori intragranulari della roccia e impregnando i bioclasti.

### **Tipi di granuli.**

Si tratta per la maggior parte di bioclasti (40%); la frazione silicoclastica è stimabile intorno al 15 - 20%.

### **Bioclasti (40%)**

**Spugne (25 - 35%).** Rappresentano i bioclasti dominanti. Si tratta di frammenti di spicole monoassone, caratterizzati da forme allungate con estremità spesso più sottili; alcune presentano un canale centrale marcato da ossidi. Benché distribuite abbastanza omogeneamente all'interno della sezione talora originano locali addensamenti. In alcuni casi sono difficilmente identificabili perché presentano bordi corrosi da dissoluzione e/o risedimentazione o perché nascosti dalle sostituzioni di ossidi come goethite o limonite.

**Foraminiferi.** Si riconoscono Foraminiferi planctonici a guscio ialino (Globigerinoidi) e porcellanaceo, alcuni dei quali leggermente dissolti. All'interno delle camere è presente un aggregato microcristallino opaco di pirite framboidale.

**Molluschi.** Sono presenti tracce di Lamellibranchi pelagici di sezione rettangolare e/o arcuata, con contorni sub - arrotondati. Alcuni bioclasti di molluschi presentano margini mineralizzati a limonite o goethite

**Frazione silicoclastica extrabacinale (15 - 20%).**

**Quarzo.** È poco abbondante e si presenta incolore, trasparente, con rilievo medio – basso a nicols paralleli, generalmente monocristallino. A nicols incrociati presenta massimi colori di interferenza bianchi. Il quarzo risulta isodiametrico, a grana molto fine e contorni da sub - angolari a sub - arrotondati.

**Vetro vulcanico.** Si presenta con forme irregolari, colorazione dal giallino al giallo - aranciato a nicols paralleli e sostanzialmente isotropo a nicols incrociati (talora l'estinzione risulta anomala e non perfettamente uniforme). Lo stesso materiale costituisce localmente il riempimento delle camere dei Foraminiferi.

**Muscovite.** È presente in rari cristalli allungati disseminati all'interno della sezione.

**Altri componenti in quantità accessorie.**

**Selce.** È distribuita in modo eterogeneo nella sezione. Si riconosce per essere incolore a nicols paralleli e con tipica struttura “pepe – sale” a nicols incrociati. E' diffusa sia in spazi intra - che inter - granulari.

**Goethite.** Diffusa in sezione, sia in forma granulare che disseminata lungo cavità intragranulari e intergranulari. E' di colore bruno più o meno intenso con sfumature arancio gialle, localmente sembra alterata in limonite, conferendo al tessuto roccioso un colore ruggine.

**Pirite.** Qualche granulo di pirite autigena framboideale si osserva all'interno delle camere dei bioclasti (Globigerinoidi).

**Glaucosite.** Non è molto abbondante; si osservano granuli sparsi di colore verde - giallo da pallido a intenso a nicols paralleli, microcristallini con aspetto “pepe – sale” a nicols incrociati.

**Rutilo.** In sezione appare con forme irregolari e colore marrone – rossastro – aranciato scuro. Data la sua colorazione intensa il minerale mantiene lo stesso colore sia a nicols paralleli che incrociati.

**Materiale interstiziale**

**Matrice.** È molto abbondante e si presenta come calcite microcristallina di colorazione bruna con grana fine.

**Cemento.** Si tratta prevalentemente di cemento intragranulare carbonatico, presente all'interno di cavità protette prodotte dai gusci dei Foraminiferi. E' presente come cemento sparitico e microsparitico.

**Effetti diagenetici.** Oltre alla cementazione si nota la presenza di una significativa dolomitizzazione sia intra - che inter - granulare, che si manifesta sia in una dolosparite minuta continua molto limpida, sia in disseminati euedri romboedrali.

La roccia è interessata da silicizzazione.

La roccia nel complesso mostra di aver subito processi diagenetici in momenti diversi:

- 1) cementazione calcitica non troppo precoce e non abbondante, testimoniata dai contatti compenetrati e suturati tra i granuli, che suggeriscono una compattazione non ostacolata da cementazione (diagenesi isochimica);
- 2) a. possibile dissoluzione secondaria e riprecipitazione di un cemento dolomitico relativamente minuto e di euedri più grossolani casualmente distribuiti nel tessuto della roccia (diagenesi allochimica);  
b. processo di silicizzazione (diagenesi allochimica);
- 3) dissoluzione e alterazione diagenetica tardiva e/o epigenetica (goethitizzazione e limonitizzazione) e alterazione recente.

### **Classificazione**

La roccia si può classificare come un Packstone a Spicole di Spugna.

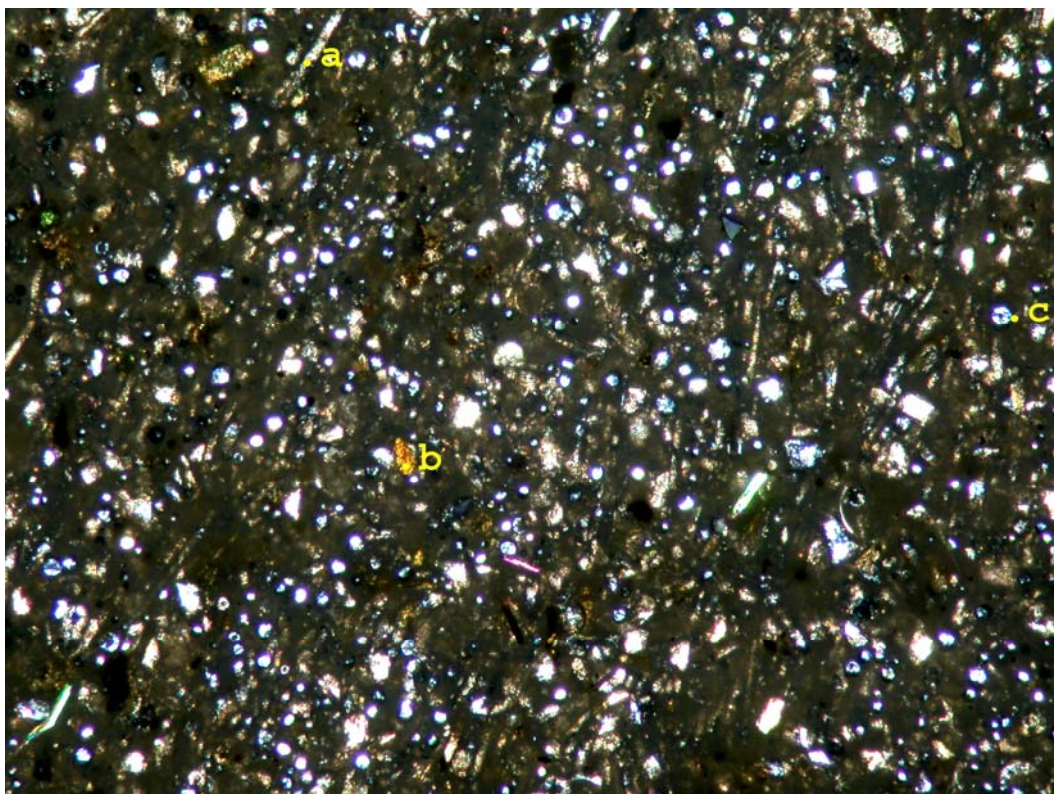
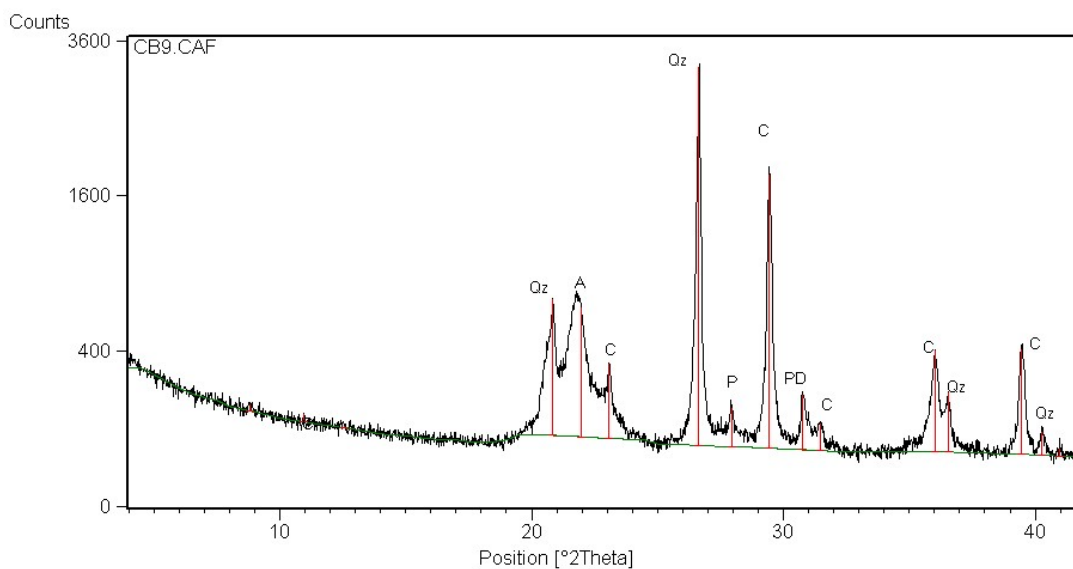


Figura 32; Cb9, visione della sezione al Microscopio a luce trasmessa, Nicols // 5x.  
Sono evidenti Spicole di Spugna (a), Rutilo (b), e il Vetro (c).

### Diffrazione delle Polveri.



L'analisi diffrattometrica delle polveri ha evidenziato, a differenza degli altri campioni di Flysch provenienti dalla controfacciata, l'abbondanza del Quarzo  $\text{SiO}_2$  (Qz), seguita da Calcite  $\text{CaCO}_3$  (C) e Opale o Cristobalite – Tridimite (A).

In tracce è riconoscibile la presenza di Protodolomite (PD) e Plagioclasio (P).

## Campione Cb10

### **Descrizione Microscopica.**

Macroscopicamente la roccia è una calcarenite a grana fine.

Del campione Cb10 è stata eseguita una sezione sottile trasversale, per consentire una precisa analisi petrografica del litotipo mediante osservazione al microscopio ottico a luce trasmessa (OM).

La roccia è costituita da una predominante componente organogena intrabacinale oltre che da una modesta frazione extrabacinale silicoclastica.

In sezione sottile appare con granulometria generalmente eterogenea.

La struttura del campione è anisotropa poiché i granuli allungati risultano lievemente orientati secondo delle direzioni preferenziali piano parallele. Anche alcuni inclusi pelitici evidenziano la medesima disposizione.

La tessitura è clastica. Il supporto è granulare. I granuli sono sia flottanti sia a contatto, con contatti puntiformi, lunghi, raramente concavo - convessi e suturati.

La porosità è abbondante e distribuita omogeneamente all'interno della sezione. I pori sono intergranulari, ma soprattutto intragranulari.

I bioclasti sono di forme e tipologie varie. Sono presenti Foraminiferi, Echinodermi. e Molluschi. I contorni dei grani sono generalmente sub - arrotondati, con spigoli smussati. Spesso i margini dei microfossili risultano poco identificabili perché corrosi da dissoluzione e/o risedimentazione.

La frazione silicoclastica, a dominante composizione quarzosa, è formata da granuli con contorni spigolosi o sub - angolosi.

La matrice è abbondante; è diffuso anche il cemento, di tipo carbonatico, soprattutto a livello intragranulare. E' localmente presente del tritume organogeno.

La roccia si presenta in uno scarso stato di conservazione per la presenza di diffuse plaghe di ossidi nella matrice e in spazi intergranulari.

### **Tipi di granuli.**

Si tratta per la maggior parte di bioclasti (55 - 65%); la frazione silicoclastica è stimabile intorno al 10 - 20%.

**Bioclasti (55 - 65%).**

**Foraminiferi (30%).** Si individuano quasi esclusivamente Foraminiferi planctonici a guscio ialino (Globigerinoidi). Si riconoscono sporadici frammenti di Macro - Foraminiferi bentonici a guscio ialino come Rotalidi, Anfistegine e a guscio agglutinante (Textularidi). All'interno delle camere è presente un aggregato microcristallino opaco di pirite framboidale.

**Molluschi.** Rappresentati da diversi frammenti di guscio, tipicamente disarticolati, con forma rettangolare allungata o arcuata e margini sub - arrotondati. I gusci sono generalmente spatici, localmente micritizzati. Alcuni bioclasti hanno margini mineralizzati a limonite o goethite. Sono visibili esempi di Gasteropodi.

**Echinodermi.** Sono riconoscibili diversi frammenti di Echinodermi distribuiti in modo disomogeneo all'interno della sezione. Sono riconoscibili sia piastrine che radioli consistenti in monocristalli di calcite con un orlo di cemento sintassiale. Appaiono caratterizzati da una superficie polverulenta, quasi sempre fibrosa e mineralizzata a pirite.

**Briozoi.** E' presente qualche bioclasto caratterizzato da una struttura a celle, molto ben definite.

**Litoclasti intrabacinali.** Si tratta di inclusi pelitici allungati. Si compongono prevalentemente di micrite fortemente terrosa al cui interno sono presenti granuli minuti di minerali silicatici.

**Frazione silicoclastica extrabacinale (10 - 20%).**

**Quarzo.** È presente in sezione con granuli a contorno spigoloso o sub - spigoloso. Si riconosce sia in monocristalli che in granuli policristallini. I monocristalli presentano estinzione retta. Alcuni granuli hanno un'estinzione anomala, forse dovuta a processi deformativi.



**Muscovite.** Si presenta in cristalli incolori, perfettamente trasparenti, con abito tabulare che determina sezioni rettangolari. Presenta tracce di sfaldatura molto ben visibili. Il rilievo è medio. I massimi colori di interferenza sono del 3° ordine

**Fosfati e/o vetro vulcanico.** Di forma irregolare, colori dal giallino al giallo - aranciato a nicols paralleli e sostanzialmente isotropi a nicols incrociati (talora l'estinzione risulta anomala e non perfettamente uniforme). Lo stesso materiale localmente riempie le camere dei Foraminiferi.

**Feldspati.** Sono molto scarsi all'interno della sezione. Il caratteristico abito tabulare si manifesta in sezione sottile con cristalli dalle morfologie rettangolari o sub - rettangolari. A nicols paralleli presentano rilievo basso, sono incolori e localmente alterati in sericite – caolino, che conferiscono al minerale un aspetto terroso riducendo la sua originaria trasparenza. A nicols incrociati presenta massimi colori di interferenza grigi e in alcuni casi geminazione di tipo Carsbald.

**Biotite.** E' quasi totalmente alterata in clorite anche se sussistono rari cristalli tendenzialmente preservati. L'abito tabulare determina morfologie rettangolari o rotondeggianti (sezioni basali). Ha rilievo medio, sfaldatura ottima, visibile con un unico sistema di tracce di sfaldatura nelle sezioni rettangolari, parallele al lato maggiore; risulta pleocroica sui toni del bruno - rossiccio - beige. Il minerale presenta colori anomali di interferenza a causa dell'intenso colore.

**Clorite.** Deriva dall'alterazione della biotite ed è più o meno intensamente colorata di verde. Presenta massimi colori di interferenza grigi.

**Litoclasti.** Si individuano frammenti di rocce metamorfiche.

#### **Materiale interstiziale.**

**Matrice.** Il materiale interstiziale è costituito da calcite microcristallina di colore bruno con grana da media a fine, localmente presenta un aspetto terroso.

**Cemento.** Il cemento è abbastanza abbondante rispetto alle sezioni Ca11 e Cb10. Si tratta per lo più di cemento carbonatico intragranulare e in minor misura di cemento intergranulare. Molto ben visibile risulta il cemento sintassiale che si accresce in continuità ottica sui bioclasti di Echinodermi. Si riconosce localmente del cemento a mosaico.

### **Altri componenti in quantità accessorie.**

**Goethite.** È presente in plaghe o come colorazione diffusa dei bioclasti e della matrice. Si individua per la tipica colorazione bruno-arancio.

**Pirite.** È presente all'interno delle camere dei bioclasti e localmente negli spazi intergranulari. Si riconosce perché costituita da piccoli cristalli opachi.

**Glauconite.** Si osservano granuli distinguibili di colore verde - giallo da pallido a intenso a nicols paralleli, microcristallini con aspetto "pepe - sale" a nicols incrociati.

### **Effetti diagenetici.**

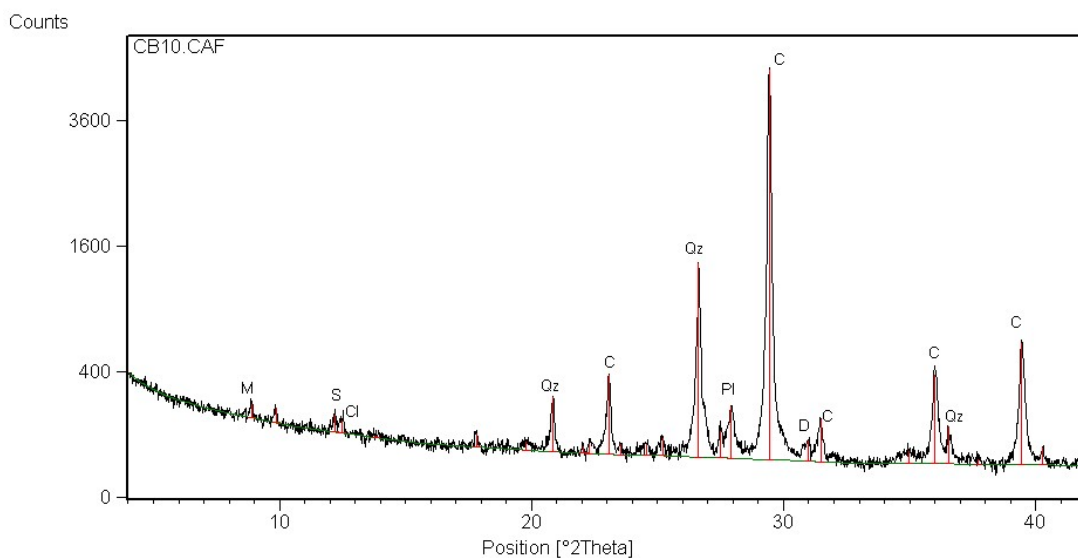
La roccia nel complesso mostra di aver subito processi diagenetici in momenti diversi:

- 1) cementazione calcitica non troppo precoce e non abbondante, testimoniata dai contatti compenetrati e suturati tra i granuli, che suggeriscono una compattazione non ostacolata da cementazione (diagenesi isochimica);
- 2) dissoluzione e alterazione diagenetica tardiva e/o epigenetica (goethitizzazione e limonitizzazione) e alterazione recente.

### **Classificazione.**

La roccia si può classificare come Packstone a Foraminiferi Planctonici, Echinodermi e Molluschi .

### **Diffrazione delle Polveri.**



La diffrazione delle polveri ha evidenziato come fasi mineralogiche dominanti:

Calcite  $\text{CaCO}_3$  (C), Quarzo  $\text{SiO}_2$  (Qz), Plagioclasti (Pl), Miche (M), Clorite ( $\text{Mg, Fe}^{2+}$ ,  $\text{Al}_6(\text{OH})(\text{Si,Al})_4\text{O}_{10}(\text{Cl})$ ), Serpentino (S) e Zeolite (Z).

Tra le fasi mineralogiche in traccia si riconoscono: Dolomite  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  (D) e forse Protodolomite (PD).

### **Determinazione del residuo insolubile.**

La determinazione è stata condotta su circa un grammo di campione per valutare la quantità di carbonati e materiale solubile in HCl presente. Dopo l'indagine il quantitativo di campione presente è 0,27g pari al 27% del campione totale.

## Campione Ca11

### **Descrizione Microscopica.**

A livello macroscopico la roccia è una calcarenite a grana fine.

Del reperto Ca11 è stata eseguita una sezione sottile trasversale (Figura 33), per consentire una precisa analisi petrografica del litotipo mediante osservazione al microscopio ottico a luce trasmessa (OM).

La roccia è composta da una dominante frazione organogena intrabacinale a cui si aggiunge una significativa componente silicoclastica extrabacinale.

In sezione sottile appare con granulometria eterogenea.

La struttura del campione è leggermente anisotropa, per una lieve orientazione dei granuli allungati.

La tessitura è clastica. Il supporto è granulare, con granuli sia flottanti sia a contatto. I contatti sono puntiformi, lunghi, raramente concavo - convessi e suturati.

La porosità è media e distribuita su tutta la sezione: i pori, di forme e dimensioni variabili, sono sia intragranulari che intergranulari.

I bioclasti sono di forme e tipologie varie. Tra i più abbondanti si riconoscono frammenti di Echinodermi, Foraminiferi e Molluschi. I contorni sono generalmente sub - arrotondati, con spigoli smussati e spesso non ben identificabili perché corrosi da dissoluzione e/o risedimentazione.

La componente silicoclastica è costituita da granuli di forme estremamente varie e pluridimensionali, con contorni da spigolosi a sub – angolosi ed eccezionalmente sub - arrotondati.

Nel complesso la roccia non risulta molto cementata. Quando è presente il cemento è carbonatico e si localizza all'interno delle camere dei bioclasti o in spazi intergranulari. La matrice è abbondante; localmente è presente del tritume organogeno.

La roccia si presenta in un mediocre stato di conservazione per un'alterazione mediamente diffusa, testimoniata da numerose impregnazioni da parte di ossidi – idrossidi sia sui granuli dell'ossatura che sul materiale interstiziale.

Tra i componenti la frazione silicoclastica si individuano granuli deformati, in particolare le lamelle di mica appaiono incurvate e talora arcuate. Anche alcuni frammenti di quarzo, riconoscibili poichè caratterizzati da estinzione anomala, denotano di aver subito processi deformativi.

### **Tipi di granuli.**

Si tratta per la maggior parte di bioclasti (50 - 55%); la componente silicoclastica è stimabile intorno al 10 - 15%

### **Bioclasti (50 - 55%).**

**Foraminiferi (20%).** Si individuano quasi esclusivamente Foraminiferi planctonici a guscio ialino (Globigerinoidi). Sporadici sono i frammenti di Macro - Foraminiferi bentonici a guscio ialino come Rotalidi, Anfistegine e a guscio agglutinante (Textularidi). Spesso all'interno delle camere è presente un aggregato microcristallino opaco di pirite framboidale.

**Echinodermi (15 - 20%).** Sono abbastanza abbondanti, con forme molto variabili. Si riconoscono sia piastrine sia radioli, in monocristalli di calcite avvolti da un orlo di cemento calcitico limpido con crescita sintassiale. Presentano per lo più un'apparenza pulverulenta, quasi sempre con struttura cribrosa mineralizzata a pirite.

**Molluschi.** Sono rappresentati da frammenti di gusci disarticolati di sezione rettangolare e/o arcuata, con margini sub - arrotondati. Molto ben riconoscibili sono i frammenti di Lamellibranchi pelagici, caratterizzati da gusci di spessore molto ridotto. In alcuni è ancora visibile la microstruttura monostato di calcite prismatica.

**Briozoi.** È presenta qualche bioclasto caratterizzato da una struttura a celle ben definite e spazi intragranulari occupati da ossidi e/o cemento microsparitico e/o micrite.

**Frazione silicoclastica extrabacinale (10 - 15%).**

**Quarzo.** Si presenta incolore, isodiametrico, trasparente, con rilievo medio – basso a nicols paralleli, sia mono - che poli - cristallino. A nicols incrociati presenta massimi colori di interferenza bianchi. Il quarzo monocristallino è caratterizzato da estinzione per lo più retta anche se non mancano casi di estinzione ondulata legata alla deformazione del minerale; spesso al suo interno si distinguono vacuoli o microliti. Entrambe le varietà si presentano con forme varie e in genere con contorni spigolosi e meno frequentemente sub - arrotondati.

**Muscovite.** Si presenta in cristalli idiomorfi incolori, perfettamente trasparenti, con abito tabulare che determina morfologie rettangolari. Presenta tracce di sfaldatura molto ben visibili. Il rilievo è medio. I massimi colori di interferenza sono del 3° ordine

**Fosfati e/o vetro vulcanico.** Si presentano con forme irregolari, colore dal giallino al giallo - aranciato a nicols paralleli e sostanzialmente isotropi a nicols incrociati (talora l'estinzione risulta anomala e non perfettamente uniforme). Lo stesso materiale costituisce localmente il riempimento delle camere dei Foraminiferi.

**Feldspati.** Rari nella sezione, sono riconoscibili mediante il caratteristico abito tabulare con cristalli idiomorfi rettangolari o sub - rettangolari. A nicols paralleli presentano rilievo basso, sono incolori e localmente alterati in sericite - caolino che conferiscono al minerale un aspetto terroso riducendo la sua originaria trasparenza. A nicols incrociati presenta massimi colori di interferenza grigi e in alcuni casi geminazione di tipo Carsbald.

**Biotite.** E' quasi totalmente alterata in clorite anche se sussistono rari cristalli tendenzialmente preservati. L'abito tabulare determina in sezione morfologie rettangolari o rotondeggianti (sezioni basali). Ha rilievo medio, sfaldatura ottima, visibile con un unico sistema di tracce di sfaldatura nelle sezioni rettangolari, parallele al lato maggiore; risulta pleocroica sui toni del bruno - rossiccio - beige. La sezione basale è priva di tracce di sfaldatura e di pleocroismo. Il minerale presenta colori anomali di interferenza a causa dell'intenso colore.

**Clorite.** È il prodotto di alterazione della biotite ed è riconoscibile perché più o meno intensamente colorato di verde.

**Litoclasti.** Sono presenti alcuni frammenti di rocce metamorfiche.

**Inclusi Pelitici:** sono caratterizzati da forme allungate e contorni molto irregolari dovuti alla compattazione. Si compongono prevalentemente di micrite fortemente terrosa al cui interno sono presenti granuli minuti di minerali silicatici.

#### **Altri componenti in quantità accessorie.**

**Goethite.** E' di colore bruno più o meno intenso con sfumature arancio gialle, localmente sembra alterata in limonite; la quale conferisce al tessuto roccioso un colore ruggine. Si presenta nella sezione sottoforma di plaghe o di colorazione diffusa della matrice.

**Pirite.** All'interno delle camere è presente un aggregato microcristallino opaco di pirite frambolidale.

#### **Materiale interstiziale.**

**Matrice.** È presente come calcite microcristallina di colorazione bruna con grana da media a fine. Si individuano nella sezione delle striature scure più intense, forse dovute ad un addensamento di micrite.

**Cemento.** Si tratta prevalentemente di cemento intragranulare e meno frequentemente intergranulare carbonatico, sparitico e microsparitico. All'interno dei gusci dei Foraminiferi si individuano rare fenestrate con cemento ortosparitico limpido. Molto ben riconoscibile è il cemento sintassiale che si accresce in continuità ottica sui bioclasti di Echinodermi.

#### **Effetti diagenetici.**

La roccia nel complesso mostra di aver subito processi diagenetici in momenti diversi:

- 1) cementazione calcitica non troppo precoce e non abbondante, testimoniata dai contatti compenetrati e suturati tra i granuli, che suggeriscono una compattazione non ostacolata da cementazione (diagenesi isochimica);
- 2) dissoluzione e alterazione diagenetica tardiva e/o epigenetica (goethitizzazione e limonitizzazione) e alterazione recente.

### **Classificazione.**

La roccia si può classificare come un Packstone – Grainstone a Echinodermi e Foraminiferi Planctonici.

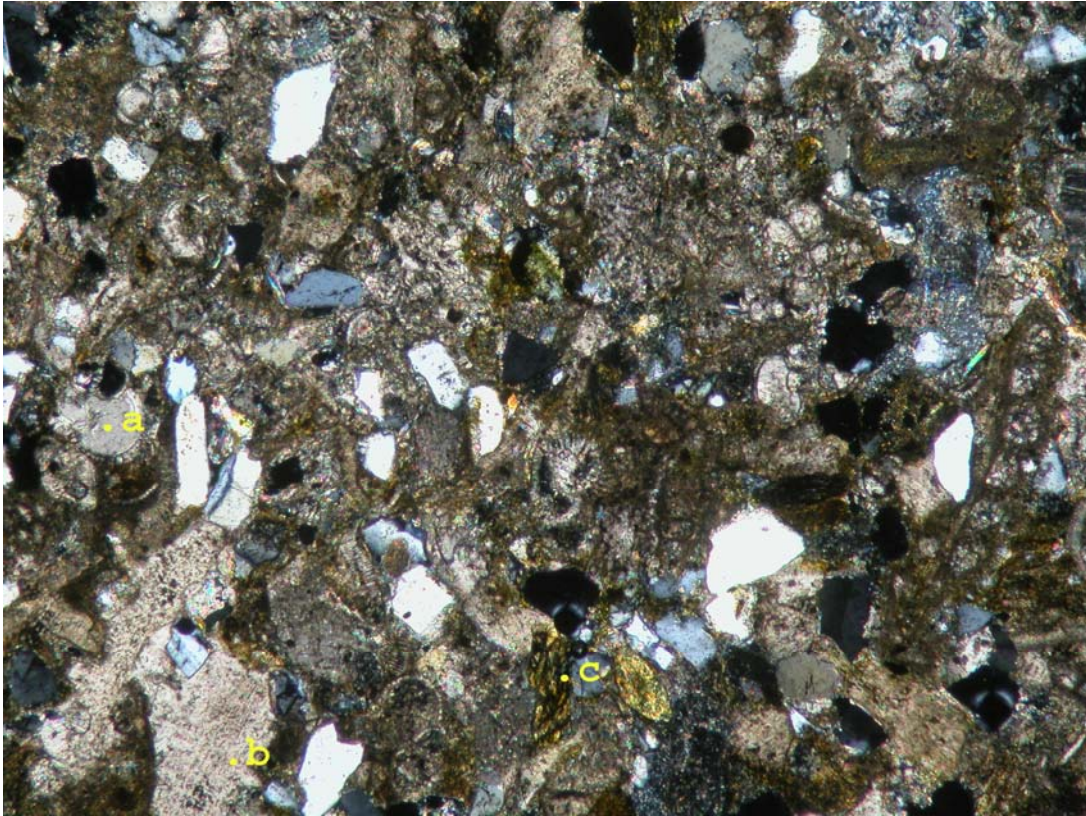


Figura 33; Campione Ca11, visione della sezione al Microscopio a luce trasmessa, Nicols // 5x.  
Sono evidenti Foraminiferi (a), Echinodermi (b), e Fosfati o Vetro (c).

## Campione Ca12

### **Descrizione Microscopica.**

Macroscopicamente la roccia è un calcare rossastro nodulare.

Del reperto Ca12 è stata eseguita una sezione sottile trasversale (Figura 34), per consentire una precisa analisi petrografia del litotipo mediante osservazione al microscopio a luce trasmessa (OM).

In sezione sottile la granulometria si rivela molto eterogenea e quindi la roccia è mal classata.

La struttura del campione è nettamente anisotropa per nodularità e per la disposizione caotica dei bioclasti allungati. Solo localmente questi presentano una disposizione piano parallela .

Si osservano superfici stilolitiche e microstilolitiche spesso marcate da contorni e plaghe di goethite – limonite. Sono inoltre presenti cavità secondarie occupate da calcite spatica, con distribuzione e andamento casuale, che suggeriscono processi di bioturbazione.

La tessitura è clastico – cristallina - organogena.

Il supporto è granulare con granuli sia flottanti, sia a contatto , con contatti puntiformi, lunghi raramente concavo convessi e suturati.

La porosità è bassa e risulta omogeneamente distribuita. I pori sono di forme e dimensioni variabili, si tratta per la maggior parte di porosità intergranulare anche se non mancano esempi di porosità intragranulare, con lacune all'interno delle cavità camerale dei Foraminiferi. Spesso le concavità dei bioclasti di Lamellibranchi danno luogo a riempimenti con effetto ad “ombrello”.

I bioclasti sono di forme estremamente varie, in particolare i bivalvi pelagici denotano estrema variabilità dimensionale; i loro contorni sono sempre sub - arrotondati, con spigoli smussati. A volte i bordi dei bioclasti non sono ben identificabili perché corrosi da dissoluzione. I margini dei granuli sono talvolta marcati da ossidi (goethite, limonite).

Il materiale interstiziale è prevalentemente micrite. Il cemento, di tipo carbonatico, è scarso.

Il litotipo mostra un discreto stato di conservazione per la presenza di una minima alterazione diffusa su alcuni componenti, e per la presenza di rari addensamenti di goethite e limonite.

### **Tipi di Granuli**

Si tratta quasi esclusivamente di Bioclasti (50 - 60%). Si distinguono:

**Molluschi (40 - 45%).** Si tratta di bioclasti di Lamellibranchi pelagici, identificabili con bivalvi del genere Posidonia (Bositra sp., Posidonia sp.); sono caratterizzati da gusci sottili, mal classati, per la maggior parte disarticolati, con sezione rettangolare



leggermente ricurva fino ad arcuata, margini sub - arrotondati, tipica microstruttura mono - o multi - strato di calcite prismatica.

Si presentano in tipici addensamenti caotici legati a bioturbazione, formando letti di gusci (lumachelle e microlumachelle), generalmente a forte addensamento.

Sono presenti alcuni bioclasti di molluschi con margini mineralizzati a limonite o goethite.

**Peloidi:** si osservano alcuni grumi micritici isodiametrici privi di struttura, di forma rotondeggiante o ellissoidale, con distribuzione casuale all'interno della sezione.

**Foraminiferi:** si riconoscono Foraminiferi planctonici a guscio ialino (Globigerinoidi) e porcellanaceo, alcuni dei quali mostrano leggera dissoluzione. All'interno delle camere è presente pirite framboidale, come un aggregato microcristallino opaco.

**Intraclasti:** si individuano nella sezione, con contorni sub - arrotondati e forme irregolari.

#### **Altro.**

Altri Bioclasti sono rappresentati da placchette di Echinodermi, aptici di Cefalopodi, fantasmi di Spicole di Spugna, Radiolari e Ostracodi.

Vi sono locali ed incipienti tracce di strutture stromatolitiche.

#### **Componenti in quantità accessorie.**

**Quarzo e Feldspati:** si osservano minute schegge di quarzo unitario e di feldspato, a grana medio fine, con contorni irregolari.

**Goethite:** localmente diffusa in sezione, sia in forma granulare che disseminata lungo fratture e cavità intragranulari e intergranulari. È di colore bruno più o meno intenso con sfumature arancio - gialle; localmente sembra alterata in limonite, che conferisce al tessuto roccioso un colore ruggine.

**Pirite:** autigena framboidale si osserva all'interno di bioclasti e localmente isolata. Si presenta come aggregati di minuti cristalli opachi.

#### **Materiale interstiziale.**

**Micrite:** si presenta come calcite microcristallina di colorazione bruna con grana medio fine.

**Cemento:** si tratta di cemento intragranulare e intergranulare, carbonatico, spiritico e microspartico. All'interno delle cavità dei gusci dei Foraminiferi o di eventuali bolle gas si individuano fenestrae ortosparitiche limpide.

### **Effetti Diagenetici.**

La roccia nel complesso mostra di aver subito processi diagenetici in momenti diversi:

- 1 Bioturbazione
- 2 Cementazione calcitica (diagenesi isochimica).
- 3 Dissoluzione da pressione con formazione di stiloliti.
- 4 Dissoluzione e alterazione diagenetica tardiva e/o epigenetica (goethitizzazione e limonitizzazione) e alterazione recente.

### **Classificazione:**

La roccia si può classificare come un Packstone - Grainstone a *Bositra* sp. e/o *Posidonia* sp., dei livelli bajociani – calloviani del Rosso Ammonitico Veronese.

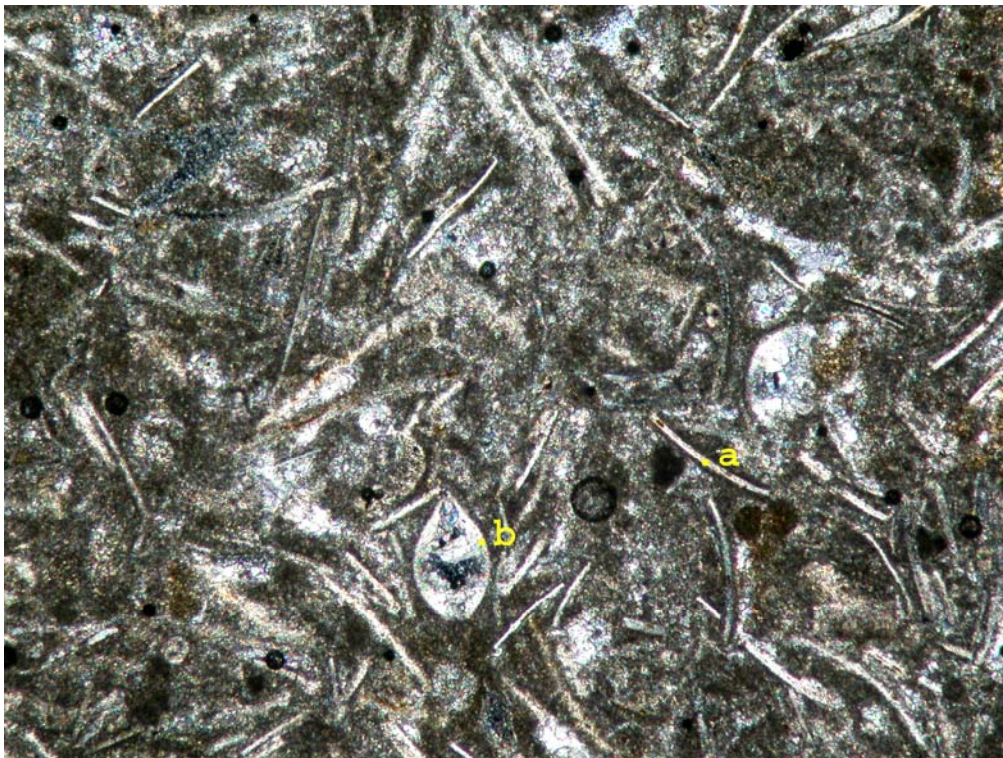
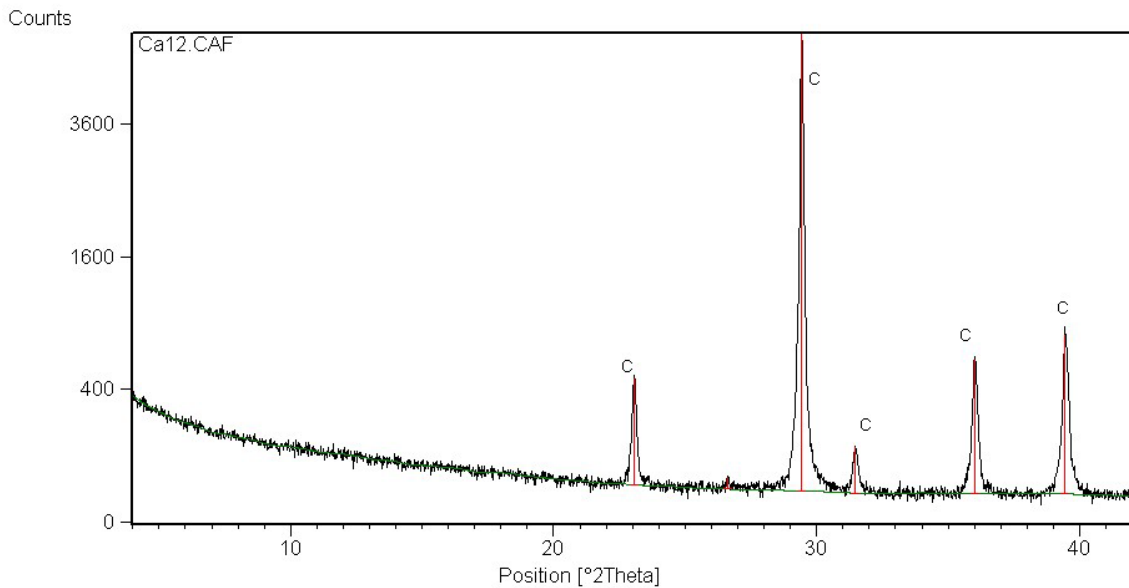


Figura 34; Ca12, visione della sezione al Microscopio a luce trasmessa, Nicols // 5x.

Sono evidenti Lamellibranchi (a) e (b) Ostracodi

## Diffrazione delle Polveri.



L'analisi diffrattometrica ha evidenziato come unica fase mineralogica la Calcite CaCO<sub>3</sub> (C).

### Determinazione del residuo insolubile.

La determinazione effettuata su circa 1g di campione ha ottenuto per residuo pari a 0,03g di sostanza che equivale al 3% del campione totale. Questo aspetto conferma la natura prettamente carbonatica della roccia.

## Campione Ca13

### Descrizione Microscopica.

Il campione a livello macroscopico è una calcarenite a grana medio - grossa.

Del reperto Ca13 è stata eseguita una sezione sottile trasversale (Figura 35), per consentire una precisa analisi petrografica del litotipo mediante osservazione al microscopio ottico a luce trasmessa (OM).

In sezione sottile appare con granulometria eterogenea.

La struttura è sostanzialmente isotropa.

La tessitura è clastica – organogena. Il supporto è granulare.

I granuli risultano con contatti puntiformi, raramente concavo - convessi e suturati.

La porosità è abbondante e distribuita su tutta la sezione, con pori di forme e dimensioni variabili. Si tratta per la maggior parte di porosità intergranulare anche se non mancano esempi di porosità intragranulare.

I bioclasti sono di forme estremamente varie e appaiono pluridimensionali; in particolare Echinodermi e Macro - Foraminiferi con dimensioni plurimillimetriche. I contorni sono sempre sub - arrotondati, con spigoli smussati, spesso non ben identificabili perché corrosi da dissoluzione e/o risedimentazione. I margini dei granuli sono a volte marcati da ossidi (goethite, limonite).

Nel complesso la roccia non risulta molto cementata. Quando è presente il cemento è carbonatico. Si riconosce anche matrice interstiziale; localmente è presente del tritume organogeno.

La roccia si presenta in un buon stato di conservazione.

### **Tipi di granuli.**

Si tratta quasi esclusivamente di bioclasti 80 - 90%.

### **Bioclasti (80 – 90%)**

**Alghe (50%).** Sono molto abbondanti. Si riconoscono noduli e frammenti di Alghe coralline Rosse incrostanti (Litotamni), riconoscibili per la struttura interna multi strato consistente in una fitta rete di cellette poligonali, a volte con disposizione leggermente arcuata.

**Foraminiferi.** Sono dominanti i Macro - Foraminiferi bentonici a guscio ialino come Nummulitidi (probabili Nummuliti, Assiline, Operculine), Discocycline Spesso i bioclasti risultano micritizzati.

**Echinodermi.** Sono distribuiti su un'ampia gamma granulometrica, da qualche decimo di millimetro a dimensioni plurimillimetriche. Si riconoscono piastrine e radioli, che essendo monocristalli sono avvolti da un orlo di cemento calcitico limpido con crescita sintassiale. Presentano per lo più un'apparenza pulverulenta, quasi sempre con struttura cribrosa mineralizzata a pirite. Alcuni sono micritizzati.

**Molluschi.** Sono rappresentati da qualche frammento di gusci disarticolati rettangolari e/o arcuati, con margini sub - arrotondati. Sono costituiti da calcite spesso parzialmente micritizzata.

**Briozoi.** E' presente qualche bioclasto caratterizzato da una struttura a celle, molto ben definite e spazi intragranulari occupati da ossidi e/o cemento microspartico.

**Altri componenti in quantità accessorie.**

**Pirite.** Pirite autigena framboidale si osserva all'interno dei bioclasti. Si presenta come aggregati di minuti cristalli opachi.

**Materiale interstiziale.**

**Matrice.** È costituita da micrite di colore bruno. Si distribuisce sia all'interno delle camere dei bioclasti sia tra i granuli.

**Cemento.** Chiaramente riconoscibile è il cemento sintassiale accresciuto in continuità ottica sui bioclasti di Echinodermi.

**Effetti diagenetici.**

La roccia nel complesso mostra di aver subito processi diagenetici in momenti diversi:

- 1) cementazione calcitica non troppo precoce e non abbondante, testimoniata dai contatti compenetrati e suturati tra i granuli, che suggeriscono una compattazione non ostacolata da cementazione (diagenesi isochimica);
- 2) dissoluzione e alterazione diagenetica tardiva e/o epigenetica e alterazione recente

**Classificazione**

La roccia si può classificare come un Grainstone ad Alghe Rosse, Echinodermi e Foraminiferi.

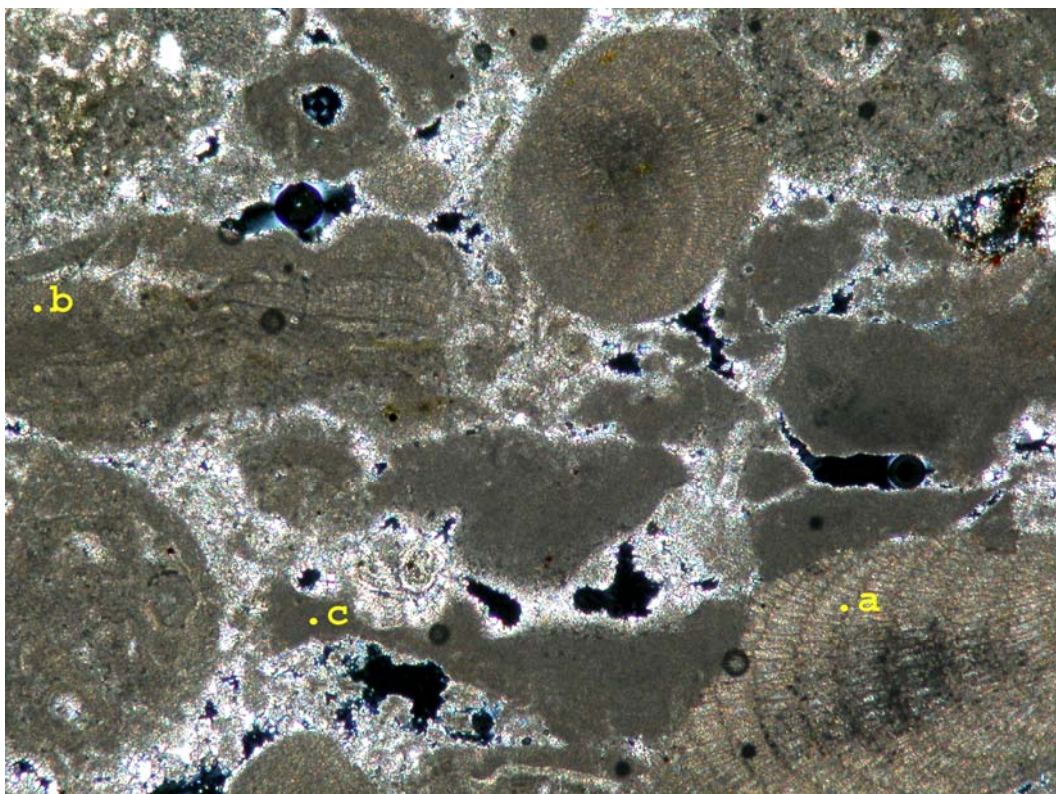
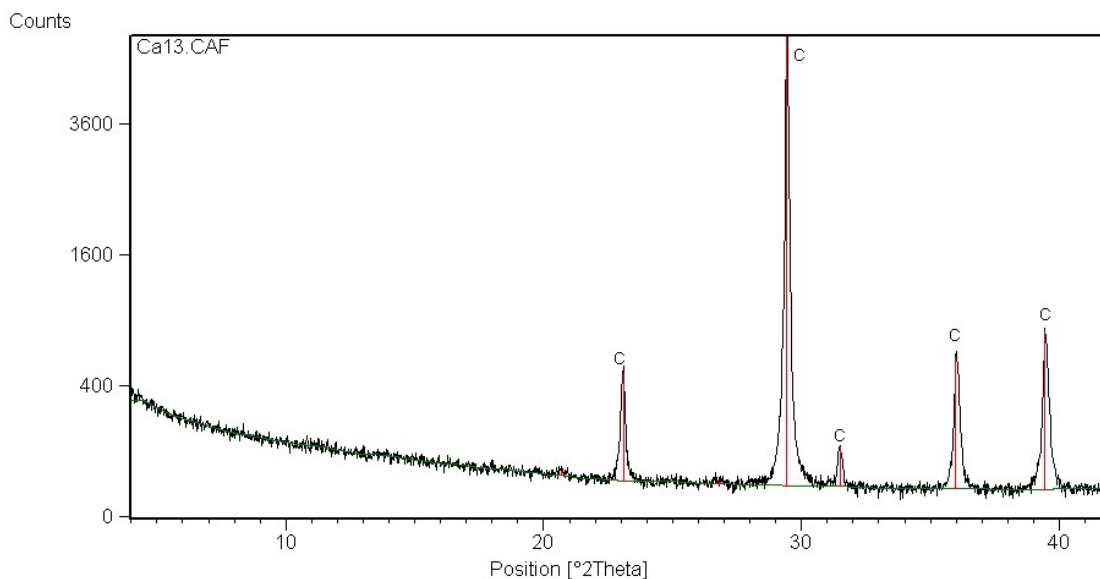


Figura 35; Campione Ca13, visione della sezione al Microscopio a luce trasmessa, Nicols // 5x.  
Sono evidenti Alghe (a), Echinodermi (b), Noduli algali, fango, tritume organogeno (c).

### Diffrazione delle Polveri



L'analisi ha evidenziato come unica fase la Calcite  $\text{CaCO}_3$ (C).

Sul campione non sono state effettuate ulteriori analisi vista la scarsità del materiale prelevato in partenza.

## Campione Ca14

### **Descrizione Microscopica.**

Macroscopicamente la roccia è una calcarenite a grana fine.

Del campione Ca14 è stata eseguita una sezione sottile trasversale (Figura 36), per consentire una precisa analisi petrografica del litotipo mediante osservazione al microscopio ottico a luce trasmessa (OM).

La roccia risulta costituita da una prevalente frazione organogena intrabacinale a cui si aggiunge una importante componente silicoclastica extrabacinale.

In sezione sottile appare con granulometria eterogenea.

La struttura del campione può definirsi anisotropa, per la tendenza dei granuli allungati ad un'orientazione preferenziale piano – parallela e per la presenza di locali inclusi pelitici di dimensioni plurimillimetriche, anch'essi caratterizzati dalla medesima isoorientazione. Sono inoltre presenti giunti di discontinuità, paralleli alla laminazione, spesso marcati da vene di goethite.

La tessitura è clastica. Il supporto è granulare.

I granuli si presentano sia flottanti sia a contatto, con contatti puntiformi, lunghi, raramente concavo - convessi e suturati.

La porosità è molto bassa e distribuita su tutta la sezione in modo irregolare. I pori, prevalentemente intragranulari, hanno forma e dimensioni variabili, spesso beanti, specialmente all'interno delle cavità camerali dei bioclasti, soprattutto dei Foraminiferi. Tuttavia non manca una locale porosità intergranulare.

I bioclasti sono pluridimensionali, di forme estremamente varie, con margini sub – arrotondati e spigoli smussati. In particolare gli Echinodermi hanno taglia mediamente più elevata rispetto agli altri componenti. Spesso i contorni dei bioclasti non sono ben identificabili perché corrosi da dissoluzione e/o risedimentazione. I margini dei granuli sono a volte marcati da ossidi (goethite, limonite).

La componente silicoclastica, prevalentemente quarzosa, si presenta in granuli di forme e dimensioni variabili, generalmente caratterizzati da contorni angolosi o sub – angolosi, raramente sub - arrotondati, che testimoniano una scarsa maturità tessiturale.

Nel complesso la roccia non è molto cementata; il materiale interstiziale è prevalentemente micrite. E' localmente presente del tritume organogeno. Quando presente il cemento è carbonatico e localmente goethitico.

La roccia si presenta in uno discreto stato di conservazione. I numerosi minerali opachi, goethite, pirite e altri ossidi, occupano oltre ai giunti anche pori inter - e intra - granulari della roccia e impregnano i bioclasti, in alcuni casi rendendoli di difficile identificazione.

Tra i componenti la frazione silicoclastica si individuano granuli deformati, in particolare le lamelle di mica appaiono incurvate e talora arcuate. Anche alcuni frammenti di quarzo, caratterizzati da estinzione anomala, denotano di aver subito processi deformativi.

Nella roccia sono inoltre presenti tracce legate all'azione di organismi (bioturbazione).

### **Tipi di granuli.**

Si tratta per la maggior parte di bioclasti (60%); la componente silicoclastica è stimabile intorno al 15 - 20%.

### **Bioclasti (60%).**

**Foraminiferi (20 %).** Si individuano quasi esclusivamente Foraminiferi planctonici a guscio ialino (Globigerinoidi). Si riconoscono sporadici frammenti di Macro - Foraminiferi bentonici a guscio ialino come Rotalidi, Anfistegine e a guscio agglutinante (Textularidi). All'interno delle camere è presente un aggregato microcristallino opaco di pirite framboidale.

**Echinodermi.** Sono abbastanza abbondanti, con forme molto variabili. Si riconoscono sia piastrine sia radioli, in monocristalli di calcite avvolti da cemento sintassiale più limpido. Presentano per lo più un aspetto polverulento per la struttura zigrinata mineralizzata a pirite.

**Molluschi.** Si presentano per lo più sotto forma di bioclasti di Lamellibranchi pelagici, identificabili come bivalvi del genere *Posidonia* (*Bositra*, *Posidonia*) e come frammenti di gusci generici. I primi sono caratterizzati da gusci sottili, per la maggior parte disarticolati, con sezione rettangolare leggermente ricurva fino ad arcuata, margini sub - arrotondati, tipica microstruttura mono - o multi - strato di calcite prismatica. I secondi



differiscono dai precedenti esclusivamente per lo spessore molto più cospicuo. Sono presenti alcuni bioclasti di molluschi con margini mineralizzati a limonite o goethite. Sono presenti alcuni esempi di Gasteropodi.

**Briozoi.** È presente qualche frammento caratterizzato dalla tipica struttura a celle ovali o sub – circolari ben definite.

**Alghe.** Sono visibili frammenti di Alghe Rosse, con una fitta rete di cellette poligonali con disposizione arcuata.

**Litoclasti intrabacinali.** Si tratta di inclusi pelitici caratterizzati da forme allungate. Si compongono prevalentemente di micrite fortemente terrosa al cui interno sono presenti granuli minuti di minerali silicatici.

**Frazione silicoclastica extrabacinale (15 - 20%).**

**Quarzo.** Si presenta isodiametrico, incolore, trasparente, con rilievo medio – basso a nicols paralleli, sia mono - che poli - cristallino. A nicols incrociati presenta massimi colori di interferenza bianchi. Il quarzo monocristallino è caratterizzato da estinzione per lo più retta anche se non mancano casi di estinzione ondulata legata alla deformazione del minerale.

**Muscovite.** Si presenta in cristalli incolori, perfettamente trasparenti, con abito tabulare che determina morfologie rettangolari. Presenta tracce di sfaldatura molto ben visibili. Il rilievo è medio. I massimi colori di interferenza sono del 3° ordine.

**Fosfati e/o vetro vulcanico.** Si tratta di granuli con forma irregolare, colore dal giallino al giallo - aranciato a nicols paralleli e sostanzialmente isotropi a nicols incrociati (talora l'estinzione risulta anomala e non perfettamente uniforme). Lo stesso materiale costituisce localmente il riempimento delle camere dei Foraminiferi.

**Feldspati.** Rari, sono riconoscibili mediante il caratteristico abito tabulare con cristalli idiomorfi dalla morfologia rettangolare o sub - rettangolare. A nicols paralleli presentano rilievo basso, sono incolori e localmente alterati in sericite - caolino che conferiscono al minerale un aspetto terroso riducendo la sua originaria trasparenza. A nicols incrociati presenta massimi colori di interferenza grigi e in alcuni casi geminazione di tipo Carsbald.

**Biotite.** E' quasi totalmente alterata in clorite anche se sussistono rari cristalli tendenzialmente preservati. L'abito tabulare determina in sezione morfologie rettangolari o rotondeggianti (sezioni basali). Ha rilievo medio, sfaldatura ottima, visibile con un unico sistema di tracce di sfaldatura nelle sezioni rettangolari, parallele al lato maggiore; risulta pleocroica sui toni del bruno - rossiccio - beige. La sezione basale è priva di tracce di sfaldatura e di pleocroismo. Il minerale presenta colori anomali di interferenza a causa dell'intenso colore.

**Clorite.** E' il minerale di alterazione della biotite ed è più o meno intensamente colorata di verde. La clorite sostituisce completamente o parzialmente la biotite, si presenta con abito tabulare, con sfaldatura abbastanza visibile, con indici bassi, colore verde e poco e/o fortemente pleocroica fino al giallo. Massimi colori di interferenza grigi.

**Litoclasti.** Sono presenti alcuni frammenti di roccia metamorfica e sedimentaria.

#### **Materiale interstiziale.**

**Matrice.** E' il materiale interstiziale prevalente; si presenta come calcite microcristallina, colorazione bruna e grana da media a fine.

**Cemento.** Il cemento è scarso. Si tratta di cemento intragranulare e intergranulare carbonatico, di tipo sparitico e microsparitico. All'interno delle cavità dei gusci dei Foraminiferi si individuano rare fenestrate ortosparitiche limpide. Molto ben riconoscibile è il cemento sintassiale che si accresce in continuità ottica sui bioclasti di Echinodermi.

#### **Altri componenti in quantità accessorie.**

**Goethite.** Localmente diffusa in sezione, sia in forma granulare che disseminata lungo fratture e cavità intragranulari e intergranulari. E' di colore bruno più o meno intenso con sfumature arancio gialle, localmente sembra alterata in limonite, che conferisce al tessuto roccioso un colore ruggine.

**Pirite.** All'interno delle camere dei Foraminiferi è presente un aggregato microcristallino opaco di pirite framboideale.

**Glauconite.** Si osservano granuli ben distinguibili di colore verde - giallo da pallido a intenso a nicols paralleli, microcristallini con aspetto "pepe-sale" a nicols incrociati.

**Effetti diagenetici.**

La roccia nel complesso mostra di aver subito processi diagenetici in momenti diversi:

- 1) cementazione calcitica non troppo precoce e non abbondante, testimoniata dai contatti compenetrati e suturati tra i granuli, che suggeriscono una compattazione non ostacolata da cementazione (diagenesi isochimica);
- 2) dissoluzione e alterazione diagenetica tardiva e/o epigenetica (goethitizzazione e limonitizzazione) e alterazione recente.

**Classificazione.**

La roccia si può classificare come un Packstone a Foraminiferi Planctonici e Echinodermi.

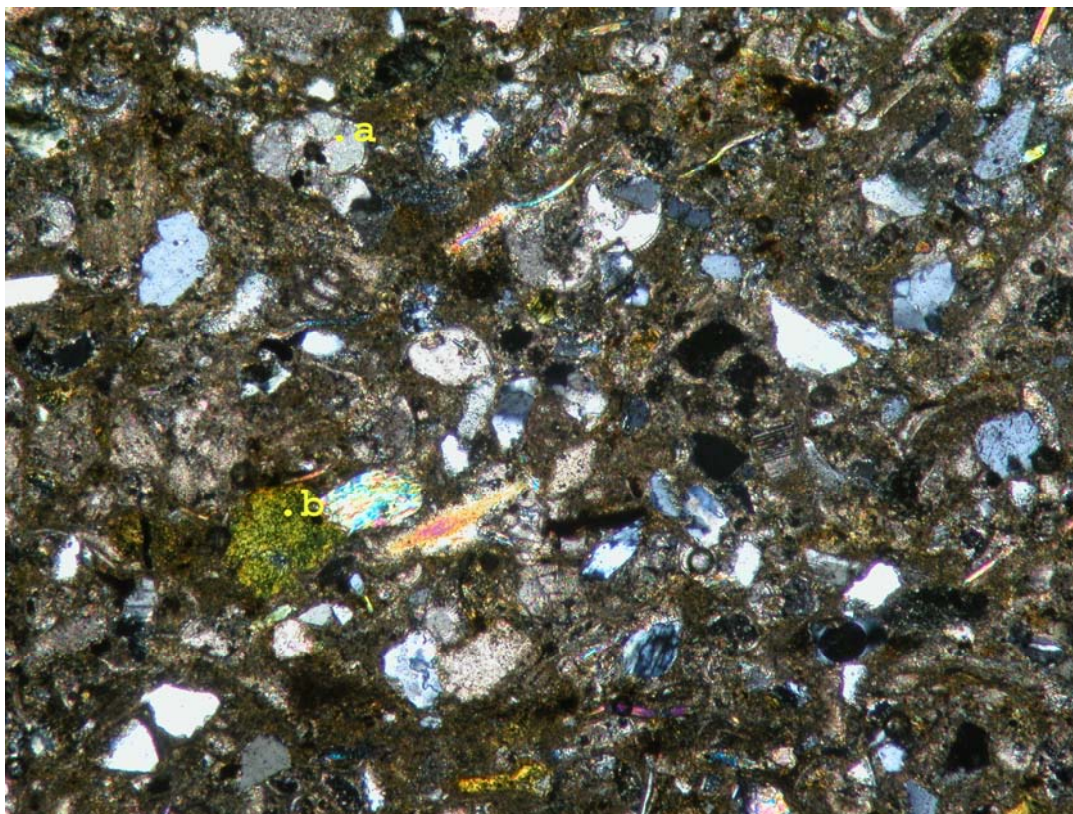
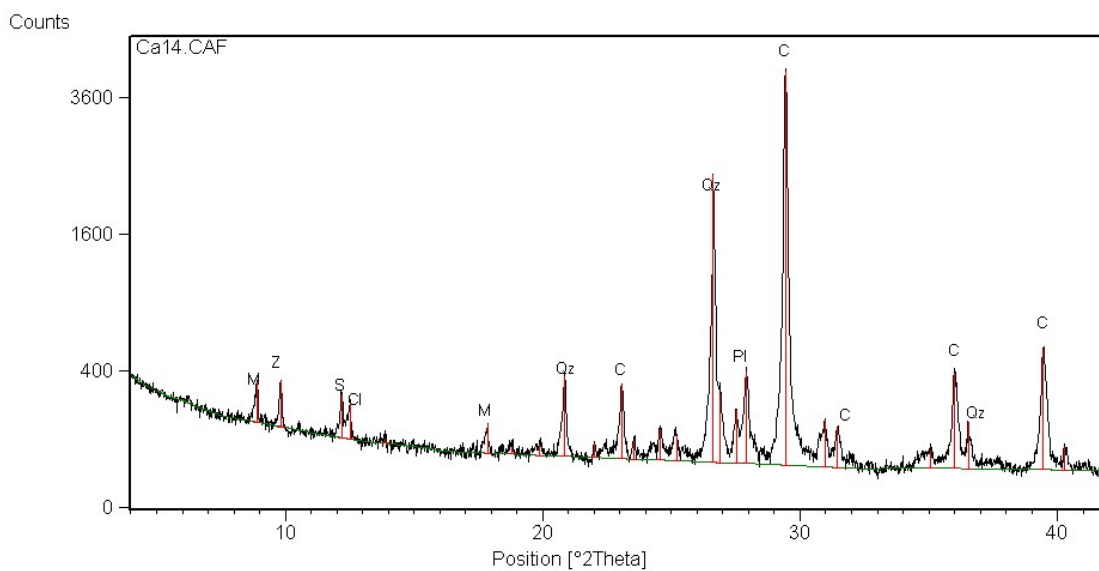


Figura 36; Campione Ca14, visione della sezione al Microscopio a luce trasmessa, Nicols // 5x.  
Sono evidenti Foraminiferi (a) e Glauconite (b).

### Diffrazione delle Polveri



L'analisi diffrattometrica delle polveri ha evidenziato la presenza di più fasi mineralogiche. In ordine di abbondanza, in base a una stima se quantitativa, si possono

riconoscere: Calcite  $\text{CaCO}_3$  (C ), Quarzo  $\text{SiO}_2$  (Qz), Plagioclasio (Pl), K - Feldspato, Serpentino (S), Clorite  $(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+}, \text{Al})_6(\text{OH})(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}$ , (Cl) e Miche (M). Tra le fasi in traccia si riconoscono Dolomite  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  e protodolomite.

### Analisi XRF.

Percentuali in ossidi degli elementi maggiori:

<b>SiO<sub>2</sub></b>	<b>TiO<sub>2</sub></b>	<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>FeO</b>	<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>MnO</b>
30,96	0,19	4,39	1,10	0,62	0,03

<b>MgO</b>	<b>CaO</b>	<b>Na<sub>2</sub>O</b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>L.O.I.</b>	<b>Tot</b>
2,20	30,56	0,60	1,04	0,13	27,28	99,09

Elementi in Traccia (ppm)

<b>S</b>	<b>Sc</b>	<b>V</b>	<b>Cr</b>	<b>Co</b>	<b>Ni</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>Ga</b>	<b>Rb</b>
2965	<5	42	125	6	69	6	37	6	38

<b>Sr</b>	<b>Y</b>	<b>Zr</b>	<b>Nb</b>	<b>Ba</b>	<b>La</b>	<b>Ce</b>	<b>Nd</b>	<b>Pb</b>	<b>Th</b>	<b>U</b>
782	12	55	5	577	20	34	<10	23	<3	<3

L'analisi chimica sul campione totale evidenzia l'abbondanza del Silicio e del Calcio, con percentuali tra loro simili. In ordine di abbondanza si osservano inoltre  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$  e  $\text{K}_2\text{O}$ . Tra gli elementi in traccia da sottolineare la presenza di Zolfo, Stronzio, Bario e Nichel.

### Determinazione del residuo insolubile.

La determinazione su 1g del campione ha evidenziato la presenza di 0,40g di residuo insolubile corrispondente al 35% del campione totale.

## Campione Ce15

### **Descrizione Microscopica.**

Macroscopicamente la roccia è una calcarenite a grana fine.

Del campione Ca15 è stata eseguita una sezione sottile trasversale, per consentire una precisa analisi petrografica del litotipo mediante osservazione al microscopio ottico a luce trasmessa (OM).

La roccia risulta costituita da una componente organogena intrabacinale prevalente e da una modesta frazione silicoclastica extrabacinale.

In sezione sottile appare con granulometria eterogenea.

La struttura del campione è anisotropa per la presenza di locali inclusi pelitici di dimensioni plurimillimetriche; localmente i granuli hanno una lieve tendenza a orientarsi secondo delle laminazioni piano parallele.

La tessitura è clastica. Il supporto granulare. I granuli risultano sia flottanti sia a contatto, con contatti puntiformi, lunghi, raramente concavo - convessi e suturati.

La porosità è abbondante rispetto al campione Ca14, con pori di dimensioni omogenee distribuiti in modo regolare nella sezione. Generalmente intergranulari anche se localmente si osserva porosità intragranulare.

I bioclasti, pluridimensionali, sono di forme estremamente varie, con contorni sub - arrotondati con spigoli smussati; Tra i più abbondanti si riconoscono Foraminiferi, Echinodermi e Molluschi. Spesso i margini dei microfossili risultano poco identificabili perché corrosi da dissoluzione e/o risedimentazione e talvolta sono marcati da ossidi (goethite, limonite).

I componenti della frazione silicoclastica risultano di forme e dimensioni variabili, generalmente caratterizzati da contorni angolosi o sub - angolosi e raramente sub - arrotondati, sintomo della bassa maturità tessiturale di tale frazione.

La matrice è abbondante. Il cemento è scarso. Localmente si individua del tritume organogeno.

La roccia presenta uno scarso stato di conservazione per l'alterazione diffusa di numerosi componenti. I numerosi minerali opachi, goethite, pirite e altri ossidi, occupano oltre ai giunti anche pori inter - e intra - granulari della roccia e impregnano i bioclasti, in alcuni casi rendendoli di difficile identificazione.

**Tipi di granuli.**

Si tratta per la maggior parte di bioclasti (50 - 60%); la componente silicoclastica è stimabile intorno al 15 - 20%.

**Bioclasti (50 - 60%).**

**Foraminiferi (25%).** Si individuano quasi esclusivamente Foraminiferi planctonici a guscio ialino (Globigerinoidi). Si riconoscono sporadici frammenti di Macro - Foraminiferi bentonici a guscio ialino come Rotalidi, Anfistegine a guscio agglutinante (Textularidi). Spesso all'interno delle camere si riconoscono piccoli granuli di pirite autigena framboideale in forme di piccoli cristalli opachi.

**Echinodermi.** Sono riconoscibili diversi frammenti di Echinodermi distribuiti in modo disomogeneo all'interno della sezione. Si riconoscono sia piastrine sia radioli, consistenti in monocristalli di calcite con orli di cemento sintassiale, ben visibile perché generalmente più limpido rispetto al bioclasto. Quest'ultimo ha un'aspetto pulverulento, con struttura cribrosa spesso piritizzata.

**Molluschi.** Si presentano per lo più sotto forma di bioclasti di Lamellibranchi pelagici. Sono caratterizzati da gusci sottili, per la maggior parte disarticolati, con sezione rettangolare leggermente ricurva fino ad arcuata, margini sub-arrotondati. Non mancano gusci più spessi attribuibili ad altri organismi. Sono presenti alcuni bioclasti di molluschi con margini mineralizzati a limonite o goethite. Rari esempi di Gasteropodi.

**Briozoi.** E' presente qualche bioclasto caratterizzato da una struttura a celle, molto ben definite e spazi intragranulari occupati da ossidi e/o cemento microspartico.

**Alghe.** Si tratta di frammenti di Alghe Rosse riconoscibili per la caratteristica struttura a cellette poligonali, con disposizione leggermente arcuata.

**Litoclasti intrabacinali.** Si tratta di inclusi pelitici caratterizzati da forme allungate e contorni molto irregolari dovuti alla compattazione. Si compongono prevalentemente di micrite fortemente terrosa al cui interno sono presenti granuli minuti di minerali silicatici.

**Frazione silicoclastica extrabacinale (15 - 20%).**

**Quarzo.** Si presenta incolore, trasparente, con rilievo medio - basso a nicols paralleli, sia mono - che poli - cristallino. A nicols incrociati presenta massimi colori di

interferenza bianchi. Il quarzo monocristallino è caratterizzato da estinzione per lo più retta anche se non mancano casi di estinzione ondulata legata alla deformazione del minerale; spesso al suo interno si distinguono vacuoli o microliti.. Entrambe le varietà si presentano con forme varie e in genere con contorni spigolosi e meno frequentemente sub - arrotondati.

**Muscovite.** Abbondanti sono i frammenti di muscovite distribuiti omogeneamente nella sezione. Presentano forme strette e allungate. Talvolta alcuni cristalli presentano una leggera curvatura, forse determinata da processi deformativi.

**Fosfati e/o vetro vulcanico.** Risulta incerta l'attribuzione di numerosi granuli di forma irregolare e colore dal giallino al giallo-aranciato a nicols paralleli, sostanzialmente isotropi a nicols incrociati (talora l'estinzione risulta anomala e non perfettamente uniforme). Lo stesso materiale costituisce localmente il riempimento delle camere dei Foraminiferi.

**Feldspati.** Si trovano sporadicamente all'interno della sezione in piccoli frammenti distribuiti in modo eterogeneo. Presentano tracce di sfaldatura molto ben visibili. Il rilievo è medio.

**Biotite.** E' quasi totalmente alterata in clorite anche se sussistono rari cristalli tendenzialmente preservati. L'abito tabulare determina morfologie rettangolari o rotondeggianti (sezioni basali). Ha rilievo medio, sfaldatura ottima, visibile con un unico sistema di tracce di sfaldatura nelle sezioni rettangolari, parallele al lato maggiore; risulta pleocroica sui toni del bruno - rossiccio - beige. La sezione basale è priva di tracce di sfaldatura e di pleocroismo. Il minerale presenta colori anomali di interferenza a causa dell'intenso colore.

**Clorite.** Deriva dall'alterazione della biotite ed è più o meno intensamente colorata di verde. Presenta massimi colori di interferenza grigi.

**Litoclasti.** Si riconoscono frammenti di rocce vulcaniche, metamorfiche e sedimentarie.

#### **Materiale interstiziale.**

**Matrice.** E' il materiale interstiziale prevalente; si presenta come calcite microcristallina, colorazione bruna e grana da media a fine.

**Cemento.** Il cemento è poco abbondante. Si tratta di cemento intragranulare e intergranulare carbonatico, di tipo sparitico e microsparitico. All'interno dei



Foraminiferi si individuano rare fenestrae ortosparitiche limpide. Molto ben riconoscibile è il cemento sintassiale che si accresce in continuità ottica sui bioclasti di Echinodermi.

#### **Altri componenti in quantità accessorie.**

**Goethite.** E' di colore bruno più o meno intenso con sfumature arancio gialle e localmente sembra alterata in limonite, che conferisce al tessuto roccioso un colore ruggine. È distribuita in plaghe o in colorazioni diffuse della matrice e dei bordi dei granuli.

**Pirite.** Pirite autigena framboidale come aggregati di minuti cristalli opachi si osserva all'interno dei bioclasti.

**Glaucinite.** Si osservano granuli ben distinguibili di colore verde - giallo da pallido a intenso a nicols paralleli, microcristallini con aspetto "pepe-sale" a nicols incrociati.

#### **Effetti diagenetici.**

La roccia nel complesso mostra di aver subito processi diagenetici in momenti diversi:

- 1) cementazione calcitica non troppo precoce e non abbondante, testimoniata dai contatti compenetrati e suturati tra i granuli, che suggeriscono una compattazione non ostacolata da cementazione (diagenesi isochimica);
- 2) dissoluzione e alterazione diagenetica tardiva e/o epigenetica (goethitizzazione e limonitizzazione) e alterazione recente.

#### **Classificazione.**

La roccia si può classificare come un Packstone – Grainstone a Echinodermi e Foraminiferi Planctonici.

Il campione non è stato sottoposto ad ulteriore analisi perché molto simile ad altri già analizzati.



## Capitolo7

### Risultati:

#### Campioni da cava

L'indagine macroscopica e microscopica dei reperti prelevati dal duomo di Reggio Emilia, in parte supportate dalle analisi diffrattometriche e chimiche viste nel capitolo 6, hanno permesso una prima distinzione e classificazione dei materiali campionati. Dalle analisi condotte sui materiali della cattedrale si rinvencono almeno quattro diversi litotipi; due riferibili a rocce sedimentarie reperibili nell'Appennino settentrionale e altri due importati dalla Regione sub - Alpina.

Sulla base di questa distinzione si è cercato di individuare quali potessero essere le zone dell'Appennino utilizzate per l'estrazione della materia prima, determinando quindi le tipologie di materiale prelevato e individuando se possibile le cave utilizzate nel passato.

In questo capitolo verranno presentati tutti i campioni prelevati nell'Appennino attraverso l'attività di campagna, indicando le zone di prelievo e le motivazioni che hanno indirizzato la scelta della località. Seguiranno i risultati delle analisi eseguite sugli stessi campioni.

I materiali prelevati dal Duomo di Reggio Emilia possono essere riferiti a quattro litotipi diversi:

*Arenaria di Bismantova* = Colonne e Capitelli

*Flysch ad Elmintoidi* = Conci in controfacciata e la base di una colonna.

*Pietra di Vicenza* = Base di una colonna e parte di un Capitello.

*Rosso Ammonitici Veronese* = Parte di un Capitello.

L'attenzione in questo studio è concentrata sui materiali ricavati dall'Appennino, tralasciando le possibili zone di approvvigionamento delle rocce provenienti dal bacino Veronese - Vicentino.

Per riconoscere l'arenaria utilizzata per i capitelli e le colonne del Duomo si è effettuata una campionatura nel bacino satellite di Vetto - Carpineti, una delle località in cui affiora l'arenaria del Gruppo di Bismantova. Nello specifico l'attività di campagna ha considerato gli affioramenti della Formazione di Pantano, facilmente raggiungibili e compresi nell'arco di 30 – 35 Km dalla città di Reggio.

Sono inoltre state scelte località note per avere fornito alle città di Parma e Reggio materiali da costruzione per l'edificazione di strutture passate e recenti (es. chiostro dell'Ospedale Vecchio o di M. Luigia in via d'Azeglio a Parma, le cui colonne pare siano state scolpite con rocce di Cavandola - Canossa). Le zone prescelte per la campionatura sono le pendici occidentali ed orientali di Monte Vallestra, in comune di Carpineti e la località di Cavandola presso Canossa. Una terza campionatura è stata effettuata nella località - tipo di Pantano, per avere un'ulteriore conferma delle ipotesi formulate.

Per capire la provenienza del Flysch utilizzato nei conci in controfacciata, si sono campionati gli affioramenti più vicini alla città di Reggio, relativi al Flysch di Monte Cassio. Con il criterio usato precedentemente per i campionamenti del Gruppo di Bismantova, sono state scelte le località di S.Giovanni di Querciola (pendici orientali di Monte Duro) e di Montalto - La Vecchia.

*Riassumendo.*

La campionatura nell' Appennino Reggiano ha fornito i seguenti campioni

Campione N	Località Prelievo	Sigla Campione	Tipologia Campione
1	Baiso, presso scuola media	<b>1a</b> <b>1b</b>	Arenaria
2	Monte Vallestra, lato Ovest	<b>2</b>	Arenaria
3	Monte Vallestra, lato Est, località S.Michele di Vallestra. (Base)	<b>3a</b>	Arenaria
3	Monte Vallestra, lato Est località Mante Vrolo. (Sopra)	<b>3b</b>	Arenaria
4	Pantano, S.Maria	<b>4</b>	Arenaria
5	Cavandola	<b>5</b>	Arenaria
6	Canossa, Castello.	<b>6</b>	Flysch di M.Cassio
7	Tra S.Giovanni di Quarciola e S.Pietro Di Quarciola, pendici orientali del M.Duro	<b>A</b>	Flysch di M.Cassio
8	Tra S.Giovanni di Quarciola e S.Pietro Di Quarciola, pendici orientali del M.Duro	<b>B</b>	Flysch di M.Cassio
9	Tra S.Giovanni di Quarciola e S.Pietro Di Quarciola, pendici orientali del M.Duro	<b>C</b>	Flysch di M.Cassio
10	Prodiera, Arenaria di Monte Predale	<b>D</b>	Arenaria
11	Tra S.Giovanni di Quarciola e S.Pietro Di Quarciola, pendici del M.Duro	<b>E</b>	Flysch di M.Cassio
12	Montalto – La Vecchia, detrito di frana staccato dalle pendici settentrionali del M.Duro	<b>F</b>	Flysch di M.Cassio



Campione 1a (Località Baiso)

### **Descrizione Microscopica.**

Macroscopicamente la roccia è una calcarenite a grana medio – fine.

Del campione 1a è stata eseguita una sezione sottile trasversale, per consentire una precisa analisi petrografica del litotipo mediante osservazione al microscopio ottico a luce trasmessa (OM).

Nella roccia si individua una predominante componente organogena intrabacinale ma anche una non trascurabile frazione silicoclastica extrabacinale.

In sezione sottile appare con granulometria eterogenea.

La struttura è isotropa.

La tessitura è clastica. Il supporto è granulare. I granuli risultano sia flottanti sia a contatto, con contatti puntiformi, lunghi, raramente concavo-convessi e suturati.

La porosità è molto elevata. I pori, pluridimensionali e con contorni irregolari, sono prevalentemente intergranulari, ma non manca una cospicua porzione intragranulare, con cavità beanti all'interno dei bioclasti.

I bioclasti sono di forme estremamente varie. In particolare si riconoscono Echinodermi con taglia mediamente più elevata rispetto agli altri componenti. I contorni sono sempre sub - arrotondati, con spigoli smussati, talora non ben identificabili perché corrosi da risedimentazione e sono spesso marcati da ossidi - idrossidi (goethite, limonite).

La frazione silicoclastica è costituita da granuli di forme e dimensioni diversificate, con margini spigolosi e raramente sub - arrotondati

La roccia è scarsamente cementata; il materiale interstiziale è prevalentemente micrite. All'interno delle cavità intragranulari si evidenziano tracce di silicizzazione. Localmente è presente del tritume organogeno.

La roccia si presenta in buono stato di conservazione. Sono comunque presenti granuli di minerali opachi quali goethite, pirite ed altri ossidi, che occupano i pori inter - e intra - granulari della roccia.

Tra i componenti della frazione silicoclastica sono identificabili granuli deformati, in particolare i frammenti di miche mostrano lamelle incurvate fino ad arcuate. Anche alcuni frammenti di quarzo risultano con estinzione anomala e denotano di aver subito processi deformativi.

### **Tipi di granuli.**

Si tratta per la maggior parte di bioclasti (50 - 60%); la frazione silicoclastica è stimabile intorno al 5 - 10%.

### **Bioclasti (50 - 60%).**

**Foraminiferi (20 - 30%).** Si tratta quasi esclusivamente di Foraminiferi planctonici a guscio ialino (Globigerinoidi). Si riconoscono sporadici frammenti di Macro - Foraminiferi bentonici a guscio ialino come Rotalidi, Anfistegine e a guscio

agglutinante (Textularidi). Spesso all'interno delle camere è presente pirite framboidale, come un aggregato microcristallino opaco.

**Echinodermi.** Relativamente abbondanti nella sezione, con forme molto variabili e granulometria da micrometrica a plurimicrometrica. Si riconoscono sia piastrine che radioli, consistenti in monocristalli di calcite avvolti da un orlo di cemento limpido sintassiale. Presentano per lo più aspetto pulverulento per la struttura cribrosa mineralizzata a pirite. Sono distinguibili isolate piastrine di crinoidi.

**Molluschi.** Sono rappresentati da bioclasti di Lamellibranchi pelagici, e da frammenti generici. I primi sono caratterizzati da gusci sottili, per la maggior parte disarticolati, con sezione rettangolare leggermente ricurva fino ad arcuata, margini subarrotondati, tipica microstruttura mono - o multi - strato di calcite prismatica. I secondi differiscono dai precedenti esclusivamente per lo spessore molto più cospicuo. Sono presenti alcuni bioclasti di molluschi con margini mineralizzati a limonite o goethite. Sono inoltre presenti alcuni bioclasti di Gasteropodi.

**Briozoi.** Qualche bioclasto plurimillimetrico è riconoscibile per la caratteristica struttura a celle, molto ben definite, ovali e allungate.

**Alghe.** Sono presenti alcuni frammenti di Alghe Rosse, riconoscibili per la rete di cellette poligonali che in alcuni casi assumono una disposizione leggermente arcuata.

**Serpulidi.** Sono rari. In sezione sottile si presentano con forme esclusivamente circolari e strutture a lamine concentriche ialine. Il foro centrale è beante e/o occupato da cemento sparitico.

#### **Frazione silicoclastica extrabacinale (5 - 10%).**

**Quarzo.** Si presenta incolore, trasparente, sia mono - che poli - cristallino. Il quarzo monocristallino è caratterizzato da estinzione per lo più retta anche se non mancano casi di estinzione ondulata legata alla deformazione del minerale; spesso al suo interno si distinguono vacuoli o microliti.. Entrambe le varietà si presentano con forme varie e in genere con contorni spigolosi e meno frequentemente sub - arrotondati.

**Fosfati e/o vetro vulcanico.** Risulta incerta l'attribuzione di numerosi granuli, di sezione irregolare, colorazione dal giallino al giallo - aranciato a nicols paralleli e sostanzialmente isotropi a nicols incrociati (talora l'estinzione risulta anomala e non



perfettamente uniforme). Lo stesso materiale costituisce localmente il riempimento delle camere dei Foraminiferi.

**Anfiboli.** Sono presenti minuti cristalli di orneblenda verde con abito allungato e con il caratteristico pleocroismo verde intenso - giallo pallido.

**Muscovite.** Sono presenti pochi cristalli idiomorfi incolori, perfettamente trasparenti, talvolta arcuati. A nicols incrociati presentano massimi colori di interferenza del 3° ordine.

**Biotite.** Rari cristalli si conservano nella sezione. Presentano morfologie rettangolari, rotondeggianti o esagonali. Il minerale presenta colori anomali di interferenza a causa dell'intenso colore.

**Clorite.** E' il minerale di alterazione della biotite ed è più o meno intensamente colorata di verde. La clorite sostituisce completamente o parzialmente la biotite, si presenta con abito tabulare, sfaldatura abbastanza visibile, indici bassi, colore verde e poco e/o fortemente pleocroica fino al giallo. Massimi colori di interferenza grigi.

#### **Altri componenti in quantità accessorie.**

**Selce.** E' distribuita in modo eterogeneo nella sezione. Si riconosce per essere incolora a nicols paralleli e con tipica struttura "pepe - sale" a nicols incrociati. E' diffusa sia in spazi intra - che inter- granulari.

**Goethite.** Localmente diffusa in sezione, sa in forma granulare che disseminata lungo fratture e cavità intragranulari e intergranulari. E' di colore bruno più o meno intenso con sfumature arancio gialle, localmente sembra alterata in limonite, che conferisce al tessuto roccioso un colore ruggine.

**Pirite.** Pirite autigena framboideale si osserva all'interno dei bioclasti. Si presenta come aggregati di minuti cristalli opachi.

**Glaucinite.** Si osservano granuli ben distinguibili di colore verde - giallo da pallido a intenso a nicols paralleli, microcristallini con aspetto "pepe-sale" a nicols incrociati.

#### **Materiale interstiziale.**

**Matrice.** Si presenta come calcite microcristallina di colorazione bruna con grana da media a fine.

**Cemento.** Si individua solo cemento sintassiale, che accresce in continuità ottica sui bioclasti di Echinodermi.

#### **Effetti diagenetici.**

La roccia nel complesso mostra di aver subito processi diagenetici in momenti diversi:

- 4) cementazione calcitica non troppo precoce e non abbondante, testimoniata dai contatti compenetrati e suturati tra i granuli, che suggeriscono una compattazione non ostacolata da cementazione (diagenesi isochimica);
- 5) processo di silicizzazione (diagenesi allochimica);
- 6) dissoluzione e alterazione diagenetica tardiva e/o epigenetica (goethitizzazione e limonitizzazione) e alterazione recente.

#### **Classificazione.**

La roccia è classificabile come un Packstone – Grainstone a Echinodermi e Foraminiferi Planctonici .

Il campione non è stato sottoposto ad ulteriori analisi perché presenta caratteristiche tessiturali molto diverse dai campioni di arenaria trovati in Duomo.

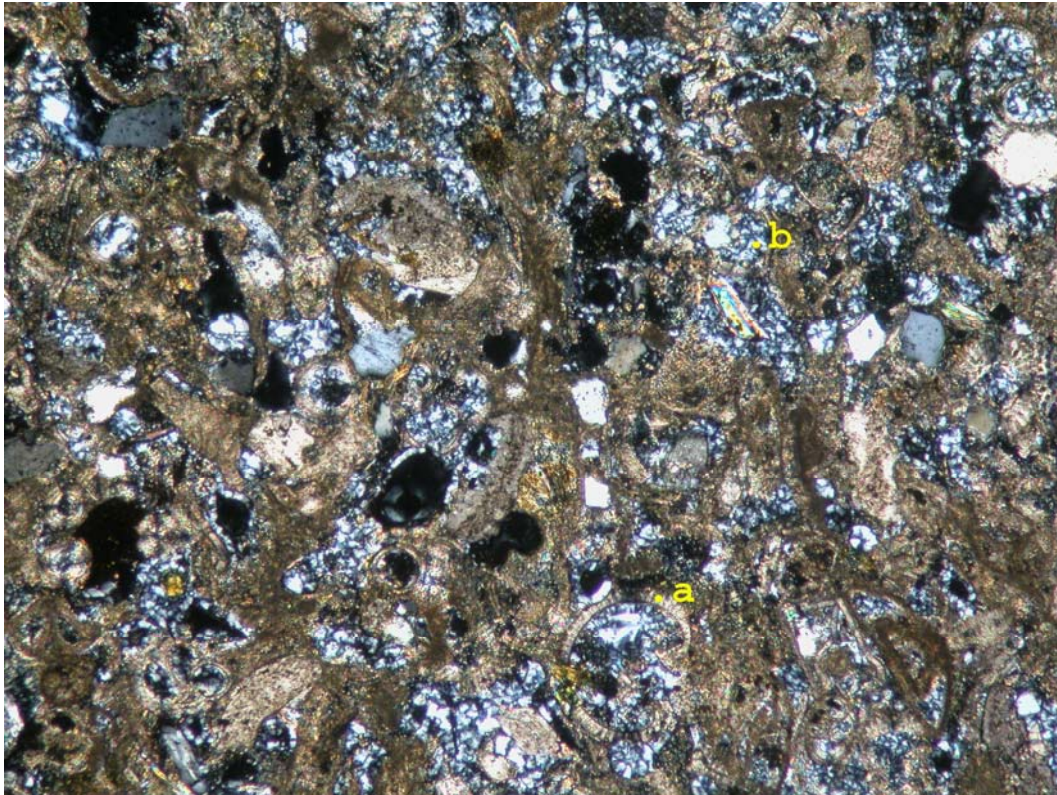


Figura 36; Campione 1a, visione della sezione al Microscopio a luce trasmessa, Nicols // 5x.  
Sono evidenti Foraminiferi (a) e la Selce (b).

## Campione 1b (Località Baiso)

### **Descrizione Microscopica.**

Macroscopicamente la roccia è una calcarenite a grana media.

Del reperto 1b è stata eseguita una sezione sottile trasversale, per consentire una precisa analisi petrografica del litotipo mediante osservazione al microscopio ottico a luce trasmessa (OM).

La roccia risulta costituita da una dominante componente organogena intrabacinale e da una significativa frazione extrabacinale silicoclastica.

In sezione sottile appare con granulometria eterogenea, mal classata e con struttura sostanzialmente isotropa.

La tessitura è clastica. Il supporto è granulare.

I granuli, con grana maggiore rispetto alla sezione 1a, risultano sia flottanti sia a contatto, con contatti puntiformi, lunghi, concavo-convessi e suturati.

La porosità è media e omogeneamente distribuita. I pori, prevalentemente intergranulari, hanno forma e dimensioni variabili. Non manca una certa porosità intragranulare, all'interno delle camere dei Foraminiferi.

I Bioclasti sono di con forme e taglie diverse. In particolare gli Echinodermi hanno dimensioni più elevate rispetto agli altri componenti. I contorni sono sempre sub - arrotondati, con spigoli smussati, solitamente poco visibili perché corrosi da dissoluzione e/o risedimentazione. I margini dei granuli sono talvolta marcati da ossidi quali goethite e limonite.

La frazione silicoclastica, costituita da varie fasi mineralogiche, si presenta in granuli con forme e dimensioni variabili. I contorni dei grani, angolosi, sub - angolosi e raramente sub - arrotondati, testimoniano la bassa maturità tessiturale della frazione stessa.

La roccia nel complesso è abbastanza cementata rispetto al campione 1a, come evidenziato dal cemento carbonatico che occupa spazi sia intra - che inter - granulari. La matrice è scarsa e distribuita a livello intergranulare. È presente del tritume organogeno. La sezione mostra un discreto stato di conservazione con minima alterazione e rari addensamenti di goethite e limonite.

Tra i componenti della frazione silicoclastica sono identificabili granuli deformati, in particolare frammenti di miche come lamelle incurvate, e quarzo con estinzione ondulata.

Nella roccia sono evidenti lievi tracce legate all'azione di organismi (bioturbazione).

### **Tipi di granuli.**

Si tratta per la maggior parte di bioclasti (50 - 60%); la frazione silicoclastica è stimabile intorno al 15 - 20%.

### **Bioclasti (50 - 60%).**

**Foraminiferi (20%)** Si tratta quasi esclusivamente di Foraminiferi planctonici a guscio ialino (Globigerinoidi). Si riconoscono sporadici frammenti di Macro - Foraminiferi bentonici a guscio ialino come Rotalidi, Anfistegine e a guscio agglutinante (Textularidi).

**Echinodermi (20%).** Sono presenti nella sezione, come frammenti di forme molto variabili e dimensioni plurimillimetriche. Talvolta si riconoscono sia piastrine che radioli, consistenti in monocristalli di calcite avvolti da un orlo di cemento limpido sintassiale. Presentano per lo più un'aspetto pulverulento per la struttura cribrosa mineralizzata a pirite.

**Briozoi.** E' presente qualche bioclasto caratterizzato da struttura a celle, molto ben definite e spazi intragranulari occupati da ossidi e/o cemento microsparitico e/o micrite.

**Calpionelle.** Si presentano in sezione con forme ovali o sub - ovali aperte. Le dimensioni sono variabili e distribuite nel campione in modo disomogeneo. La cavità centrale è beante e/o occupata da micrite.

**Molluschi.** Sono rappresentati da frammenti di gusci disarticolati di sezione rettangolare e/o arcuata, con margini sub - arrotondati. Molto ben riconoscibili sono i frammenti di Lamellibranchi pelagici, caratterizzati da esili gusci. In alcuni è ancora visibile la microstruttura monostrato di calcite prismatica.

**Alghe.** Si tratta di brandelli di noduli di Alghe coralline Rosse incrostanti (Litotamni), riconoscibili per la struttura interna multi strato consistente in una fitta rete di cellette poligonali, a volte con disposizione leggermente arcuata.

**Serpulidi.** In sezione sottile si presentano con forme esclusivamente circolari e strutture a lamine concentriche ialine. Il foro centrale è beante o occupato da cemento ortosparitico.

#### **Frazione silicoclastica extrabacinale (15 - 20%).**

**Quarzo.** Molto abbondante in sezione con tipici contorni spigolosi. Si presenta incolore, trasparente, con rilievo medio – basso a nicols paralleli, sia mono - che poli - cristallino. A nicols incrociati presenta massimi colori di interferenza bianchi. Il quarzo monocristallino è caratterizzato da estinzione retta.

**Muscovite.** Si presenta in piccoli cristalli idiomorfi incolori, perfettamente trasparenti, con abito tabulare che determina morfologia rettangolare. Le sezioni presentano sfaldatura ottima. Il rilievo è medio. I massimi colori di interferenza sono del 3° ordine.

**Fosfati e/o vetro vulcanico.** Risulta incerta l'attribuzione di numerosi granuli, di sezione irregolare, colore dal giallino al giallo - aranciato a nicols paralleli e sostanzialmente isotropi a nicols incrociati (talora l'estinzione risulta anomala e non

perfettamente uniforme). Lo stesso materiale costituisce localmente il riempimento delle camere dei Foraminiferi.

**Biotite.** La maggior parte del materiale è alterato a clorite. I granuli meglio conservati presentano un rilievo medio, sfaldatura ottima. Risultano con cristalli pleocroici sui toni del bruno – rossiccio - beige. Il minerale presenta colori anomali di interferenza a causa dell'intenso colore.

**Clorite.** Deriva dall'alterazione della biotite ed è più o meno intensamente colorata di verde. Si distribuisce con cristalli di forma irregolare in modo omogeneo nella sezione..

**Litoclasti.** Si individuano sia frammenti di rocce sedimentarie e metamorfiche che rocce vulcaniche. In particolare queste ultime risultano più abbondanti e di dimensioni plurimicrometriche.

**Anfiboli.** Si identifica qualche frammento minuto di anfibolo.

#### **Altri componenti in quantità accessorie.**

**Goethite.** Localmente diffusa in sezione, sa in forma granulare che disseminata lungo fratture e cavità intragranulari e intergranulari. E' di colore bruno più o meno intenso con sfumature arancio gialle, localmente sembra alterata in limonite, che conferisce al tessuto roccioso un colore ruggine.

**Pirite.** Pirite autigena framboidale si osserva all'interno dei bioclasti. Si presenta come aggregati di minuti cristalli opachi.

**Glaucosite.** Si osservano granuli ben distinguibili di colore verde - giallo da pallido a intenso a nicols paralleli, microcristallini con aspetto “pepe - sale” a nicols incrociati.

#### **Materiale interstiziale.**

**Matrice.** Molto scarsa in sezione. Si presenta come calcite microcristallina di colorazione bruna.

**Cemento.** È abbondante. Si tratta prevalentemente di cemento intragranulare carbonatico, presente all'interno dei Foraminiferi. Si presenta come cemento sparitico e microsparitico. Cemento sintassiale accresciuto con continuità ottica è evidente sui bioclasti di Echinodermi.

### **Effetti diagenetici.**

La roccia nel complesso mostra di aver subito processi diagenetici in momenti diversi:

- 1) cementazione calcitica non troppo precoce e non abbondante, testimoniata dai contatti compenetrati e suturati tra i granuli, che suggeriscono una compattazione non ostacolata da cementazione (diagenesi isochimica);
- 2) dissoluzione e alterazione diagenetica tardiva e/o epigenetica (goethitizzazione e limonitizzazione) e alterazione recente.

### **Classificazione.**

La roccia può essere classificata come un Packstone a Echinodermi e Foraminiferi Planctonici.

Il campione non è stato sottoposto ad ulteriori analisi perché presenta caratteristiche tessiturali molto diverse dai campioni di arenaria trovati in duomo

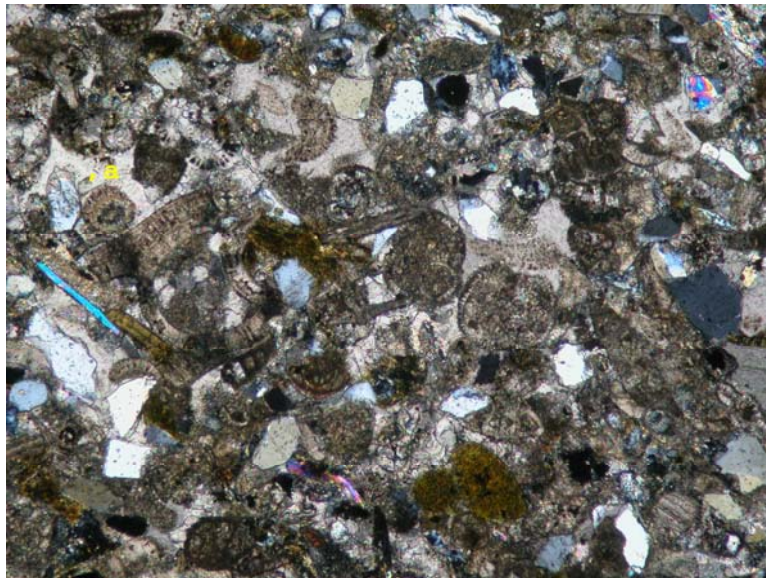


Figura 37; Campione 1b, visione della sezione al Microscopio a luce trasmessa, Nicols // 5x.

È evidente del cemento sintassiale (a).

### **Campione 2 (Monte Vallestra lato Ovest)**

#### **Descrizione Microscopica.**

A livello macroscopico la roccia è una calcarenite a grana fine.

Del reperto 2 è stata eseguita una sezione sottile trasversale, per consentire una precisa analisi petrografica del litotipo mediante osservazione al microscopio ottico a luce trasmessa (OM).

Nella roccia è presente una frazione organogena intrabacinale e una frazione extrabacinale silicoclastica. La stima visiva al microscopio non consente di stabilire quale delle due frazioni sia dominante poiché sembrano equivalersi.

La struttura del campione può definirsi anisotropa, per la tendenza dei granuli allungati ad un'orientazione preferenziale piano – parallela e per la presenza di locali inclusi pelitici di dimensioni plurimillimetriche anch'essi caratterizzati dalla medesima isoorientazione.

Osservando la sezione sottile il campione appare con granulometria eterogenea e con una struttura isotropa.

La tessitura è clastica. Il supporto è granulare.

I granuli sono sia flottanti sia a contatto, con contatti puntiformi, lunghi, raramente concavo - convessi e suturati.

La porosità è abbondante, con le cavità di forma regolare distribuite omogeneamente all'interno della sezione. I pori sono prevalentemente intergranulari anche se non mancano esempi di porosità intragranulare, all'interno delle camere dei Foraminiferi.

I bioclasti hanno forme e dimensioni varie, in particolare gli Echinodermi possiedono dimensioni molto variabili. I contorni sono generalmente sub - arrotondati, con spigoli smussati, spesso poco visibili perché corrosi da dissoluzione e/o risedimentazione. I margini dei granuli sono talvolta marcati da ossidi quali goethite e limonite.

La frazione silicoclastica è composta da diverse fasi mineralogiche, con granuli dai contorni sub – angolari, raramente sub - arrotondati.

Il materiale interstiziale prevalente è il cemento carbonatico, sia intergranulare che intragranulare. La matrice non è molto significativa. Localmente è presente del tritume organogeno.

La sezione mostra un buon stato di conservazione per la presenza di una minima alterazione di alcuni componenti, e per la presenza di rari addensamenti di goethite e limonite.



Tra i componenti della frazione silicoclastica sono identificabili granuli deformati, in particolare i frammenti di miche sono costituiti da lamelle incurvate, quelli di quarzo sono invece caratterizzati da estinzione ondulata.

Nella roccia sono inoltre presenti lievi tracce legate all'azione di organismi (bioturbazione).

### **Tipi di granuli.**

Sia i bioclasti che la frazione silicoclastica sono stimabili intorno al 25 - 30%.

#### **Bioclasti (25 - 30%).**

**Foraminiferi (20%).** Si tratta quasi esclusivamente di Foraminiferi planctonici a guscio ialino (Globigerinoidi). Si riconoscono sporadici frammenti di Macro - Foraminiferi bentonici a guscio ialino come Rotalidi, Anfistegine e a guscio agglutinante (Textularidi).

**Echinodermi.** Sono presenti in frammenti pluridimensionali. Si riconoscono sia piastrine che radioli, consistenti in monocristalli di calcite avvolti da un orlo di cemento limpido sintassiale. Presentano per lo più un aspetto pulverulento per la struttura cribrosa mineralizzata a pirite.

**Molluschi.** Sono rappresentati da frammenti di gusci disarticolati di sezione rettangolare e/o arcuata, con margini sub - arrotondati. Molto ben riconoscibili sono i frammenti di Lamellibranchi pelagici, caratterizzati da gusci di spessore molto ridotto. In alcuni è ancora visibile la microstruttura monostrato di calcite prismatica.

**Alghe.** Si tratta di brandelli di Alghe Rosse incrostanti, riconoscibili per una struttura interna multistrato con una fitta rete di cellette poligonali talvolta arcuate.

**Litoclasti intrabacinali.** Si tratta di inclusi pelitici caratterizzati da forme allungate e contorni molto irregolari dovuti alla compattazione. Si compongono prevalentemente di micrite fortemente terrosa al cui interno sono presenti granuli minuti di minerali silicatici.

**Frazione silicoclastica extrabacinale (25 - 30%).**

**Quarzo (15%).** Abbondante è la presenza di quarzo abbastanza ben classato con contorni angolosi o sub - angolosi. Si presenta incolore, trasparente, con rilievo medio – basso a nicols paralleli, sia mono - che poli - cristallino.

**Fosfati e/o vetro vulcanico.** Caratterizzati da sezioni irregolari, colore dal giallino al giallo - aranciato a nicols paralleli e sostanzialmente isotropi a nicols incrociati (talora l'estinzione risulta anomala e non perfettamente uniforme). Lo stesso materiale costituisce localmente il riempimento delle camere dei Foraminiferi.

**Muscovite.** È in piccoli cristalli idiomorfi incolori, perfettamente trasparenti, con abito tabulare che determina morfologia rettangolare. Sono distribuiti nella sezione irregolarmente e presentano una forma lievemente arcuata.

**Biotite.** Si trovano alcuni granuli di forma irregolare distribuiti in modo eterogeneo nella sezione. Sono individuabili cristalli pleocroici sui toni del bruno – rossiccio - beige.

**Clorite.** Deriva dall'alterazione della biotite ed è più o meno intensamente colorata di verde. È distribuita con qualche cristallo di forma irregolare all'interno della sezione.

**Litoclasti.** Si possono riconoscere frammenti di rocce metamorfiche.

**Altri componenti in quantità accessorie.**

**Goethite.** Diffusa in sezione prevalentemente sottoforma di plaghe, che colorano la matrice e i bioclasti. Localmente sembra alterata in limonite, perché conferisce al tessuto roccioso un colore ruggine.

**Pirite.** È autigena framboidale, all'interno di bioclasti e localmente isolata. Si presenta come aggregati di minuti cristalli opachi.

**Glaucosite.** Si osservano granuli ben distinti di colore verde – giallo, diffusi irregolarmente nel campione di roccia.

**Materiale interstiziale.**

**Matrice.** Si tratta di micrite intragranulare, localmente presenta un'aspetto terroso.

**Cemento.** È abbastanza abbondante e si presenta sotto forma di cemento carbonatico intragranulare. Del cemento sintassiale è evidente lungo i bordi degli Echinodermi.

**Effetti diagenetici.**

La roccia nel complesso mostra di aver subito processi diagenetici in momenti diversi:

- 1) cementazione calcitica non troppo precoce e non abbondante, testimoniata dai contatti compenetrati e suturati tra i granuli, che suggeriscono una compattazione non ostacolata da cementazione (diagenesi isochimica);
- 2) dissoluzione e alterazione diagenetica tardiva e/o epigenetica (goethitizzazione e limonitizzazione) e alterazione recente.

**Classificazione.**

Se si suppone dominante la frazione organogena intrabacinale la roccia può essere classificata come un Packstone a Foraminiferi Planctonici arenaceo.

Se invece si suppone dominante la frazione silicoclastica extrabacinale la roccia può essere classificata come un'arenaria con Foraminiferi Planctonici.

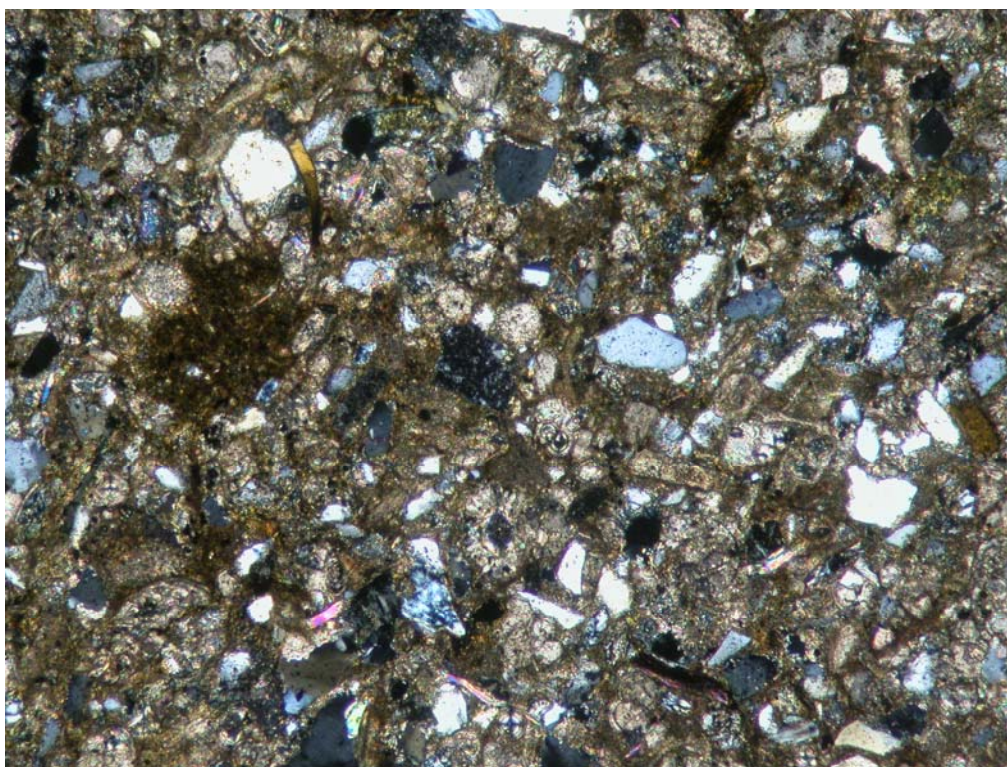
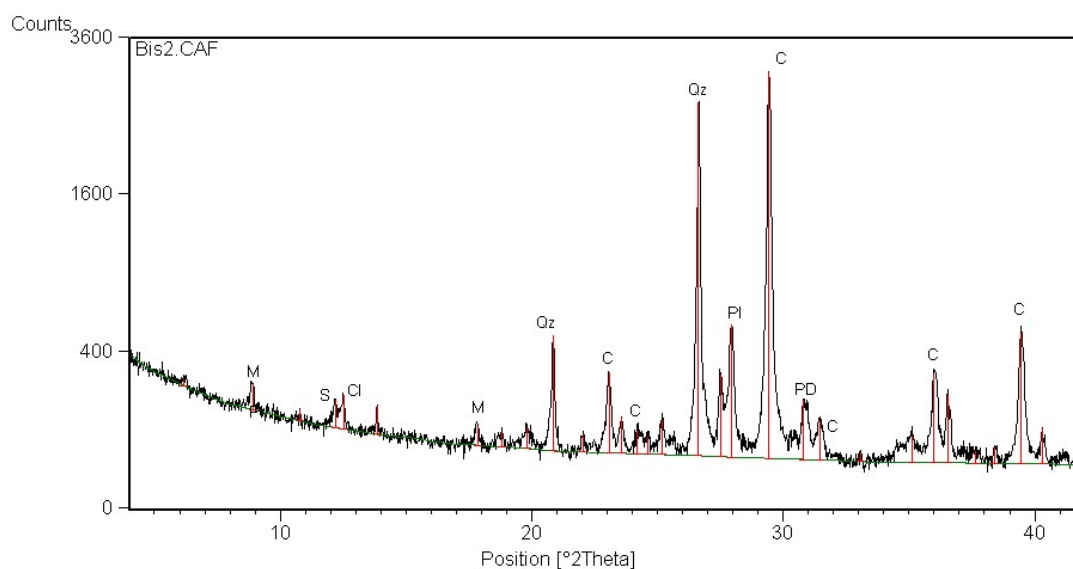


Figura 38; Campione 2, visione della sezione al Microscopio a luce trasmessa, Nicols // 5x.

### Analisi Diffraattometrica.



L'analisi diffrattometrica del campione ha evidenziato la presenza di diverse fasi mineralogiche quali Quarzo  $\text{SiO}_2$  (Qz) e Calcite  $\text{CaCO}_3$  (C), che confermano la presenza in sezione di abbondanti quantità di granuli di quarzo, cemento e fossili. Le fasi

mineralogiche in traccia sono Plagioclasio (Pl), Miche (M), Clorite (Mg, Fe<sup>2+</sup>, Al)<sub>6</sub>(OH)(Si,Al)<sub>4</sub>O<sub>10</sub> (Cl), Serpentino (S) e Protodolomite (PD).

### **Analisi XRF.**

Percentuali in ossidi degli elementi maggiori:

<b>SiO<sub>2</sub></b>	<b>TiO<sub>2</sub></b>	<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>FeO</b>	<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>MnO</b>
34,46	0,25	5,78	1,39	0,68	0,04

<b>MgO</b>	<b>CaO</b>	<b>Na<sub>2</sub>O</b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>L.O.I.</b>	<b>Tot</b>
2,46	27,15	0,81	1,30	0,15	24,67	99,13

Elementi in Traccia (ppm):

<b>S</b>	<b>Sc</b>	<b>V</b>	<b>Cr</b>	<b>Co</b>	<b>Ni</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>Ga</b>	<b>Rb</b>
4118	<5	51	115	39	61	17	39	<5	52

<b>Sr</b>	<b>Y</b>	<b>Zr</b>	<b>Nb</b>	<b>Ba</b>	<b>La</b>	<b>Ce</b>	<b>Nd</b>	<b>Pb</b>	<b>Th</b>	<b>U</b>
733	16	87	6	431	14	28	<10	18	<3	3

Osservando i dati dell'analisi chimica, gli elementi più abbondanti sono Silicio e Calcio. In quantità minore si riconosce anche Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO e FeO.

Tra gli elementi in traccia i più abbondanti risultano lo Zolfo, lo Stronzio, il Bario e il Nichel.

### **Determinazione del Residuo Insolubile.**

L'analisi del residuo insolubile è stata condotta su circa 1g di campione. Dopo l'esecuzione la frazione non carbonatica è risultata pari a 0,5g corrispondente la 42% del campione totale.

## Campione 3a (Località S. Michele di Vallestra)

### **Descrizione Microscopica.**

Macroscopicamente la roccia è una calcarenite a grana media - grossa .

Del reperto 3a è stata eseguita una sezione sottile trasversale, per consentire una precisa analisi petrografica del litotipo mediante osservazione al microscopio ottico a luce trasmessa (OM).

La roccia è composta da una dominante componente extrabacinale silicoclastica a cui si aggiunge una significativa frazione organogena intrabacinale.

Il campione risulta di granulometria eterogenea, mal classato e con una struttura completamente anisotropa, per la spiccata orientazione dei granuli allungati.

La tessitura è clastica. Il supporto è granulare.

I granuli risultano sia flottanti sia a contatto, con contatti puntiformi, lunghi, raramente concavo - convessi e suturati.

La porosità è abbondante, distribuita in tutta la sezione con forme e dimensioni irregolari. I pori sono prevalentemente intergranulari anche se non mancano esempi di porosità intragranulare, all'interno delle camere dei Bioclasti.

La frazione silicoclastica è molto abbondante (50 - 60%) e composta da diverse fasi mineralogiche. I granuli hanno contorni da angolosi a sub - angolosi e dimensioni molto variabili.

I bioclasti, poco abbondanti rispetto alle altre sezioni, (15 - 20%) sono pluridimensionali, con gli Echinodermi di taglia mediamente più elevata, e caratterizzati da contorni sub - arrotondati, con spigoli smussati; i margini sono a volte poco visibili perché corrosi da dissoluzione e/o risedimentazione e raramente marcati da ossidi.

Sia la matrice che il cemento, di tipo carbonatico, sono abbondanti e distribuiti circa in egual proporzione nella sezione. La roccia è ben conservata, l'alterazione è minima e sono rari gli addensamenti di goethite e limonite.

Tra i componenti della frazione silicoclastica sono identificabili granuli deformati, in particolare i frammenti di miche costituite da lamelle incurvate, quelli di quarzo caratterizzati da estinzione ondulata.

### **Tipi di granuli.**

La frazione silicoclastica è dominante (50 - 60 %); i bioclasti sono stimabili attorno al 15 - 20%.

### **Frazione silicoclastica extrabacinale (50-60%).**

**Quarzo.** Si presenta incolore, trasparente, con rilievo medio – basso a nicols paralleli, sia mono - che poli - cristallino. I granuli presentano vacuoli o microliti e contorni da angolosi a sub - angolosi. Quello monocristallino presenta sia estinzioni rette che ondulate, dovute a processi deformativi.

**Feldspati.** Sono distribuiti in modo eterogeneo nella sezione, e riconoscibili per il caratteristico abito tabulare caratterizzato da cristalli idiomorfi a sezione rettangolare o sub - rettangolare.

**Fosfati e/o vetro vulcanico.** Si presentano con morfologie irregolari, colore dal giallino al giallo - aranciato a nicols paralleli e sostanzialmente isotropi a nicols incrociati (talora l'estinzione risulta anomala e non perfettamente uniforme). Lo stesso materiale costituisce localmente il riempimento delle camere dei Foraminiferi.

**Muscovite.** È molto scarsa e si presenta in lamelle distribuite casualmente.

**Anfiboli.** Si individuano alcuni frammenti di Glaucofone, con rilievo medio e tipico pleocroismo con toni dall'azzurro – violetto all'azzurro intenso.

**Biotite.** Si trovano granuli di forma irregolare distribuiti in modo eterogeneo. E' caratterizzata da cristalli pleocroici sui toni del bruno – rossiccio - beige.

**Clorite.** Deriva dall'alterazione della biotite ed è più o meno intensamente colorata di verde. Mostra forma irregolare.

**Litoclasti.** Sono presenti numerosi litoclasti di rocce sedimentarie, metamorfiche e vulcaniche con forme e dimensioni diverse.

### **Bioclasti (15 - 20%).**

**Echinodermi.** Nel campione risultano i fossili più abbondanti. Sono presenti in frammenti di granulometria da micrometrica a plurimicrometrica. Si riconoscono sia piastrine che radioli, consistenti in monocristalli di calcite avvolti da un orlo di cemento limpido sintassiale. Presentano per lo più un'aspetto pulverulento per la struttura cribrosa mineralizzata a pirite.

**Foraminiferi.** Si individuano quasi esclusivamente Foraminiferi planctonici a guscio ialino (Globigerinoidi). Sporadici sono i frammenti di Macro-Foraminiferi bentonici a guscio ialino come Rotalidi, Anfisteginee e a guscio agglutinante (Textularidi). Spesso all'interno delle camere è presente un aggregato microcristallino opaco di pirite framboidale.

**Briozoi.** Si riconoscono frammenti di grosse dimensioni di Briozoi. Sono caratterizzati da una struttura a cellette molto ben definite.

**Alghe.** Si tratta di brandelli di Alghe Rosse incrostanti, riconoscibili per una struttura interna multistrato con una fitta rete di cellette poligonali talvolta arcuate.

#### **Altri componenti in quantità accessorie.**

**Goethite.** Diffusa in sezione prevalentemente sottoforma di plaghe, colora la matrice e i bioclasti di un colore rosso - aranciato. Localmente è alterata in limonite, che conferisce al tessuto roccioso un colore ruggine.

**Pirite.** Autigena framboidale si osserva all'interno di bioclasti e in plaghe isolate. Si presenta come aggregati di minuti cristalli opachi.

**Glaucinite.** Si osservano numerosi granuli di colore verde - giallo da pallido a intenso a nicols paralleli, microcristallini con aspetto "pepe - sale" a nicols incrociati.

#### **Materiale interstiziale.**

**Matrice.** È presenta come calcite microcristallina intergranulare, raramente intragranulare. Presenta una colorazione bruna con grana da media a fine.

**Cemento.** Si tratta prevalentemente di cemento intragranulare carbonatico, presente all'interno di cavità protette prodotte dai gusci dei Foraminiferi. Si presenta come cemento sparitico e microsparitico. Cemento sintassiale accresciuto con continuità ottica è evidente sui bioclasti di Echinodermi.

#### **Effetti diagenetici.**

La roccia nel complesso mostra di aver subito processi diagenetici in momenti diversi:

- 1) cementazione calcitica non troppo precoce e non abbondante, testimoniata dai contatti compenetrati e suturati tra i granuli, che suggeriscono una compattazione non ostacolata da cementazione (diagenesi isochimica);



2) dissoluzione e alterazione diagenetica tardiva e/o epigenetica (goethitizzazione e limonitizzazione) e alterazione recente.

**Classificazione.**

La roccia si può classificare come arenaria.

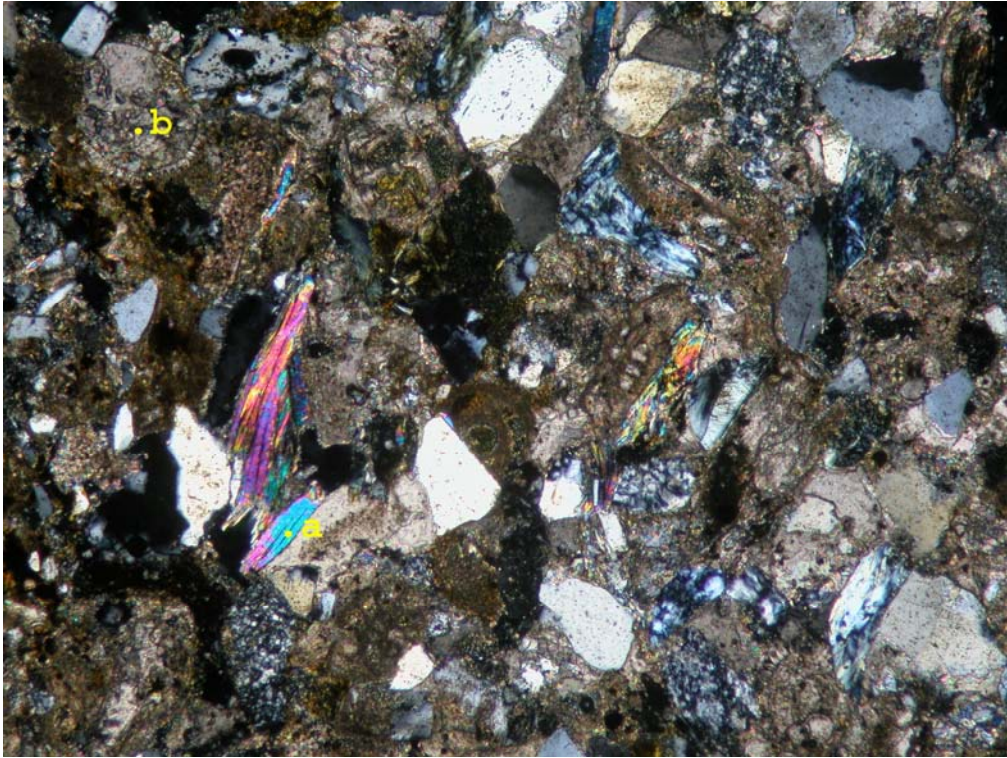
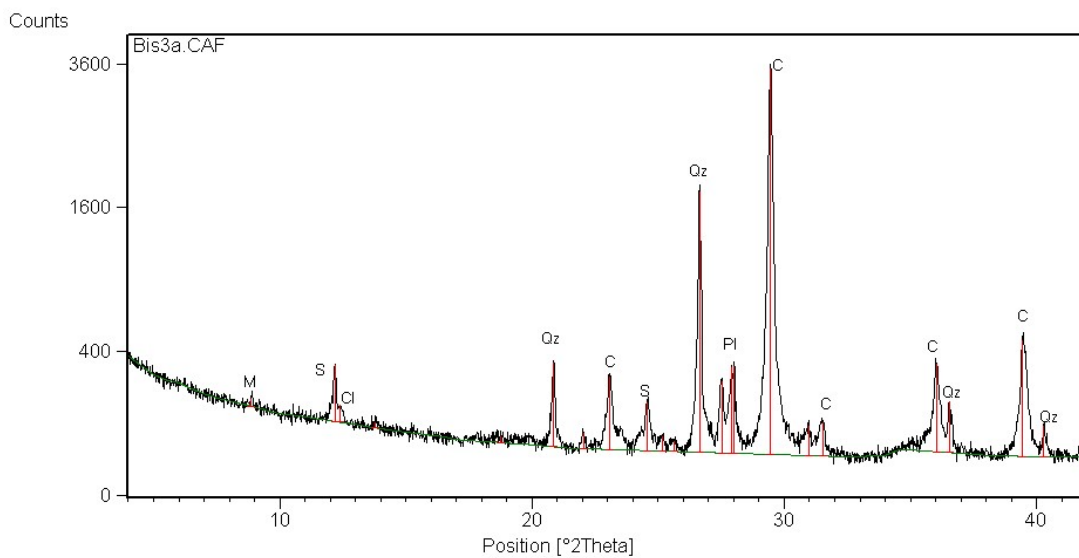


Figura 39; Campione 3a, visione della sezione al Microscopio a luce trasmessa, Nicols // 5x.

Sono evidenti Miche (a) e Foraminiferi (b).

### Diffrazione delle Polveri.



L'analisi diffrattometrica delle polveri ha individuato diverse fasi mineralogiche le principali delle quali in ordine di abbondanza su base semiquantitativa sono: Calcite  $\text{CaCO}_3$  (C), Quarzo  $\text{SiO}_2$  (Qz), Serpentino (S) molto più abbondante della Clorite (Mg,

$\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Al}_6(\text{OH})(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{Cl})$ , Plagioclasio (Pl), Miche (M), tracce di K - Feldspato e Dolomite  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  (D).

### Determinazione del Residuo Insolubile.

La determinazione su circa 1g di campione ha ricavato 0,6g di residuo insolubile pari al 55% del campione.

### Analisi XRF.

Percentuali in ossidi degli elementi maggiori:

<b>SiO<sub>2</sub></b>	<b>TiO<sub>2</sub></b>	<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>FeO</b>	<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>MnO</b>
25,07	0,11	2,98	1,12	0,40	0,04

<b>MgO</b>	<b>CaO</b>	<b>Na<sub>2</sub>O</b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>L.O.I.</b>	<b>Tot</b>
2,78	35,17	0,54	0,73	0,11	30,23	99,28

Elementi in Traccia (ppm):

<b>S</b>	<b>Sc</b>	<b>V</b>	<b>Cr</b>	<b>Co</b>	<b>Ni</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>Ga</b>	<b>Rb</b>
2935	<5	24	138	63	60	<3	647	<5	18

<b>Sr</b>	<b>Y</b>	<b>Zr</b>	<b>Nb</b>	<b>Ba</b>	<b>La</b>	<b>Ce</b>	<b>Nd</b>	<b>Pb</b>	<b>Th</b>	<b>U</b>
1121	8	38	<3	186	11	19	11	20	13	<3

L'analisi XRF ha evidenziato come elementi dominanti Calcio, Silicio, Alluminio e Ferro. Tra gli elementi in traccia si evidenziano in ordine di abbondanza Zolfo, Stronzio, Zinco, Bario e Cromo.

### Campione 3b (località Monte Vrolo)

#### Descrizione Microscopica.

La roccia a livello macroscopico è una calcarenite a grana fine.

Del reperto 3b stata eseguita una sezione sottile trasversale, per consentire una precisa analisi petrografica del litotipo mediante osservazione al microscopio ottico a luce trasmessa (OM).

La roccia è costituita da una componente organogena intrabacinale a cui si somma una importante frazione extrabacinale silicoclastica.

In sezione sottile il campione mostra struttura tendenzialmente isotropa e risulta abbastanza ben classato.

La tessitura è clastica. Il supporto è granulare.

I granuli risultano sia flottanti, che a contatto con contatti puntiformi, lunghi raramente concavo - convessi e suturati.

La porosità è scarsa ma omogeneamente distribuita. I pori sono prevalentemente intergranulari anche se non mancano esempi di porosità intragranulare.

I bioclasti sono abbondanti e di diverse tipologie (30%). Prevalenti sono i frammenti di Echinodermi. Sono inoltre riconoscibili Molluschi e Foraminiferi. I contorni appaiono generalmente sub -arrotondati, con spigoli smussati. Spesso i bordi dei bioclasti sono poco visibili perché corrosi da dissoluzione e/o risedimentazione.

La frazione silicoclastica costituisce il 10 -15% della roccia, ed è composta da diverse fasi mineralogiche, anche se domina la frazione quarzosa.

La cementazione è scarsa e localizzata in posizione intragranulare e meno frequentemente intergranulare. Il materiale interstiziale dominante è micrite microcristallina (20%).

La sezione presenta uno stato di conservazione buono, per la minima alterazione diffusa dei componenti, e per rari addensamenti di goethite e limonite.

### **Tipi di granuli.**

Si tratta per la maggior parte di bioclasti (30%); con una frazione silicoclastica valutabile attorno al 10 - 15%.

### **Bioclasti (30%).**

**Foraminiferi** Si tratta di Foraminiferi planctonici a guscio ialino (Globigerinoidi), presenti in frammenti di dimensioni variabili. Si riconoscono anche sporadici frammenti di Macro - Foraminiferi bentonici.

Si individua pirite framboidale, come un aggregato micnocristallino opaco, all'interno delle camere dei bioclasti.

**Echinodermi.** Si presentano pluridimensionali e distribuiti in modo omogeneo nella sezione. Si riconoscono sia piastrine che radioli, consistenti in monocristalli di calcite avvolti da un orlo di cemento limpido sintassiale. Hanno con un'aspetto pulverulento per la struttura cribrosa mineralizzata a pirite.

**Molluschi.** Sono rappresentati da frammenti di gusci disarticolati di sezione rettangolare e/o arcuata, con margini sub - arrotondati. Molto ben riconoscibili sono i frammenti di Lamellibranchi pelagici, caratterizzati da gusci esili. In alcuni è ancora visibile la microstruttura monostrato di calcite prismatica.

**Alghe.** Si tratta di brandelli di Alghe Rosse incrostanti, riconoscibili per una struttura interna multistrato con una fitta rete di cellette poligonali talvolta arcuate.

#### **Frazione silicoclastica extrabacinale (10 - 15%).**

**Quarzo.** Si presenta incolore, trasparente, con rilievo medio – basso a nicols paralleli, sia mono - che poli – cristallino. A nicols incrociati presenta massimi colori di interferenza bianchi. Alcuni granuli di quarzo presentano estinzioni ondulate dovute a processi deformativi.

**Feldspati.** Sono presenti nella sezione rari frammenti distribuiti in modo eterogeneo riconoscibili per il caratteristico abito tabulare caratterizzato da cristalli idiomorfi di sezione rettangolare o sub - rettangolare.

**Muscovite.** Si presenta in piccoli cristalli di forma allungata distribuiti in tutta la sezione. Presenta massimi colori di interferenza del terzo ordine. Alcuni frammenti sono arcuati, in relazione a processi deformativi.

**Fosfati e/o vetro vulcanico.** Presentano forme irregolari, colore dal giallino al giallo - aranciato a nicols paralleli e sono sostanzialmente isotropi a nicols incrociati (talora l'estinzione risulta anomala e non perfettamente uniforme). Lo stesso materiale costituisce localmente il riempimento delle camere dei Foraminiferi.

**Biotite.** Si trovano granuli di forma irregolare distribuiti in modo eterogeneo nella sezione. Risulta pleocroica sui toni del bruno – rossiccio - beige.

**Clorite.** Deriva dall'alterazione della biotite ed è più o meno intensamente colorata di verde. Qualche cristallo di forma irregolare è disseminato casualmente.

### **Altri componenti in quantità accessorie.**

**Goethite.** Abbastanza diffusa in sezione, sia in forma granulare che diffusa. È presente in cavità intragranulari e intergranulari. È di colore bruno più o meno intenso con sfumature arancio gialle, localmente sembra alterata in limonite.

**Pirite.** È autigena framboideale si osserva all'interno di bioclasti e localmente isolata. Si presenta come aggregati di minuti cristalli opachi.

**Glaucanite.** Si osservano granuli ben distinguibili di colore verde – giallo, diffusi irregolarmente nel campione di roccia.

### **Materiale interstiziale.**

**Matrice.** È presente come calcite microcristallina intergranulare, raramente intragranulare. Presenta una colorazione bruna con grana da media a fine.

**Cemento.** Si tratta prevalentemente di cemento intragranulare carbonatico, presente all'interno delle camere dei Foraminiferi. Si presenta come cemento sparitico e microsparitico. Cemento sintassiale accresciuto con continuità ottica è evidente sui bioclasti di Echinodermi.

### **Effetti diagenetici.**

La roccia nel complesso mostra di aver subito processi diagenetici in momenti diversi:

- 1) cementazione calcitica non troppo precoce e non abbondante, testimoniata dai contatti compenetrati e suturati tra i granuli, che suggeriscono una compattazione non ostacolata da cementazione (diagenesi isochimica);
- 2) dissoluzione e alterazione diagenetica tardiva e/o epigenetica (goethitizzazione e limonitizzazione) e alterazione recente.

### **Classificazione.**

La roccia può venire classificata come un Packstone a Echinodermi e Foraminiferi Planctonici.

Il campione non è stato sottoposto ad ulteriori analisi perché presenta caratteristiche tessiturali molto diverse dai campioni di arenaria trovati in duomo.

## Campione 4 (Località S. Maria, arenaria Pantano)

### **Descrizione Microscopica.**

Macroscopicamente la roccia è una calcarenite a grana fine.

Del reperto 4 è stata eseguita una sezione sottile trasversale, per consentire una precisa analisi petrografica del litotipo mediante osservazione al microscopio ottico a luce trasmessa (OM).

La roccia risulta costituita da una frazione organogena intrabacinale e da una frazione silicoclastica. La stima visiva al microscopio non consente di stabilire quale delle due frazioni sia dominante poichè sembrano equivalersi.

In sezione sottile appare con granulometria eterogenea.

Il campione ha una struttura anisotropa per una lieve orientazione dei granuli allungati.

Si nota una certa laminazione.

La tessitura è clastica. Il supporto è granulare. I granuli risultano sia flottanti sia a contatto, con contatti puntiformi, lunghi, raramente concavo - convessi e suturati.

La porosità è relativamente abbondante e distribuita su tutta la sezione. I pori, sia intragranulari che intergranulari, hanno forma e dimensioni uniformi.

I bioclasti sono estremamente vari. Si individuano frammenti di Echinodermi, Foraminiferi e Molluschi. I contorni sono generalmente sub - arrotondati, con spigoli smussati. Spesso presentano contorni non ben identificabili perché corrosi da dissoluzione e/o risedimentazione. I margini dei granuli sono talvolta marcati da ossidi (goethite, limonite).

Anche i costituenti della frazione silicoclastica risultano di forme e dimensioni variabili, caratterizzati da contorni sub - angolosi a sub - arrotondati.

La roccia è scarsamente cementata. Il cemento, quando presente, è di tipo carbonatico e localmente goethitico. Il materiale interstiziale più abbondante è costituito da micrite.

La sezione mostra un discreto stato di conservazione per la minima alterazione e per rari addensamenti di goethite e limonite.

### **Tipi di granuli.**

Sia i bioclasti che la frazione silicoclastica sono stimabili intorno al 25 - 30%.

**Bioclasti (25 – 30%).**

**Foraminiferi.** Si individuano quasi esclusivamente Foraminiferi planctonici a guscio ialino (Globigerinoidi). Sporadici sono i frammenti di Macro-Foraminiferi bentonici a guscio ialino come Rotalidi, Anfistegine e a guscio agglutinante (Textularidi). Spesso all'interno delle camere è presente pirite framboideale, come un aggregato microcristallino opaco.

**Echinodermi.** Sono abbastanza abbondanti, con forme molto variabili. Si riconoscono sia piastrine sia radioli, in monocristalli di calcite avvolti da un orlo di cemento calcitico limpido con crescita sintassiale. Presentano per lo più un'apparenza pulverulenta, quasi sempre con struttura cribrosa mineralizzata a pirite.

**Molluschi.** Sono rappresentati da frammenti di gusci disarticolati di sezione rettangolare e/o arcuata, con margini sub - arrotondati. Molto ben riconoscibili sono i frammenti di Lamellibranchi pelagici, caratterizzati da gusci esili. In alcuni è ancora visibile la microstruttura monostrato di calcite prismatica.

**Briozoi.** È presenta qualche bioclasto caratterizzato da una struttura a celle ben definite e spazi intragranulari occupati da ossidi e/o cemento microspartico e/o micrite.

**Litoclasti intrabacinali.** Si tratta di inclusi pelitici caratterizzati da forme allungate. Si compongono prevalentemente di micrite fortemente terrosa al cui interno sono presenti granuli minuti di minerali silicatici.

**Frazione silicoclastica extrabacinale (25 - 30%).**

**Quarzo.** È costituito da piccoli granuli con orli da sub - angolosi o sub - arrotondati, distribuiti omogeneamente nella sezione. Sono prevalentemente granuli di quarzo monocristallino, raramente policristallino. Qualche granulo presenta un'estinzione ondulata per processi deformativi.

**Muscovite.** Costituita generalmente da piccoli cristalli allungati, è distribuita casualmente. A nicols incrociati presenta massimi colori di interferenza del terzo ordine. Alcuni granuli sono deformati.

**Fosfati e/o vetro vulcanico.** Risulta incerta l'attribuzione di numerosi granuli, con forme irregolari o subsferiche e margini sub – arrotondati, di colore dal giallino al giallo - aranciato a nicols paralleli e sostanzialmente isotropi a nicols incrociati (talora



l'estinzione risulta anomala e non perfettamente uniforme). Lo stesso materiale costituisce localmente il riempimento delle camere dei Foraminiferi.

**Biotite.** Si presenta in piccoli cristalli di colori anomali. Alcuni granuli risultano alterati in clorite. È distribuita in modo disomogeneo all'interno della sezione.

**Clorite.** È il minerale di alterazione della biotite ed è più o meno intensamente colorata di verde. È presente nella sezione in piccoli cristalli distribuiti in modo disomogeneo.

**Anfiboli.** Si identificano alcune cristalli di anfiboli.

#### **Altri componenti in quantità accessorie.**

**Goethite.** Localmente diffusa in sezione in granuli disseminata lungo fratture e cavità intragranulari e intergranulari. È di colore bruno più o meno intenso con sfumature arancio gialle, localmente sembra alterata in limonite, che conferisce al tessuto roccioso un colore ruggine.

**Pirite.** La pirite autigena all'interno dei bioclasti si presenta come aggregati framboideali di minuti cristalli opachi.

**Glauconite.** Si osservano granuli distinti di colore verde - giallo da pallido a intenso a nicols paralleli, microcristallini con aspetto "pepe - sale" a nicols incrociati.

#### **Materiale interstiziale.**

**Matrice.** Si presenta come calcite microcristallina di colorazione bruna, come micrite o microsparite. Localmente ha aspetto terroso.

**Cemento.** Si tratta prevalentemente di cemento intragranulare e meno frequentemente intergranulare carbonatico, di tipo sparitico e microsparitico. All'interno di cavità protette prodotte dai gusci dei Foraminiferi si individuano rare fenestrate ortosparitiche limpide. Molto ben riconoscibile è il cemento sintassiale che si accresce in continuità ottica sui bioclasti di Echinodermi.

#### **Effetti diagenetici.**

La roccia nel complesso mostra di aver subito processi diagenetici in momenti diversi:

- 1) cementazione calcitica non troppo precoce e non abbondante, testimoniata dai contatti compenetrati e suturati tra i granuli, che suggeriscono una compattazione non ostacolata da cementazione (diagenesi isochimica);

2) dissoluzione e alterazione diagenetica tardiva e/o epigenetica (goethitizzazione e limonitizzazione) e alterazione recente.

**Classificazione.**

Se si suppone dominante la frazione organogena intrabacinale la roccia può essere classificata come un Packstone a Foraminiferi Planctonici e Echinodermi arenaceo.

Se invece si suppone dominante la frazione silicoclastica extrabacinale la roccia può essere classificata come un'arenaria con Foraminiferi Planctonici e Echinodermi.

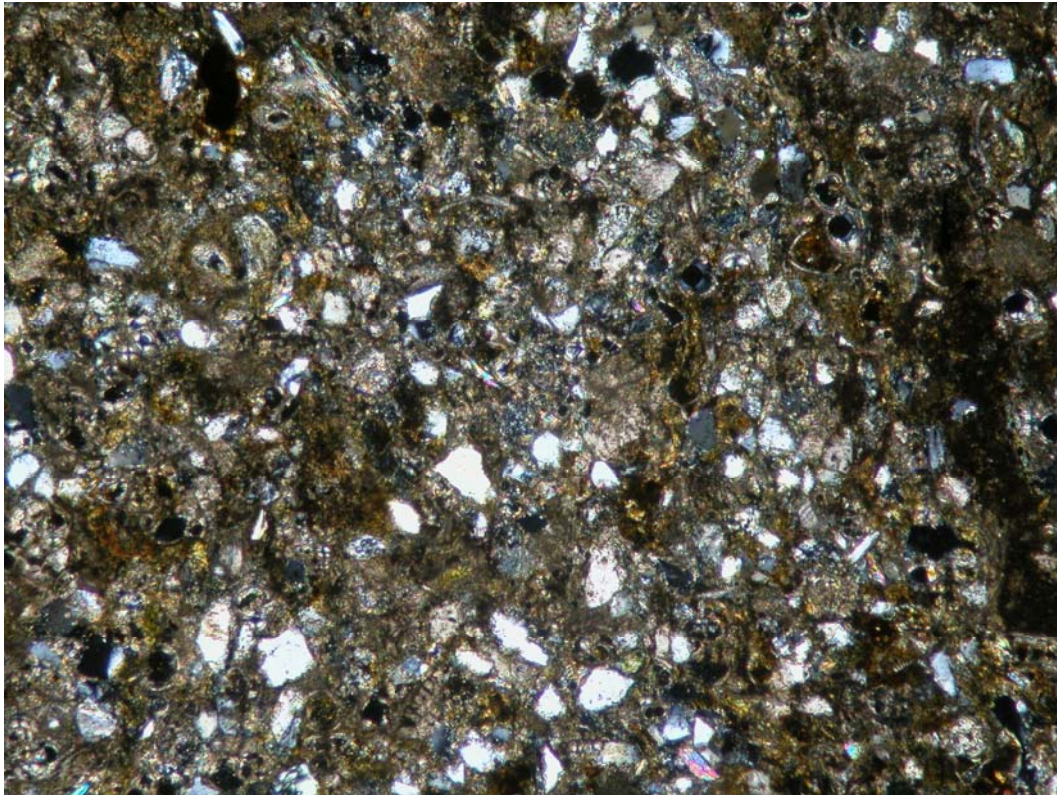
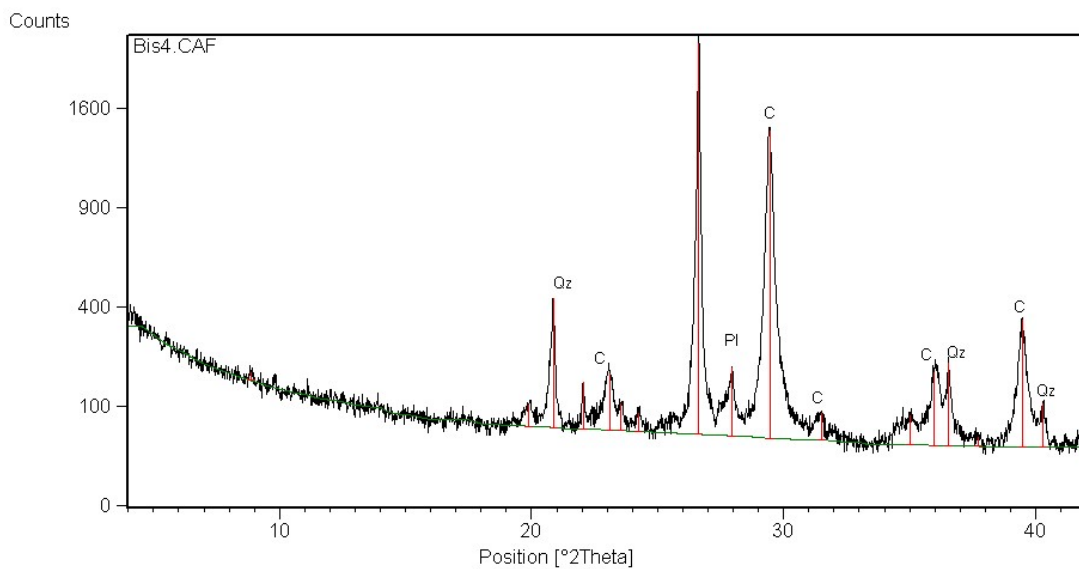


Figura 40; Campione 4, visione della sezione al Microscopio a luce trasmessa, Nicols // 5x.

### Diffrazione delle Polveri.



Il campione presenta un numero contenuto di fasi mineralogiche; in ordine di abbondanza su base semiquantitativa si riconoscono: Quarzo  $\text{SiO}_2$  (Qz),  $\text{CaCO}_3$  (C), Plagioclasio (Pl) e tracce di Fillosilicati.

### Determinazione del Residuo Insolubile.

La determinazione su circa 1g di campione ha prodotto 0,5 g di residuo insolubile pari al 44% del campione totale.

### Analisi XRF.

Percentuali in ossidi degli elementi maggiori:

SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO
38,61	0,22	4,89	0,91	1,00	0,03

MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	L.O.I.	Tot
1,50	25,61	0,59	1,07	0,14	24,84	99,41

Elementi in Traccia (ppm):

S	Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Rb
687	<5	46	87	56	50	10	42	<5	42

Sr	Y	Zr	Nb	Ba	La	Ce	Nd	Pb	Th	U
655	15	62	5	674	12	37	<10	14	<3	<3

L'analisi chimica totale del campione ha evidenziato la presenza in ordine di abbondanza di SiO<sub>2</sub> e CaO.

Tra gli elementi in traccia si riconoscono Zolfo, Bario e Stronzio.

### Campione 5 (Località di Cavandola)

#### Descrizione Microscopica.

Macroscopicamente la roccia è una calcarenite a grana fine.

Del reperto 5 è stata eseguita una sezione sottile trasversale, per consentire una precisa analisi petrografica del litotipo mediante osservazione al microscopio ottico a luce trasmessa (OM).

La roccia risulta costituita da una rilevante frazione organogena intrabacinale a cui si aggiunge una modesta frazione silicoclastica extrabacinale.

In sezione sottile appare con granulometria eterogenea.

La struttura del campione risulta tendenzialmente isotropa.

La tessitura è clastica – organogena. Il supporto è granulare.

I granuli risultano a contatto, con contatti puntiformi, lunghi, raramente concavo-convessi e suturati.

La porosità è media e distribuita su tutta la sezione: i pori, generalmente equidimensionali, sono sia intragranulari che intergranulari.

I bioclasti sono di tipologie e forme estremamente varie. Tra i più abbondanti si riconoscono frammenti di Echinodermi, Foraminiferi e Molluschi. I contorni dei granuli sono generalmente sub - arrotondati, con spigoli smussati spesso con margini non ben identificabili perché corrosi da dissoluzione e/o risedimentazione.

La frazione silicoclastica, di composizione prevalentemente quarzosa, è composta da granuli caratterizzati da margini da sub – angolosi e raramente sub - arrotondati.

Il materiale interstiziale è abbondante e prevalentemente costituito da micrite. Il cemento è scarso; se presente, si trova all'interno delle camere dei bioclasti o in piccoli pori intergranulari.

La sezione mostra un buono stato di conservazione per la scarsa alterazione sotto forma di addensamenti di goethite e limonite.

### **Tipi di granuli.**

Si tratta per la maggior parte di bioclasti (50 - 60%); la frazione silicoclastica è stimabile intorno al 15 - 20%.

### **Bioclasti (50 - 60%).**

**Foraminiferi (20%).** Si individuano quasi esclusivamente Foraminiferi planctonici a guscio ialino (Globigerinoidi). Sporadici sono i frammenti di Macro - Foraminiferi bentonici a guscio ialino come Rotalidi, Anfistegine e a guscio agglutinante (Textularidi). Spesso all'interno delle camere è presente pirite framboideale, come un aggregato microcristallino opaco.

**Echinodermi (15 - 20%).** Sono abbastanza abbondanti, con forme molto variabili. Si riconoscono sia piastrene sia radioli, in monocristalli di calcite avvolti da un orlo di

cemento calcitico limpido con crescita sintassiale. Presentano per lo più un'apparenza pulverulenta, quasi sempre con struttura cribrosa mineralizzata a pirite.

**Molluschi.** Sono rappresentati da frammenti di gusci disarticolati di sezione rettangolare e/o arcuata, con margini sub-arrotandati. Molto ben riconoscibili sono i frammenti di Lamellibranchi pelagici, caratterizzati da gusci esili. In alcuni è ancora visibile la microstruttura monostrato di calcite prismatica.

**Briozoi.** È presenta qualche bioclasto caratterizzato da una struttura a celle ben definite e spazi intragranulari occupati da ossidi e/o cemento microsparitico e/o micrite.

#### **Frazione silicoclastica extrabacinale (15 - 20%).**

**Quarzo.** Si presenta incolore, trasparente, con rilievo medio – basso a nicols paralleli, sia mono - che poli - cristallino. A nicols incrociati presenta massimi colori di interferenza bianchi. Il quarzo monocristallino è caratterizzato da estinzione per lo più retta anche se non mancano casi di estinzione ondulata legata alla deformazione del minerale; spesso al suo interno si distinguono vacuoli o microliti.. Entrambe le varietà si presentano con forme varie e in genere con contorni spigolosi e meno frequentemente sub - arrotondati.

**Muscovite.** Si presenta in cristalli idiomorfi incolori, perfettamente trasparenti, con abito tabulare che determina morfologie rettangolari. Presenta tracce di sfaldatura molto ben visibili. Il rilievo è medio. I massimi colori di interferenza sono del 3° ordine

**Fosfati e/o vetro vulcanico.** Risulta incerta l'attribuzione di numerosi granuli, con forme irregolari o subsferiche e margini sub – arrotondati, di colore dal giallino al giallo - aranciato a nicols paralleli e sostanzialmente isotropi a nicols incrociati (talora l'estinzione risulta anomala e non perfettamente uniforme). Lo stesso materiale costituisce localmente il riempimento delle camere dei Foraminiferi.

**Feldspati.** Rari nella sezione, sono riconoscibili mediante il caratteristico abito tabulare con cristalli idiomorfi di morfologia rettangolare o sub - rettangolare. A nicols paralleli presentano rilievo basso, sono incolori e localmente alterati in sericite – caolino, che conferiscono al minerale un aspetto terroso, riducendo la sua originaria trasparenza. A nicols incrociati presenta massimi colori di interferenza grigi e in alcuni casi geminazione di tipo Carsbald.

**Biotite.** E' quasi totalmente alterata in clorite anche se sussistono rari cristalli tendenzialmente preservati. L'abito tabulare determina in sezione morfologie rettangolari o rotondeggianti (sezioni basali). Ha rilievo medio, sfaldatura ottima, visibile con un unico sistema di tracce di sfaldatura nelle sezioni rettangolari, parallele al lato maggiore; risulta pleocroica sui toni del bruno – rossiccio - beige. La sezione basale è priva di tracce di sfaldatura e di pleocroismo. Il minerale presenta colori anomali di interferenza a causa dell'intenso colore.

**Clorite.** È il prodotto di alterazione della biotite ed è riconoscibile perché più o meno intensamente colorato di verde.

**Litoclasti.** Si individuano alcuni frammenti di roccia sedimentaria e metamorfica.

#### **Altri componenti in quantità accessorie.**

**Goethite.** E' di colore bruno più o meno intenso con sfumature arancio gialle, localmente sembra alterata in limonite, che conferisce al tessuto roccioso un colore ruggine. Si presenta nella sezione sottoforma di plaghe o di colorazione diffusa nella matrice.

**Pirite.** È presente nelle camere dei bioclasti, in particolare dei Foraminiferi. Si riconosce perché formata da piccoli cristalli opachi.

**Glaucosite.** Si osservano granuli ben distinti di colore verde - giallo da pallido a intenso a nicols paralleli, microcristallini con aspetto “pepe -sale” a nicols incrociati.

#### **Materiale interstiziale.**

**Matrice.** Si presenta come calcite microcristallina di colorazione bruna con grana da media a fine. Si individuano nella sezione delle striature brune più intense forse dovute ad un addensamento di micrite.

**Cemento.** Si tratta prevalentemente di cemento intragranulare e meno frequentemente intergranulare carbonatico, di tipo sparitico e microsparitico. All'interno di cavità dei Foraminiferi si individuano rare fenestrate ortosparitiche limpide. Molto ben riconoscibile è il cemento sintassiale che si accresce in continuità ottica sui bioclasti di Echinodermi.

**Effetti diagenetici.**

La roccia nel complesso mostra di aver subito processi diagenetici in momenti diversi:

- 1) cementazione calcitica non troppo precoce e non abbondante, testimoniata dai contatti compenetrati e suturati tra i granuli, che suggeriscono una compattazione non ostacolata da cementazione (diagenesi isochimica);
- 2) dissoluzione e alterazione diagenetica tardiva e/o epigenetica (goethitizzazione e limonitizzazione) e alterazione recente.

**Classificazione.**

La roccia si può classificare come un Packstone a Foraminiferi Planctonici e Echinodermi.



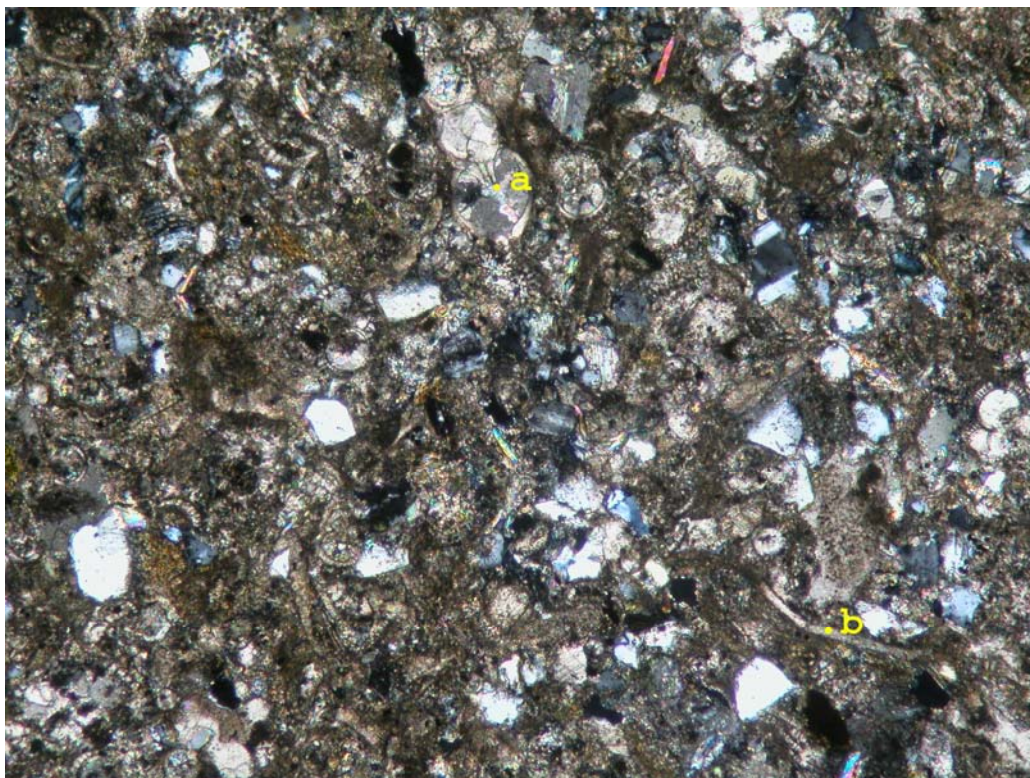
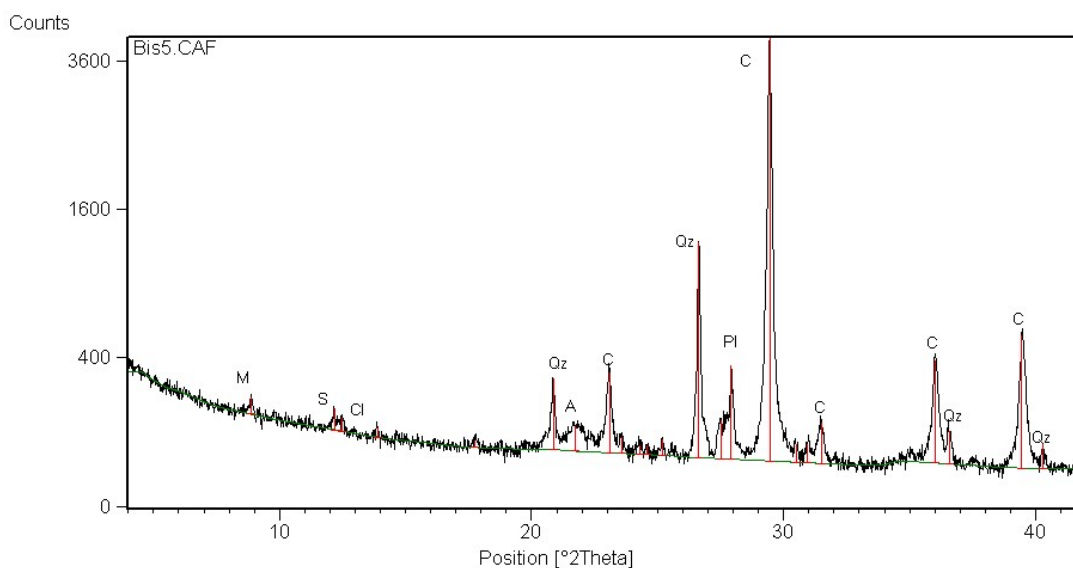


Figura 41; Campione 5 visione della sezione al Microscopio a luce trasmessa, Nicols // 5x.  
Sono evidenti Foraminiferi (a) e Lamellibranchi (b).

### Diffrazione delle Polveri.



L'analisi diffrattometrica ha evidenziato la presenza di fasi mineralogiche simili a quelle presenti nei campioni del Duomo. Le fasi più abbondanti sono Calcite  $\text{CaCO}_3$

(C), Quarzo SiO<sub>2</sub> (Qz), Plagioclasio (Pl), K-Feldspato; si riconoscono inoltre tracce di Serpentino (S), Clorite (Cl), Opale o Crstobalite - Tridimite (A) e Miche (M).

#### **Determinazione del Residuo Insolubile.**

La determinazione su 1g del campione ha prodotto un residuo insolubile di 0,3g corrispondente al 28% del provino.

#### **Analisi XRF.**

Percentuali in ossidi degli elementi maggiori:

SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO
23,98	0,12	2,94	0,90	0,25	0,03

MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	L.O.I.	Tot
1,47	37,09	0,49	0,71	0,12	31,52	99,60

Elementi in Traccia (ppm):

S	Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Rb
610	<5	27	75	40	40	<3	18	<5	19

Sr	Y	Zr	Nb	Ba	La	Ce	Nd	Pb	Th	U
660	9	40	3	254	12	15	<10	27	32	<3

L'analisi chimica totale ha evidenziato l'abbondanza di Calcio, Silicio, Alluminio e Magnesio.

Tra gli elementi in traccia si evidenziano le abbondanze di Stronzio, Zolfo e Bario.

### **Campione 6 (località Castello di Canossa)**

#### **Descrizione Microscopica.**

Macroscopicamente la roccia è una calcarenite a grana medio - fine.

Del reperto 6 è stata eseguita una sezione sottile trasversale, per consentire una precisa analisi petrografica del litotipo mediante osservazione al microscopio ottico a luce trasmessa (OM).

La roccia è composta da una dominante frazione organogena intrabacinale a cui si aggiunge una significativa componente extrabacinale silicoclastica.

In sezione sottile appare con granulometria eterogenea.

Il campione ha una struttura sostanzialmente isotropa.

La tessitura è clastica. Il supporto è granulare.

I granuli risultano sia flottanti sia a contatto, con contatti puntiformi, lunghi, raramente concavo-convessi e suturati.

La porosità è medio – bassa e si presenta sotto forma di cavità beanti sia intergranulari che intragranulari.

I bioclasti presentano forme e dimensioni molto varie. In particolare i frammenti di Echinodermi raggiungono dimensioni plurimillimetriche. Tra gli altri bioclasti si riconoscono Foraminiferi e Molluschi. La componente organogena presenta contorni generalmente sub - arrotondati, con spigoli smussati e margini non ben identificabili perché corrosi da dissoluzione e/o risedimentazione.

La frazione silicoclastica (15 - 20%) è composta principalmente da quarzo a cui si aggiungono comunque altre fasi mineralogiche minori.

Il materiale interstiziale è abbondante e costituito circa in ugual proporzione da micrite e cemento carbonatico.

La sezione presenta un buono stato di conservazione, data la minima alterazione e rari addensamenti di goethite e limonite.

### **Tipi di granuli.**

Si tratta per la maggior parte di bioclasti (50 - 60%); la frazione silicoclastica è stimabile intorno al 15 - 20%.

### **Bioclasti (50 - 60%).**

**Echinodermi.** Si presentano in sezioni con frammenti di varia forma e dimensione, da plurimicrometriche a plurimillimetriche. Sono riconoscibili sia piastrine che radioli,

consistenti in monocristalli di calcite con orli di cemento sintassiale. Gli Echinodermi presentano un'aspetto polverulento con struttura fibrosa spesso piritizzata.

**Foraminiferi.** Sono prevalenti i Foraminiferi planctonici a guscio ialino (Globigerinoidi). Nella sezione si individuano anche frammenti di Foraminiferi bentonici (Nummuliti). Spesso all'interno delle camere dei bioclasti, si riconosce pirite autigena framboideale, visibile come un aggregato microcristallino opaco.

**Molluschi.** Sono rappresentati da qualche frammento di guscio disarticolato con sezione rettangolare e/o arcuata e margini sub - arrotondati.

**Briozoi.** Sono abbastanza abbondanti in sezione, si presentano con una caratteristica struttura a celle.

**Alghe.** Si tratta di frammenti di Alghe rosse, con forme molto diverse caratterizzate da una fitta rete di cellette poligonali talvolta con disposizione leggermente arcuata.

#### **Frazione silicoclastica extrabacinale (15 - 20%).**

**Quarzo.** Prevalgono in sezione granuli di ridotte dimensioni caratterizzati da un'estinzione retta con massimo colore d'interferenza bianco. Alcuni granuli presentano un'estinzione anomala, forse dovuta a processi deformativi.

**Fosfati e/o vetro vulcanico.** Risulta incerta l'attribuzione di numerosi granuli, con forme irregolari o subsferiche e margini sub - arrotondati, di colore dal giallino al giallo - aranciato a nicols paralleli e sostanzialmente isotropi a nicols incrociati (talora l'estinzione risulta anomala e non perfettamente uniforme). Lo stesso materiale costituisce localmente il riempimento delle camere dei Foraminiferi.

**Feldspati.** Rari nella sezione, sono riconoscibili mediante il caratteristico abito tabulare con cristalli idiomorfi di morfologia rettangolare o sub - rettangolare. A nicols paralleli presentano rilievo basso, sono incolori e localmente alterati in sericite - caolino, che conferiscono al minerale un aspetto terroso, riducendo la sua originaria trasparenza. A nicols incrociati presenta massimi colori di interferenza grigi e in alcuni casi geminazione di tipo Carsbald.

**Muscovite.** È distribuita in modo eterogeneo all'interno della sezione con piccoli cristalli di forma allungata. A nicols incrociati ha massimi colori di interferenza del terzo ordine. Alcuni granuli presentano forma arcuata, forse determinata da fenomeni deformativi.

**Biotite.** E' quasi totalmente alterata in clorite anche se sussistono rari cristalli tendenzialmente preservati. L'abito tabulare determina morfologie rettangolari o rotondeggianti (sezioni basali). Ha rilievo medio, sfaldatura ottima, visibile con un unico sistema di tracce di sfaldatura nelle sezioni rettangolari, parallele al lato maggiore; risulta pleocroica sui toni del bruno – rossiccio - beige. La sezione basale è priva di tracce di sfaldatura e di pleocroismo. Il minerale presenta colori anomali di interferenza a causa dell'intenso colore.

**Clorite.** Deriva dall'alterazione della biotite ed è più o meno intensamente colorato di verde. È presente nella sezione in piccoli cristalli distribuiti in modo disomogeneo.

**Anfiboli.** Si riconosce qualche anfibolo: Orneblenda, Glaucofone.

#### **Altri componenti in quantità accessorie.**

**Goethite.** E' di colore bruno più o meno intenso con sfumature arancio gialle, localmente sembra alterata in limonite. È presente nella sezione sottoforma di plaghe o di colorazione diffusa nella matrice.

**Pirite.** Si trova sia all'interno delle camere dei bioclasti, sia a livello intergranulare. È riconoscibile perché formata da piccoli cristalli opachi.

**Glauconite.** Si osservano granuli ben distinguibili di colore verde - giallo da pallido a intenso a nicols paralleli, microcristallini con aspetto "pepe - sale" a nicols incrociati.

#### **Materiale interstiziale.**

**Matrice.** È presenta come calcite microcristallina di colorazione bruna. Si individuano nella sezione delle striature brune più intense, forse dovute ad un addensamento di micrite.

**Cemento.** Si tratta prevalentemente di cemento intragranulare e meno frequentemente intergranulare carbonatico.

#### **Effetti diagenetici.**

La roccia nel complesso mostra di aver subito processi diagenetici in momenti diversi:

- 1) cementazione calcitica non troppo precoce e non abbondante, testimoniata dai contatti compenetrati e suturati tra i granuli, che suggeriscono una compattazione non ostacolata da cementazione (diagenesi isochimica);

2) dissoluzione e alterazione diagenetica tardiva e/o epigenetica (goethitizzazione e limonitizzazione) e alterazione recente.

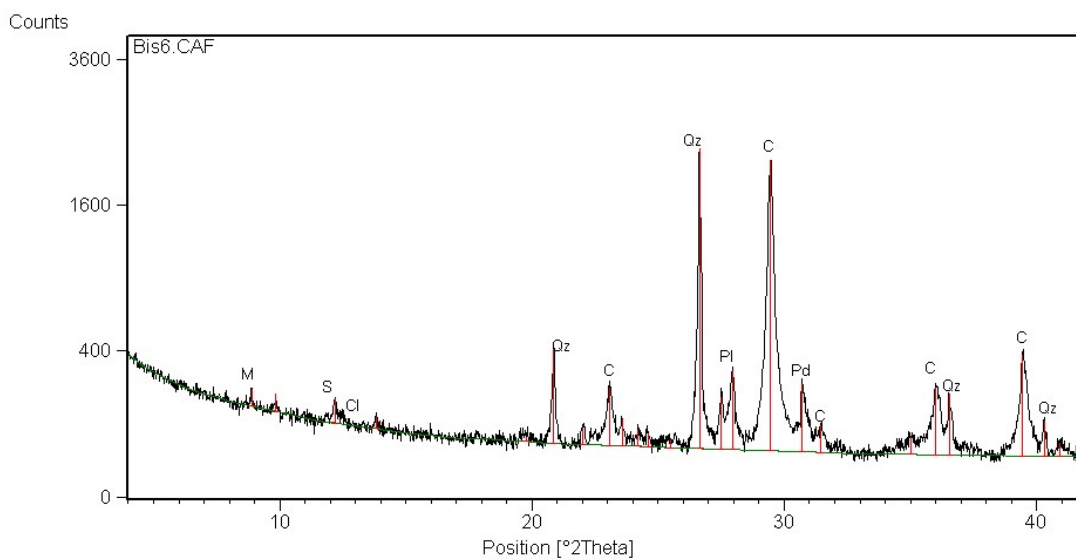
**Classificazione.**

La roccia è classificabile come un Packstone a Echinodermi e Foraminiferi Planctonici.



Figura 42; Campione 6, visione della sezione al Microscopio a luce trasmessa, Nicols // 5x.

### Diffrazione delle Polveri.



L'analisi diffrattometrica delle polveri ha evidenziato la presenza di Calcite  $\text{CaCO}_3$  (C), Quarzo  $\text{SiO}_2$  (Qz), Plagioclasio (Pl), K - Feldspato, Protodolomite (PD); il Serpentino (S) è indicativamente maggiore della Clorite ( $\text{Mg, Fe}^{2+}, \text{Al})_6(\text{OH})(\text{Si,Al})_4\text{O}_{10}$ , (Cl); tracce di miche (M).

### Determinazione del Residuo Insolubile.

La determinazione su 1g di polvere ha ottenuto 0,4g di residuo insolubile pari al 36% del campione.

### Analisi XRF.

Percentuali in ossidi degli elementi maggiori:

SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO
29,46	0,17	4,20	0,83	0,85	0,03

MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	L.O.I.	Tot
2,55	31,22	0,71	1,14	0,19	28,05	99,39

Elementi in Traccia (ppm):

S	Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Rb
915	<5	31	125	61	50	5	23	<5	37

Sr	Y	Zr	Nb	Ba	La	Ce	Nd	Pb	Th	U
606	13	65	4	246	11	20	14	18	13	<3

L'analisi XRF ha messo in evidenza l'abbondanza di Calcio, Silicio, alluminio, Magnesio e Potassio. Tra gli elementi in traccia si riconoscono Zolfo, Stronzio, Bario e Cromo.

### Campione A (Località S. Pietro - S Giovanni di Quarciola)

#### Descrizione Microscopica.

A livello macroscopico la roccia, prelevata da cava, appare una calcarenite a grana fine. Del reperto A è stata eseguita una sezione sottile trasversale, per consentire una precisa analisi petrografica del litotipo mediante osservazione al microscopio ottico a luce trasmessa (OM).

La roccia risulta costituita da un'abbondante frazione organogena intrabacinale e da un frazione extrabacinale silicoclastica di minore rilevanza.



Il campione in sezione sottile presenta una granulometria eterogenea.

La struttura è leggermente anisotropa, per la presenza di locali giunti di discontinuità sub – paralleli, sia beanti che riempiti da cemento, con andamento sinuoso. È presente una lieve orientazione dei bioclasti allungati.

La tessitura è elastica. Il supporto è granulare. I granuli risultano sia flottanti sia a contatto, con contatti puntiformi, lunghi, raramente concavo - convessi e suturati.

La porosità è media e diffusa all'interno della sezione. I pori, di dimensioni ridotte e contorni sub - arrotondati, sono omogeneamente distribuiti. Sono sia intergranulari che intragranulari.

In questi campioni si osserva una omogenizzazione dei bioclasti. Le spugne (Spicole di Spugna) appaiono dominanti, contrariamente alle Calpionelle e ai Foraminiferi Planctonici che risultano molto scarsi.

I contorni dei bioclasti sono comunemente sub - arrotondati, con spigoli smussati. Talvolta i microfossili risultano poco distinguibili perché corrosi da dissoluzione e/o risedimentazione. In rari casi i margini appaiono marcati da ossidi quali goethite e limonite.

La frazione silicoclastica è scarsa (10 - 15%). I contorni sono generalmente sub – angolosi e raramente sub – arrotondati.

Il campione è poco cementato ma con abbondante micrite interstiziale. Il cemento è di tipo carbonatico.

Il campione si presenta in un buon stato di conservazione. Sono presenti rare plaghe di ossidi - idrossidi quali goethite e limonite.

### **Tipi di granuli.**

Si tratta per la maggior parte di bioclasti (50 - 60%); la frazione silicoclastica è stimabile intorno al 10 - 15%.

### **Bioclasti (50 - 60%).**

**Spugne (20 - 30%).** Rappresentano i bioclasti dominanti. Si tratta di frammenti di spicole monoassone, caratterizzati da forme allungate, con estremità spesso più sottili; alcune presentano un canale centrale marcato da ossidi. Benché distribuite abbastanza omogeneamente all'interno della sezione talora originano locali addensamenti. In alcuni

casi sono difficilmente identificabili perché presentano bordi corrosi da dissoluzione e/o risedimentazione.

**Foraminiferi** Si tratta di frammenti di Foraminiferi planctonici a guscio ialino. Prevalgono i Globigerinoidi.

**Calpionelle.** Si presentano con tipica sezione a U, con pareti sottili, collare sviluppato sull'apertura verso l'esterno, senza appendice caudale. La cavità centrale è beante o occupata da micrite.

**Molluschi.** Rappresentati da qualche frammento di Lamellibranchi pelagici a guscio disarticolato di sezione rettangolare e/o arcuata, con margini sub – arrotondati.

#### **Frazione silicoclastica extrabacinale (10 - 15%).**

**Quarzo.** È prevalentemente monocristallino, con estinzione retta. I granuli presentano vacuoli o microliti e possiedono margini sub – angolari e arrotondati.

**Vetro vulcanico.** All'interno della sezione si presenta con forme da irregolari a sferiche, colore dal giallino al giallo - aranciato a nicols paralleli e sostanzialmente isotropo a nicols incrociati (talora l'estinzione risulta anomala e non perfettamente uniforme). Lo stesso materiale costituisce localmente il riempimento delle camere dei Foraminiferi.

**Muscovite.** Si presenta in piccoli cristalli idiomorfi incolori, perfettamente trasparenti, con abito tabulare. Sono distribuiti nella sezione irregolarmente e presentano una forma lievemente arcuata.

**Feldspati.** Rari frammenti di feldspati si individuano nella sezione, in cristalli idiomorfi di morfologia rettangolare o sub - rettangolare.

#### **Altri componenti in quantità accessorie.**

**Goethite.** Poco diffusa è identificabile per la presenza di colorazioni brune più o meno intense con sfumature arancio gialle, localmente sembra alterata in limonite.

**Pirite.** Pirite autigena framboideale si osserva all'interno Globigerinoidi, e in qualche Calpionella. Si presenta come aggregati di minuti cristalli opachi.

**Glauconite.** È abbondante e presente in piccoli granuli con forme arrotondate di colore verde – giallo si ritrovano distribuiti nella sezione.

**Rutilo.** Si individuano alcuni frammenti di Rutilo all'interno della sezione.

**Materiale interstiziale.**

**Matrice.** È costituita da abbondante micrite, di colore bruno, a riempimento degli spazi intergranulari e intragranulari.

**Cemento.** Cemento è presente e di tipo sparitico e microsparitico. Si trova comunemente all'interno di cavità quali le camere dei Foraminiferi.

**Effetti diagenetici.** La roccia nel complesso mostra di aver subito processi diagenetici in momenti diversi:

- 1) cementazione calcitica non troppo precoce e non abbondante, testimoniata dai contatti compenetrati e suturati tra i granuli, che suggeriscono una compattazione non ostacolata da cementazione (diagenesi isochimica);
- 2) dissoluzione e alterazione diagenetica tardiva e/o epigenetica (goethitizzazione e limonitizzazione) e alterazione recente.

**Classificazione.**

La roccia è classificabile come un Packstone a Spicole di Spugna e Foraminiferi Planctonici.

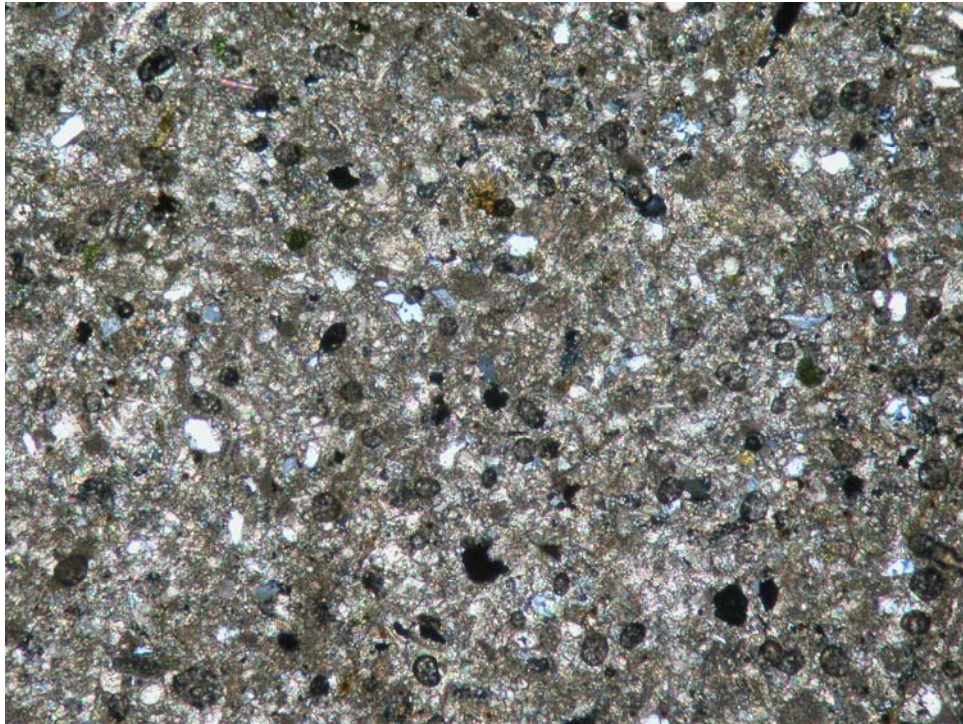
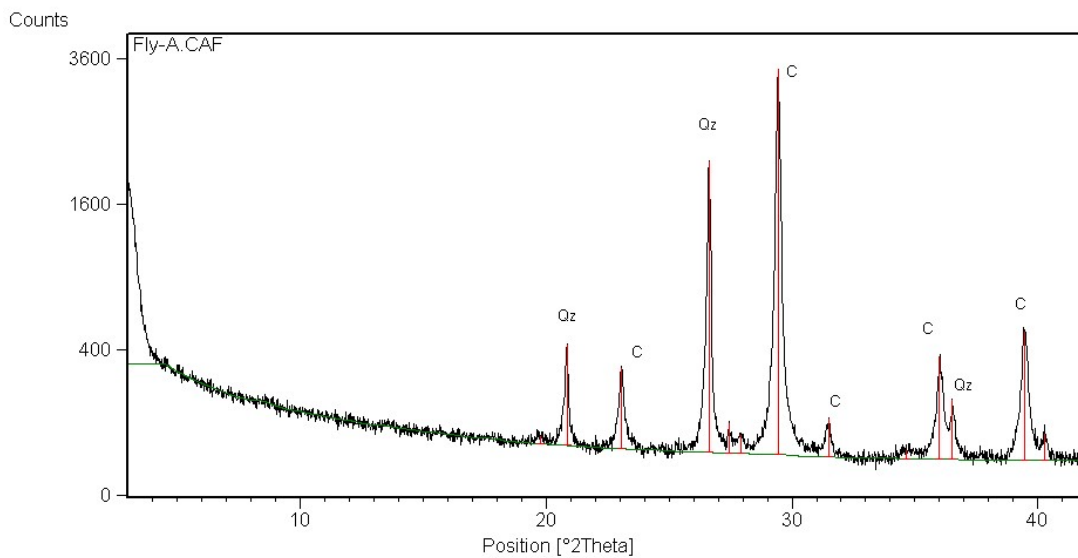


Figura43; Campione A, visione della sezione al Microscopio a luce trasmessa, Nicols // 5x.

### Diffrazione delle Polveri.



L'analisi diffrattometrica delle polveri ha evidenziato come fasi mineralogiche dominanti Calcite  $\text{CaCO}_3$  (C ) e Quarzo  $\text{SiO}_2$  (Qz). Si riconoscono inoltre tracce di Fillosilicati e Plagioclasio (Pl).

### Determinazione del Residuo Insolubile.

La determinazione su circa 1g di polvere ha ricavato 0,3g di residuo insolubile pari al 31% del campione.

### Analisi XRF.

Percentuali in ossidi degli elementi maggiori:

SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO
28,82	0,14	1,90	0,80	0,38	0,07

MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	L.O.I.	Tot
0,43	35,82	0,16	0,49	0,06	30,71	99,77

Elementi in Traccia (ppm):

S	Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Rb
303	<5	22	25	36	9	6	8	<5	14

Sr	Y	Zr	Nb	Ba	La	Ce	Nd	Pb	Th	U
1179	9	92	4	110	16	22	14	39	23	<3

L'analisi chimica totale sul campione ha evidenziato la presenza di rilevanti quantitativi Calcio e Silicio.

Tra gli elementi in traccia i più abbondanti risultano essere Stronzio, Zolfo e Bario.

### Campione B (Località tra S. Pietro e S. Giovanni di Quarciola)

#### Descrizione Microscopica.

A livello macroscopico la roccia, prelevata da cava, appare una calcarenite a grana fine. Del reperto B è stata eseguita una sezione sottile trasversale, per consentire una precisa analisi petrografica del litotipo mediante osservazione al microscopio ottico a luce trasmessa (OM).

La roccia risulta costituita da un'abbondante frazione organogena intrabacinale e da una scarsa frazione silicoclastica extrabacinale.

Il campione in sezione sottile presenta una granulometria eterogenea.

La struttura è anisotropa, per una lieve laminazione piano parallela dei granuli allungati.

La tessitura è elastica. Il supporto è granulare. I granuli risultano sia flottanti sia a contatto, con contatti puntiformi, lunghi, raramente concavo - convessi e suturati.

La porosità è omogeneamente distribuita nella sezione. I pori, rotondeggianti, sono prevalentemente intergranulari.

Tra i bioclasti dominano le Spicole di Spugna; sono inoltre presenti Foraminiferi Planctonici e rari gusci di Lamellibranchi. I contorni dei bioclasti sono comunemente sub - arrotondati, con spigoli smussati. Talvolta i microfossili risultano poco distinguibili perché corrosi da dissoluzione e/o risedimentazione; in altri casi sono mascherati dall'abbondante materiale interstiziale.

La frazione silicoclastica è scarsa (10 - 12%) e omogeneamente distribuita nella sezione. I contorni sono generalmente sub - arrotondati o sub - angolosi.

Il cemento è molto abbondante; la matrice è scarsa e a grana grossa

Il campione si presenta in un buono stato di conservazione. Rari sono gli addensamenti di goethite e limonite.

### **Tipi di granuli.**

Si tratta per la maggior parte di bioclasti (40 - 50%); la frazione silicoclastica è stimabile intorno al 10 - 12%.

### **Bioclasti (40 - 50%).**

**Spugne (10%).** Rappresentano i bioclasti dominanti. Si tratta di frammenti di spicole monoassone, caratterizzati da forme allungate, con estremità spesso più sottili; alcune presentano un canale centrale marcato da ossidi. Benché distribuite abbastanza omogeneamente all'interno della sezione talora originano locali addensamenti. In alcuni casi sono difficilmente identificabili perché presentano bordi corrosi da dissoluzione e/o risedimentazione. Saltuariamente le spicole risultano occultate perché sostituite da ossidi quali goethite o limonite.

**Foraminiferi.** Si riconoscono Foraminiferi planctonici a guscio ialino (Globigerinoidi) e porcellanaceo, alcuni dei quali leggermente dissoluti. All'interno delle camere è presente pirite framboideale, come un aggregato microcristallino opaco.

**Molluschi.** Rappresentati da qualche frammento di guscio disarticolato di sezione rettangolare e/o arcuata, con margini sub – arrotondati, e impregnato da ossidi (Goethite e limonite).

#### **Frazione silicoclastica extrabacinale (10 - 12%).**

**Quarzo.** È il minerale più abbondante della frazione silicoclastica. È diffuso omogeneamente nella sezione, presenta contorni sub – angolari o sub – arrotondati. È prevalentemente monocristallino con estinzione retta o lievemente ondulata. I granuli presentano vacuoli o microliti

**Vetro vulcanico.** All'interno della sezione si presenta con forme da irregolari a subsferiche, colore dal giallino al giallo - aranciato a nicols paralleli e sostanzialmente isotropi a nicols incrociati (talora l'estinzione risulta anomala e non perfettamente uniforme). Lo stesso materiale costituisce localmente il riempimento delle camere dei Foraminiferi.

**Muscovite.** Si presenta in piccoli cristalli idiomorfi incolori, perfettamente trasparenti, con abito tabulare. Sono distribuiti nella sezione irregolarmente e presentano una forma lievemente arcuata.

**Feldspati.** Rari frammenti di feldspati si individuano nella sezione, in cristalli idiomorfi di morfologia rettangolare o sub - rettangolare.

#### **Altri componenti in quantità accessorie.**

**Selce.** È distribuita in modo eterogeneo nella sezione. Si riconosce per essere incolore a nicols paralleli e con tipica struttura “pepe – sale” a nicols incrociati. È diffusa sia in spazi intra – che inter – granulari.

**Goethite.** Poco diffusa in sezione presente in sezione per colorazione bruno aranciata della matrice e di alcune spicole. Localmente sembra alterata in limonite, perché conferisce al tessuto roccioso un colore ruggine.

**Pirite.** Pirite autigena framboideale si osserva all'interno Globigerinoidi, e in qualche Calpionella. Si presenta come aggregati di minuti cristalli opachi.

**Glauconite.** È abbondante. Si osservano granuli di colore verde - giallo a nicols paralleli, di forma rotondeggiante, diffusi omogeneamente nella sezione.

**Rutilo.** Si trovano alcuni frammenti di Rutilo all'interno della sezione, individuabile per la colorazione rosso – bruna intensa dei grani.

#### **Materiale interstiziale.**

**Matrice.** È scarsa e costituita da micrite a grana grossa.

**Cemento.** E' prevalente. Si tratta di cemento intragranulare carbonatico, presente all'interno delle camere dei Foraminiferi. Si presenta come cemento sparitico e microsparitico.

**Effetti diagenetici.** Oltre alla cementazione si nota la presenza di una significativa dolomitizzazione sia intra - che inter - granulare, che si manifesta sia in una dolosparite minuta continua molto limpida, sia in disseminati euedri romboedrali.

La roccia è interessata da silicizzazione.

La roccia nel complesso mostra di aver subito processi diagenetici in momenti diversi:

- 1) cementazione calcitica non troppo precoce e non abbondante, testimoniata dai contatti compenetrati e suturati tra i granuli, che suggeriscono una compattazione non ostacolata da cementazione (diagenesi isochimica);
- 2) a. possibile dissoluzione secondaria e riprecipitazione di un cemento dolomitico relativamente minuto e di euedri più grossolani casualmente distribuiti nel tessuto della roccia (diagenesi allochimica);  
b. processo di silicizzazione (diagenesi allochimica);
- 3) dissoluzione e alterazione diagenetica tardiva e/o epigenetica (goethitizzazione e limonitizzazione) e alterazione recente.

#### **Classificazione.**

La roccia può essere definita un Packstone a Spicole di Spugna e Foraminiferi Planctonici.



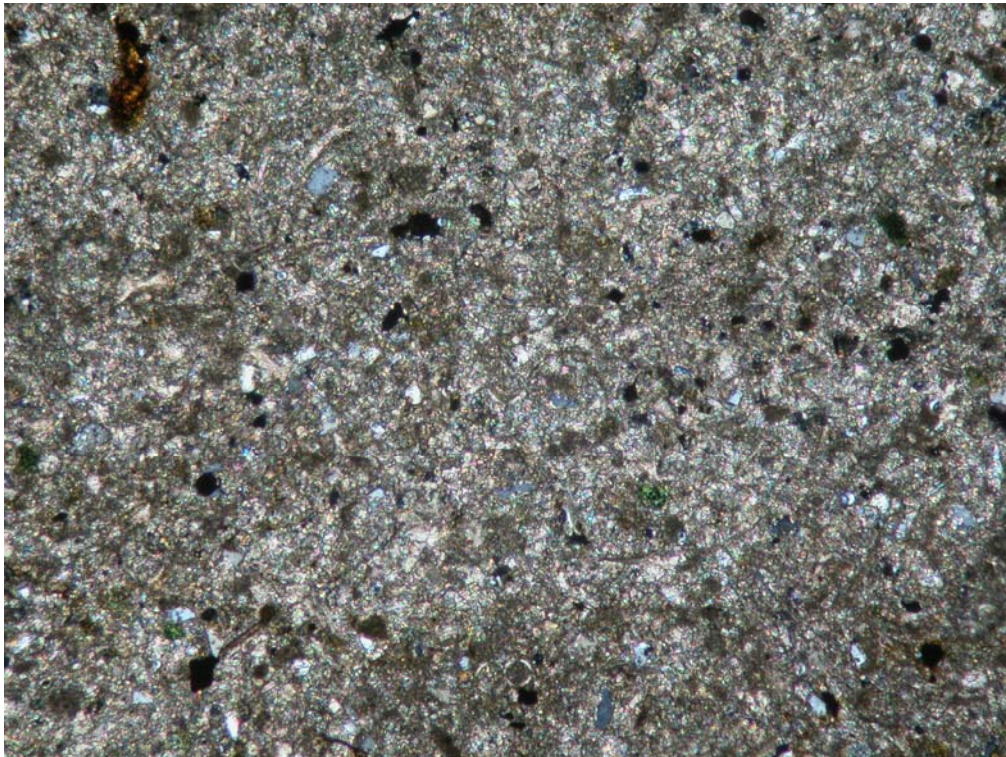
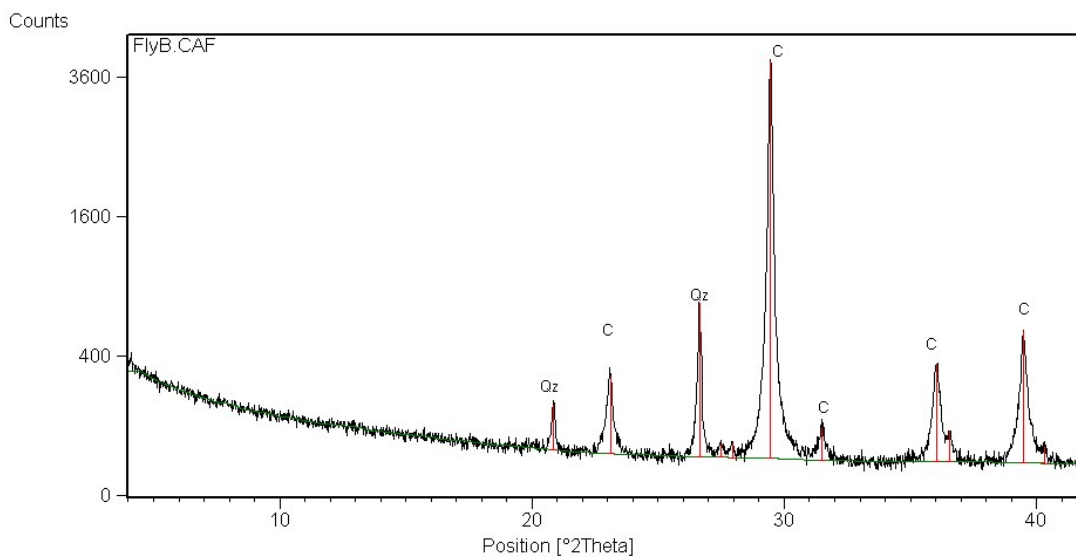


Figura 44; Campione B, visione della sezione al Microscopio a luce trasmessa, Nicols // 5x.

### **Diffrazione dei Polveri.**



L'analisi diffrattometrica delle polveri ha evidenziato come fasi mineralogiche principali Calcite  $\text{CaCO}_3$  (C), Quarzo  $\text{SiO}_2$  (Qz) e microtracce di feldspati.

### Determinazione del Residuo Insolubile.

La determinazione su circa 1g di polvere ha prodotto 0,1g di residuo insolubile pari al 13% del campione totale.

### Analisi XRF.

Percentuali in ossidi degli elementi maggiori:

SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO
11,89	0,08	0,99	0,86	0,21	0,06

MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	L.O.I.	Tot
0,35	46,21	0,08	0,23	0,04	38,50	99,51

Elementi in Traccia (ppm):

S	Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Rb
328	<5	11	16	41	5	13	5	<5	<3

Sr	Y	Zr	Nb	Ba	La	Ce	Nd	Pb	Th	U
1263	5	60	<3	62	11	<10	<10	13	28	<3

L'analisi chimica sul campione totale ha evidenziato l'abbondanza di Calcio e Silicio.

Gli elementi in traccia si distinguono per un'elevata concentrazione di Stronzio, Zolfo e Bario.

Campione C (località tra S. Pietro e S. Giovanni di Quarciola)

### Descrizione Microscopica.

A livello macroscopico la roccia è una calcarenite a grana fine.

Del reperto C è stata eseguita una sezione sottile trasversale, per consentire una precisa analisi petrografica del litotipo mediante osservazione al microscopio ottico a luce trasmessa (OM).

La roccia risulta costituita da un'abbondante frazione organogena intrabacinale e da una scarsa frazione extrabacinale silicoclastica.

Si presenta con granulometria eterogenea.

La struttura del campione è leggermente anisotropa per una lieve orientazione preferenziale dei bioclasti allungati, secondo delle laminazioni piano – parallele.

La tessitura è clastica. Il supporto è granulare.

I granuli risultano sia flottanti sia a contatto, con contatti puntiformi e lunghi.

La porosità è abbondante e prevalentemente intergranulare. I pori, di piccole dimensioni, hanno forme rotondeggianti e sono omogeneamente distribuiti.

I bioclasti sono costituiti per la quasi totalità da frammenti di Spicole di Spugna equidimensionali. Le forme dominanti sono quelle allungate con contorni solitamente sub - arrotondati, con spigoli smussati. I granuli sono generalmente poco visibili perché corrosi da dissoluzione e/o risedimentazione e risultano talora marcati da ossidi (goethite, limonite).

La frazione silicoclastica si compone di granuli dai contorni generalmente sub – arrotondati o sub - angolosi.

Il materiale interstiziale dominante è rappresentato da micrite. Il cemento è scarso, prevalentemente intragranulare.

Il campione si presenta in un buono stato di conservazione. Si trovano rare tracce di goethite e limonite, limitate ad alcune zone della sezione o sui margini di alcuni bioclasti.

### **Tipi di granuli.**

Si tratta per la maggior parte di bioclasti (30 - 40%); la frazione silicoclastica è stimabile intorno al 30 - 35%.

### **Bioclasti (30 - 40%).**

**Spugne (30%).** Rappresentano i bioclasti dominanti. Si tratta di frammenti di spicole monoassone, caratterizzati da forme allungate, con estremità spesso più sottili; alcune presentano un canale centrale marcato da ossidi. Benché distribuite abbastanza omogeneamente all'interno della sezione talora originano locali addensamenti. In alcuni casi sono difficilmente identificabili perché presentano bordi corrosi da dissoluzione e/o risedimentazione..

**Foraminiferi.** Si riconoscono Foraminiferi planctonici a guscio ialino (Globigerinoidi) e porcellanaceo, alcuni dei quali leggermente dissoluti. All'interno delle camere è presente pirite framboideale, come un aggregato microcristallino opaco.

**Molluschi.** Alcuni frammenti di Lamellibranchi pelagici a guscio disarticolato di sezione rettangolare e/o arcuata, con margini sub – arrotondati.

**Intraclasti.** Si tratta di alcuni frammenti di micrite dai contorni sub – arrotondati.

#### **Frazione silicoclastica extrabacinale (30 - 35 %).**

**Quarzo.** È l'unico minerale presente della frazione silicoclastica. È diffuso in sezione, presenta granuli con contorni sub – angolari o sub – arrotondati. È prevalentemente monocristallino con estinzione retta o lievemente ondulata. I granuli presentano vacuoli o microliti.

**Vetro vulcanico.** All'interno della sezione si presenta con forme da irregolari a subsferiche e contorni sub - arrotondati, con colorazione dal giallino al giallo - aranciato a nicols paralleli e sostanzialmente isotropi a nicols incrociati (talora l'estinzione risulta anomala e non perfettamente uniforme). Lo stesso materiale costituisce localmente il riempimento delle camere dei Foraminiferi.

#### **Altri componenti in quantità accessorie.**

**Selce.** È distribuita in modo eterogeneo nella sezione. Si riconosce per essere incolore a nicols paralleli e con tipica struttura “pepe - sale” a nicols incrociati. È diffusa sia in spazi intra – che inter – granulari.

**Goethite.** Poco diffusa in sezione presente identificabile per la colorazione bruno aranciate della matrice e di alcuni bioclasti. Localmente sembra alterata in limonite.

**Glauconite.** È abbondante. Si osservano granuli di colore verde - giallo a nicols paralleli, di forma rotondeggiante, diffusi omogeneamente nella sezione.

**Pirite.** Pirite autigena framboideale si osserva all'interno Globigerinoidi, e in qualche Calpionella. Si presenta come aggregati di minuti cristalli opachi.

**Biotite.** È presente qualche frammento di biotite

**Rutilo.** Si individuano alcuni frammenti di rutilo individuabili per l'intensa colorazione rosso - bruna.

**Materiale interstiziale.**

**Matrice.** Si presenta come calcite microcristallina bruna a grana fine.

**Cemento.** E' molto scarso, presente solo all'interno delle camere dei Foraminiferi.

**Effetti diagenetici.** Oltre alla cementazione si nota la presenza di una significativa silicizzazione.

La roccia nel complesso mostra di aver subito processi diagenetici in momenti diversi:

- 1) cementazione calcitica non troppo precoce e non abbondante, testimoniata dai contatti compenetrati e suturati tra i granuli, che suggeriscono una compattazione non ostacolata da cementazione (diagenesi isochimica);
- 2) processo di silicizzazione (diagenesi allochimica);
- 3) dissoluzione e alterazione diagenetica tardiva e/o epigenetica (goethitizzazione e limonitizzazione) e alterazione recente.

**Classificazione.**

La roccia può essere classificata come un Packstone a Spicole di Spugna e Foraminiferi Planctonici.

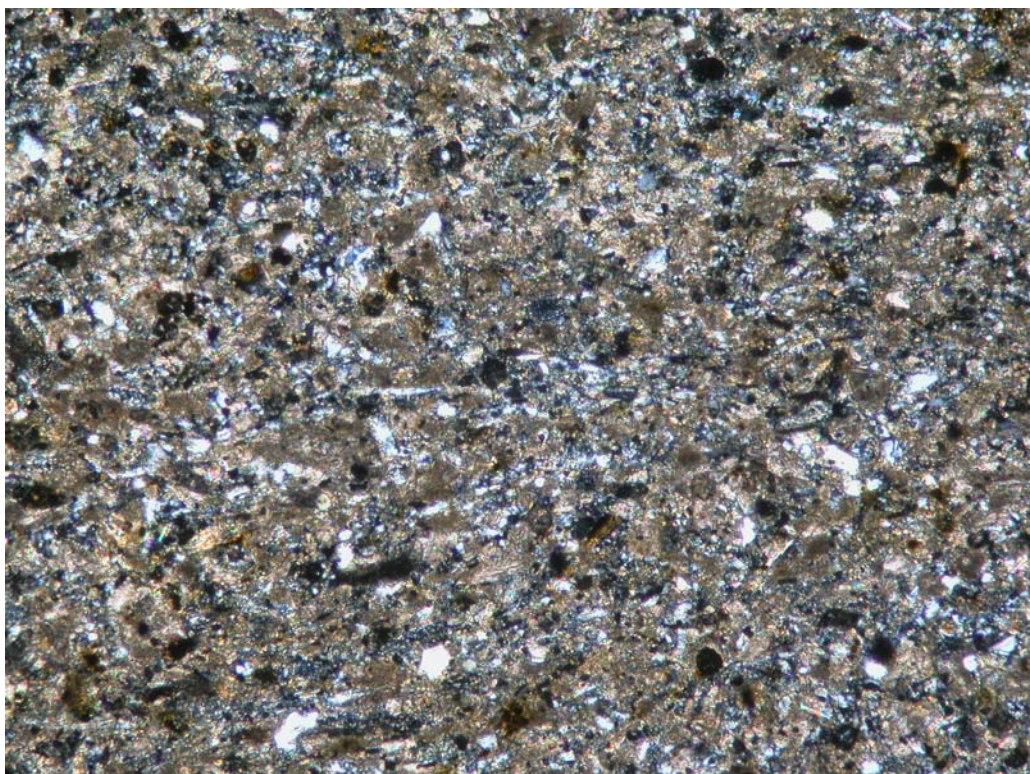
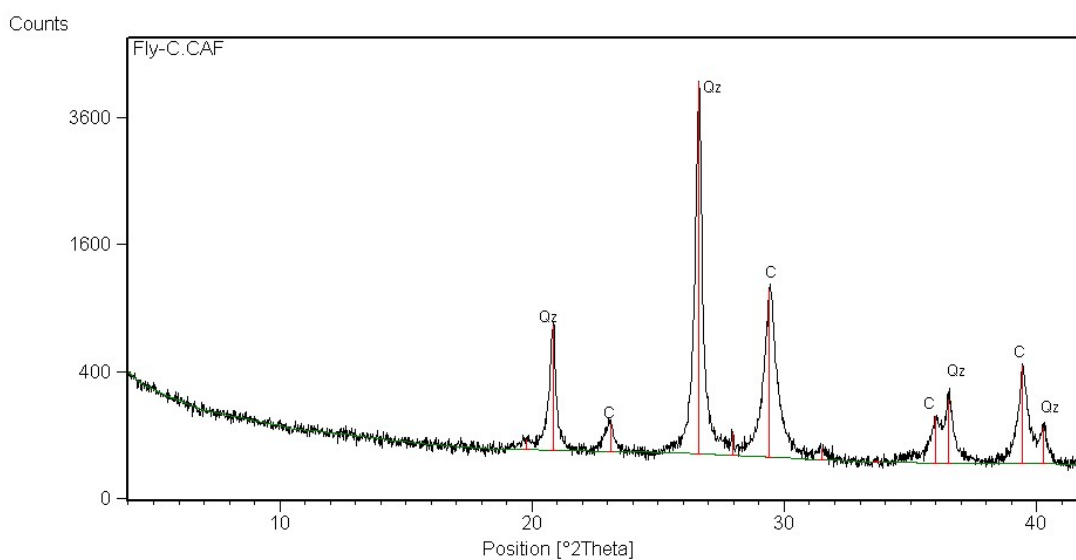


Figura 44; Campione C, visione della sezione al Microscopio a luce trasmessa, Nicols // 5x.

### Diffrazione dei Polveri.



L'analisi diffrattometrica delle polveri ha evidenziato tra le fasi mineralogiche principali la presenza di: Quarzo  $\text{SiO}_2$  (Qz), Calcite  $\text{CaCO}_3$  (C), Fillosilicati, tracce di Rutilo o K-Feldspato (K) e Miche (M).

### Determinazione del Residuo Insolubile.

La determinazione su circa 1g di campione ha prodotto 0,7g di residuo insolubile pari al 59% del campione totale.

### Analisi XRF.

Percentuali in ossidi degli elementi maggiori:

SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO
58,57	0,11	1,93	0,49	0,50	0,04

MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	L.O.I.	Tot
0,34	18,76	0,22	0,39	0,04	18,05	99,45

Elementi in Traccia (ppm):

S	Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Rb
202	<5	15	17	67	12	<3	8	<5	14

Sr	Y	Zr	Nb	Ba	La	Ce	Nd	Pb	Th	U
660	12	67	5	108	<10	18	15	18	<3	<3

A differenza dei campioni di Flysch fino a qui analizzati, il campione presenta un quantitativo maggiore di Silicio, rispetto al Calcio. Tra gli elementi in tracce si riconoscono Stronzio, Zolfo e Bario.

### Campione D (Località di Prodiara, arenaria di Monte Predale)

#### Descrizione Microscopica.

Macroscopicamente la roccia è una calcarenite a grana media.

Del Campione D è stata eseguita una sezione sottile trasversale, per consentire una precisa analisi petrografica del litotipo mediante osservazione al microscopio ottico a luce trasmessa (OM).

La roccia risulta costituita da una predominante frazione organogena intrabacinale e da una significativa frazione silicoclastica extrabacinale.

In sezione sottile appare con granulometria eterogenea.

La struttura del campione è anisotropa, per la presenza di locali inclusi pelitici ad andamento sub – parallelo.

La tessitura è clastica. Il supporto è granulare. I granuli sono sia flottanti che a contatto, con contatti puntiformi, lunghi, raramente concavo - convessi e suturati.

La porosità è bassa ma distribuita su tutta la sezione con pori di piccole dimensioni dai contorni sub - circolari, sia intergranulari quanto intragranulari.

I bioclasti sono di forme e dimensioni varie. Tra i più abbondanti si riconoscono frammenti di Echinodermi, Foraminiferi planctonici e bentonici. I contorni sono generalmente sub - arrotondati, con spigoli smussati. Spesso i margini dei bioclasti non sono ben identificabili perché corrosi da dissoluzione e/o risedimentazione.

La frazione silicoclastica si compone di granuli con forme e dimensioni variabili, generalmente caratterizzati da contorni angolosi o sub – angolosi e raramente sub - arrotondati, sintomo della bassa maturità tessiturale di tale frazione.

Il materiale interstiziale dominante è costituito da cemento carbonatico.

La roccia si presenta in un buono stato di conservazione. All'interno della sezione sono presenti solo localmente plaghe di goethite e limonite.

### **Tipi di granuli.**

Si tratta per la maggior parte di bioclasti (60 - 70%); la frazione silicoclastica è stimabile intorno al 5 - 10%.

### **Bioclasti (60 - 70%).**

**Echinodermi (20 – 25%).** Sono abbastanza abbondanti, con forme molto variabili. Si riconoscono sia piastrine sia radioli, in monocristalli di calcite avvolti in cemento sintassiale più limpido. Presentano per lo più un aspetto polverulento per la struttura zigrinata mineralizzata a pirite.

**Foraminiferi (20 – 25%).** Si individuano quasi esclusivamente Foraminiferi planctonici a guscio ialino (Globigerinoidi). Si riconoscono sporadici frammenti di Macro - Foraminiferi bentonici a guscio ialino come Rotalidi, Anfistegine e a guscio agglutinante (Textularidi). Spesso all'interno delle camere è presente pirite framboidale, come un aggregato microcristallino opaco.



**Briozoi.** È presente qualche frammento caratterizzato dalla tipica struttura a celle ovali o sub – circolari ben definite.

**Molluschi.** Sono presenti rari gusci disarticolati con tipici contorni sub – rettangolari di spessore variabile.

**Alghe.** Si tratta di brandelli di noduli di Alghe coralline Rosse incrostanti (Litotamni), riconoscibili per la struttura interna multi strato consistente in una fitta rete di cellette poligonali, a volte con disposizione leggermente arcuata.

**Litoclasti intrabacinali.** Si tratta di inclusi pelitici caratterizzati da forme allungate e sezione regolare. Si compongono prevalentemente di micrite fortemente terrosa al cui interno sono presenti granuli minuti di minerali silicatici.

**Frazione silicoclastica extrabacinale (5 - 10%).**

**Quarzo.** È presente nella sezione con piccoli cristalli dai contorni spigolosi o sub – angolari. Si tratta prevalentemente di individui monocristallini. Alcuni frammenti presentano una lieve estinzione ondulata, probabilmente determinata da eventi deformativi.

**Fosfati e/o vetro vulcanico.** All'interno della sezione si presenta con forme irregolari e contorni sub - arrotondati, con colorazione dal giallino al giallo - aranciato a nicols paralleli e sostanzialmente isotropi a nicols incrociati (talora l'estinzione risulta anomala e non perfettamente uniforme). Lo stesso materiale costituisce localmente il riempimento delle camere dei Foraminiferi.

**Muscovite.** È scarsa e composta da piccoli cristalli allungati distribuiti eterogeneamente nella sezione. Alcuni presentano una forma lievemente arcuata relazionabile a processi deformativi

**Anfiboli.** Alcuni granuli dal colore verde e azzurro, pleocroici sono riferibili a questi minerali.

**Altri componenti in quantità accessorie.**

**Goethite.** E' di colore bruno più o meno intenso con sfumature arancio gialle, localmente sembra alterata in limonite, che conferisce al tessuto roccioso un colore

ruggine. Si presenta nella sezione sottoforma di plaghe o di colorazione diffusa nella matrice.

**Pirite.** È presente nelle camere dei bioclasti, in particolare dei Foraminiferi. Si riconosce perché formata da piccoli cristalli opachi.

**Glauconite.** Si osservano granuli ben distinti di colore verde - giallo da pallido a intenso a nicols paralleli, microcristallini con aspetto “pepe - sale” a nicols incrociati.

#### **Materiale interstiziale.**

**Matrice.** Si presenta come calcite microcristallina di colorazione bruna con grana da media a fine.

**Cemento.** Si tratta prevalentemente di cemento intragranulare e meno frequentemente intergranulare carbonatico, di tipo sparitico e microsparitico. All'interno di cavità protette dei Foraminiferi si individuano rare fenestrate ortosparitiche limpide. Molto ben riconoscibile è il cemento sintassiale che si accresce in continuità ottica sui bioclasti di Echinodermi.

#### **Effetti diagenetici.**

La roccia nel complesso mostra di aver subito processi diagenetici in momenti diversi:

- 1) cementazione calcitica non troppo precoce e non abbondante, testimoniata dai contatti compenetrati e suturati tra i granuli, che suggeriscono una compattazione non ostacolata da cementazione (diagenesi isochimica);
- 2) dissoluzione e alterazione diagenetica tardiva e/o epigenetica (goethitizzazione e limonitizzazione) e alterazione recente.

#### **Classificazione.**

La roccia si può classificare come un Grainstone a Echinodermi e Foraminiferi Planctonici .

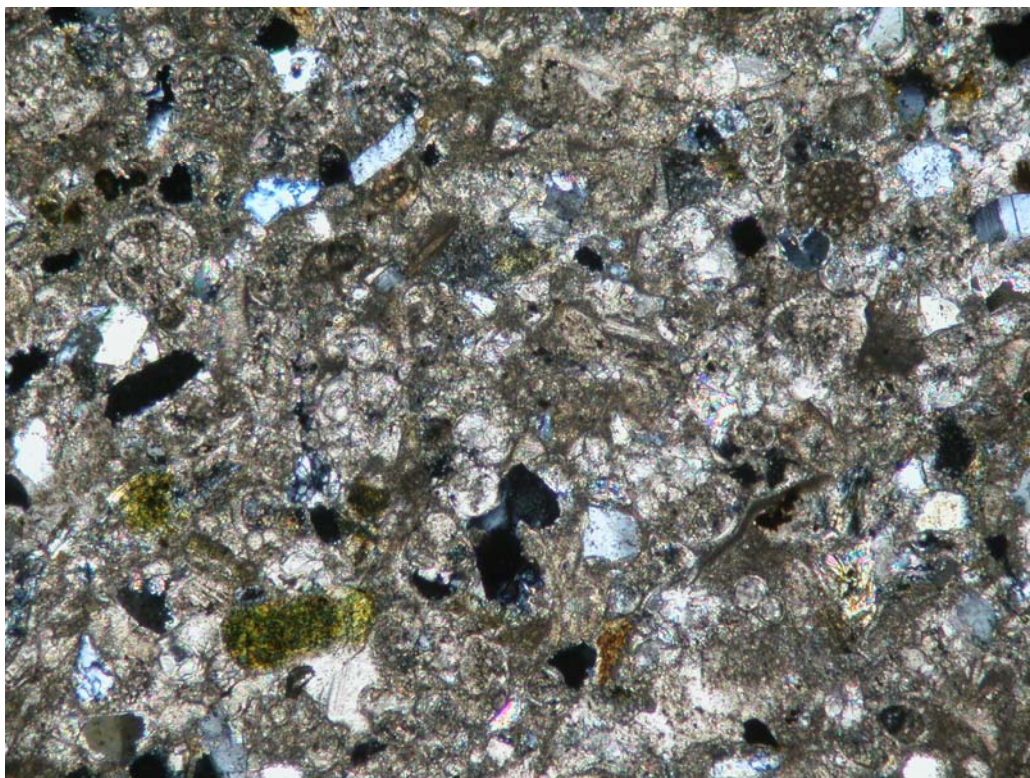
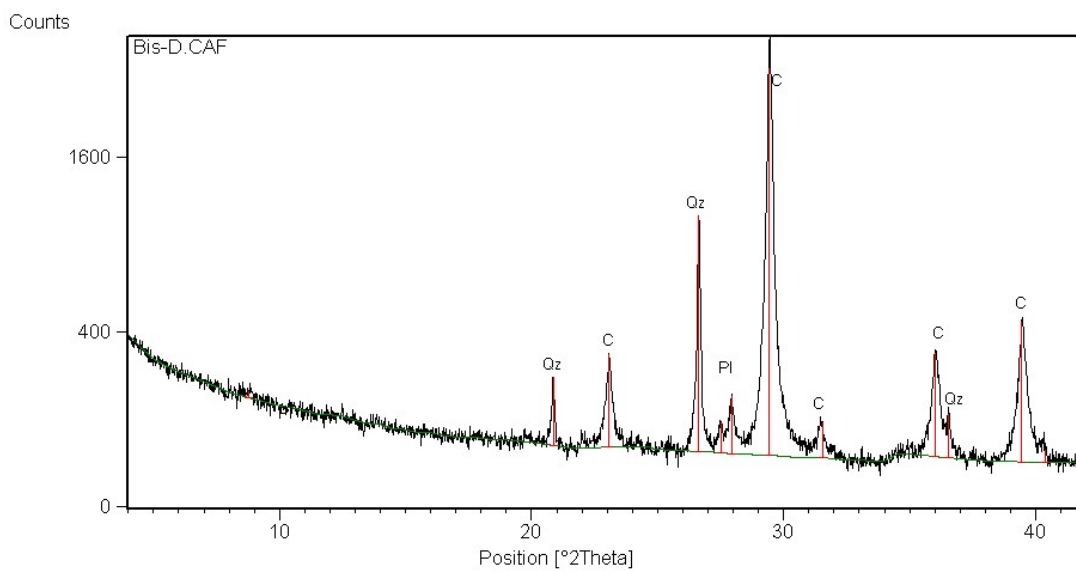


Figura 45; Campione D, visione della sezione al Microscopio a luce trasmessa, Nicols // 5x.

### Diffrazione delle Polveri.



L'analisi diffrattometrica delle polveri ha evidenziato le seguenti fasi mineralogiche: Calcite  $\text{CaCO}_3$  (C), Quarzo  $\text{SiO}_2$  (Qz), Plagioclasio (Pl), tracce di K - Feldspati o Rutilo e di Miche (M).

### Determinazione del Residuo Insolubile.

La determinazione su circa 1g di campione ha prodotto 0,2g di residuo insolubile pari al 20% del campione totale.

### Analisi XRF.

Percentuali in ossidi degli elementi maggiori:

SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO
16,43	0,10	2,49	0,78	0,37	0,03

MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	L.O.I.	Tot
0,97	41,89	0,33	0,57	0,10	35,53	99,60

Elementi in Traccia (ppm):

S	Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Rb
442	<5	25	68	46	28	10	17	<5	6

Sr	Y	Zr	Nb	Ba	La	Ce	Nd	Pb	Th	U
886	10	34	<3	291	<10	<10	<10	12	27	<3

L'analisi chimica totale sul campione ha evidenziato la presenza tra gli elementi maggiori di Calcio e Silicio.

Tra gli elementi in traccia si evidenziano Stronzio, Zolfo e Bario.

Campione E (Località tra S. Pietro e S. Giovanni di Quarciola)

### Descrizione Microscopica.

A livello macroscopico la roccia, appare una calcarenite a grana molto fine.

Del reperto E è stata eseguita una sezione sottile trasversale, per consentire una precisa analisi petrografica del litotipo mediante osservazione al microscopio ottico a luce trasmessa (OM).

La roccia risulta costituita da un'abbondante frazione organogena intrabacinale e da una modesta frazione silicoclastica extrabacinale.

Il campione presenta granulometria eterogenea e classazione molto scarsa.

La struttura è nettamente anisotropa per la presenza di una vena di cemento che attraversa la sezione.

La tessitura è clastica. Il supporto è granulare. I granuli, prevalentemente sub – angolari o sub - arrotondati, risultano sia flottanti sia a contatto, con contatti puntiformi e lunghi.

La porosità è medio - bassa e omogeneamente distribuita, con pori rotondeggianti di piccole dimensioni.

Le tipologie dei bioclasti sono limitate alle Spicole di Spugna e ai Foraminiferi Planctonici. I contorni sono sub - arrotondati, con spigoli smussati. Talvolta i microfossili risultano poco distinguibili perché mascherati dall'abbondante materiale interstiziale.

La frazione silicoclastica è scarsa ma a composizione prevalentemente quarzosa (5 - 10%).

La micrite è il materiale interstiziale dominante; il cemento è di tipo carbonatico intragranulare.

Il campione si presenta in un buono stato di conservazione. Ossidi e idrossidi si distribuiscono in rarissime plaghe, occupando pori intragranulari della roccia e impregnando i bioclasti.

### **Tipi di granuli.**

Si tratta per la maggior parte di bioclasti (50 - 60%); la frazione silicoclastica è stimabile intorno al 5 -10%.

### **Bioclasti (50 - 60%).**

**Spugne (35 - 40%).** Rappresentano i bioclasti dominanti. Si tratta di frammenti di spicole monoassone, caratterizzati da forme allungate, con estremità spesso più sottili; alcune presentano un canale centrale marcato da ossidi. Benché distribuite abbastanza omogeneamente all'interno della sezione talora originano locali addensamenti. In alcuni casi sono difficilmente identificabili perché presentano bordi corrosi da dissoluzione e/o risedimentazione o perché mascherate da ossidi quali goethite o limonite.

**Foraminiferi.** Si riconoscono Foraminiferi planctonici a guscio ialino (Globigerinoidi) e porcellanaceo, alcuni dei quali leggermente dissoluti. All'interno delle camere è presente pirite framboideale, come un aggregato microcristallino opaco.

**Frazione silicoclastica extrabacinale (5 - 10%).**

**Quarzo.** È il minerale dominante della frazione silicoclastica. Si presenta in granuli con contorni sub – angolari o sub – arrotondati. È prevalentemente monocristallino, con estinzione retta o lievemente ondulata. I granuli presentano vacuoli o microliti

**Vetro vulcanico.** All'interno della sezione si presenta con forme da irregolari a subsferiche e contorni sub - arrotondati, con colorazione dal giallino al giallo - aranciato a nicols paralleli e sostanzialmente isotropi a nicols incrociati (talora l'estinzione risulta anomala e non perfettamente uniforme). Lo stesso materiale costituisce localmente il riempimento delle camere dei Foraminiferi.

**Altri componenti in quantità accessorie.**

**Selce.** È distribuita in modo eterogeneo nella sezione. Si riconosce per essere incolore a nicols paralleli e con tipica struttura “pepe - sale” a nicols incrociati. E' diffusa sia in spazi intra – che inter – granulari.

**Pirite.** Pirite autigena framboideale si osserva all'interno Globigerinoidi, e in qualche Calpionella. Si presenta come aggregati di minuti cristalli opachi.

**Goethite.** Poco diffusa in sezione presente identificabile per le colorazioni bruno aranciate della matrice e di alcuni bioclasti. Localmente sembra alterata in limonite.

**Glaucinite.** Si osservano pochi granuli di colore verde - giallo a nicols paralleli, di forma rotondeggiante, diffusi omogeneamente nella sezione.

**Materiale interstiziale.**

**Matrice.** È abbondante e si presenta come micrite, ovvero calcite microcristallina di colorazione bruna a grana fine.

**Cemento.** Si tratta prevalentemente di cemento carbonatico intragranulare, presente solo localmente.

**Effetti diagenetici.** Oltre alla cementazione si nota la presenza di una significativa silicizzazione.

La roccia nel complesso mostra di aver subito processi diagenetici in momenti diversi:

- 1) cementazione calcitica non troppo precoce e non abbondante, testimoniata dai contatti compenetrati e suturati tra i granuli, che suggeriscono una compattazione non ostacolata da cementazione (diagenesi isochimica);
- 2) processo di silicizzazione (diagenesi allochimica);
- 3) dissoluzione e alterazione diagenetica tardiva e/o epigenetica (goethitizzazione e limonitizzazione) e alterazione recente.

**Classificazione.**

La roccia può essere definita un Packstone a Spicole di Spugna.

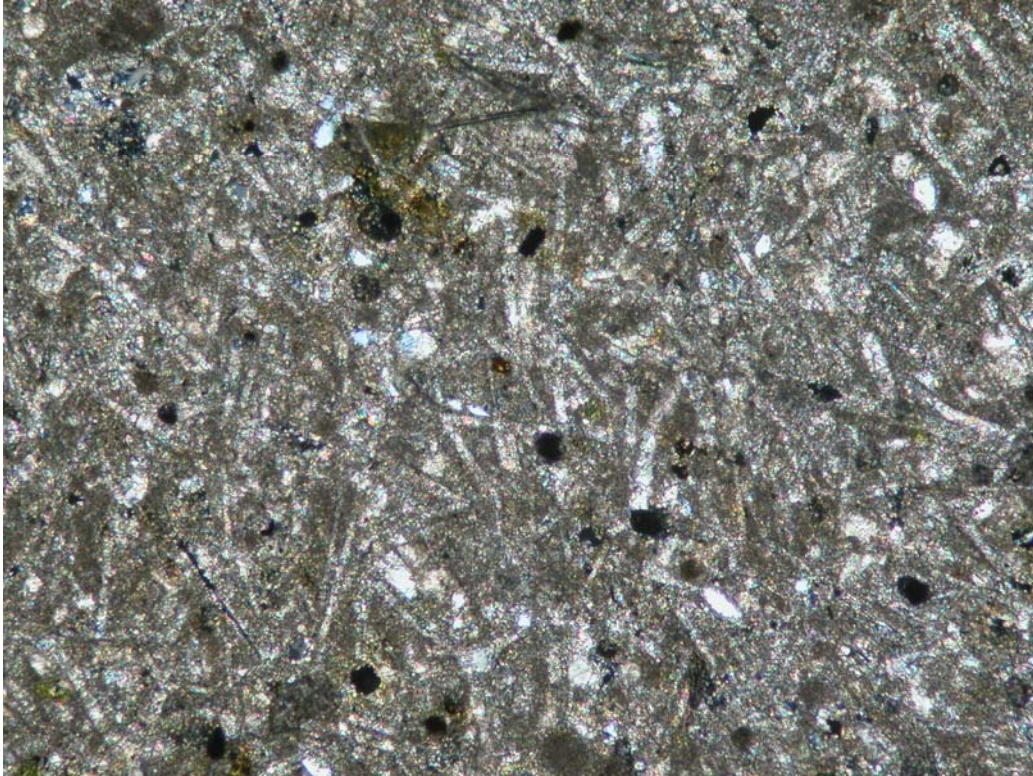
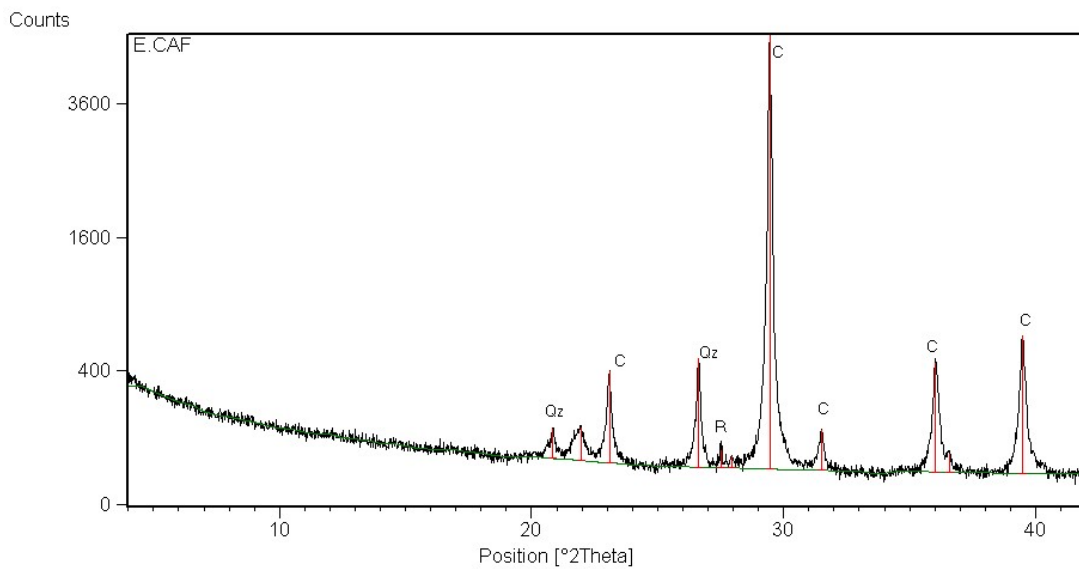


Figura 46; Campione E, visione della sezione al Microscopio a luce trasmessa, Nicols // 5x.

### **Diffrazione delle Polveri.**



L'analisi diffrattometrica delle polveri ha evidenziato le seguenti fasi mineralogiche: Calcite  $\text{CaCO}_3$  (C), Quarzo  $\text{SiO}_2$  (Qz), Cristobalite - Tridimite o Opale, Rutilo o K Feldspato (K).



### Determinazione del Residuo Insolubile.

La determinazione di 1g di campione ha prodotto un residuo insolubile di 0,14g pari al 14% del campione totale.

### Analisi XRF.

Percentuali in ossidi degli elementi maggiori:

SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO
13,71	0,05	0,85	1,02	0,07	0,07

MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	L.O.I.	Tot
0,41	45,45	0,07	0,17	0,04	37,61	99,53

Elementi in Traccia (ppm):

S	Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Rb
498	<5	12	13	22	<3	<3	6	<5	<3

Sr	Y	Zr	Nb	Ba	La	Ce	Nd	Pb	Th	U
1238	10	32	<3	76	<10	11	11	9	33	<3

L'analisi chimica totale del campione ha evidenziato tra gli elementi maggiori i seguenti: Calcio, Silicio.

Gli elementi in traccia sono costituiti da Stronzio e Zolfo.

Campione F (località di Montalto - La Vecchia, detrito di Frana)

### Descrizione Microscopica.

A livello macroscopico la roccia è una calcarenite a grana fine.

Del reperto F è stata eseguita una sezione sottile trasversale, per consentire una precisa analisi petrografica del litotipo mediante osservazione al microscopio ottico a luce trasmessa (OM).

La roccia risulta costituita da un'abbondante frazione organogena intrabacinale e da una frazione silicoclastica extrabacinale molto scarsa.

Il campione in sezione sottile presenta una granulometria eterogenea.

La struttura è anisotropa, con i bioclasti allungati lievemente orientate secondo delle laminazione piano parallele.

La tessitura è clastica. Il supporto è granulare. I granuli prevalentemente risultano sia flottanti sia a contatto, con contatti puntiformi, lunghi.

La porosità è abbondante e costituita da pori intergranulari di piccole dimensioni.

I bioclasti sono costituiti per la quasi totalità da frammenti di Spicole di Spugna equidimensionali. Le forme dominanti sono quelle allungate con contorni solitamente sub - arrotondati, con spigoli smussati. I granuli sono generalmente poco visibili perché corrosi da dissoluzione e/o risedimentazione e sono talvolta marcati da ossidi (goethite, limonite).

A volte i bioclasti risultano poco distinguibili perché mascherati dall'abbondante fango interstiziale.

La frazione silicoclastica è scarsa e composta prevalentemente da cristalli di quarzo. I granuli sono di dimensione minute con contorni generalmente sub – angolari o sub - arrotondati.

Il materiale interstiziale dominante è costituito da micrite. Il cemento è molto scarso.

Il campione si presenta in un buono stato di conservazione. Si trovano rare tracce di goethite e limonite, diffuse nella sezione con colori bruni – arancio.

### **Tipi di granuli.**

Si tratta per la maggior parte di bioclasti (40 - 50%); la frazione silicoclastica è stimabile intorno al 20 - 25%.

### **Bioclasti (40 - 50%).**

**Spugne.** Rappresentano i bioclasti dominanti. Si tratta di frammenti di spicole monoassone, caratterizzati da forme allungate, con estremità spesso più sottili; alcune presentano un canale centrale marcato da ossidi. Benché distribuite abbastanza omogeneamente all'interno della sezione talora originano locali addensamenti. In alcuni casi sono difficilmente identificabili perché presentano bordi corrosi da dissoluzione e/o

risedimentazione o perché mascherati dalle sostituzioni da parte di ossidi come goethite o limonite.

**Foraminiferi.** Si riconoscono Foraminiferi planctonici a guscio ialino (Globigerinoidi) e porcellanaceo, alcuni dei quali leggermente dissolti. All'interno delle camere è presente pirite framboideale, come un aggregato microcristallino opaco.

#### **Frazione silicoclastica extrabacinale (10 - 20%).**

**Quarzo.** È il minerale più abbondante della frazione silicoclastica. È prevalentemente monocristallino con estinzione retta o lievemente ondulata. Presenta granuli con forme omogenee e contorni sub - angolari o sub - arrotondati. Al suo interno vacuoli o microliti

**Muscovite.** È presente in piccoli frammenti distribuiti in modo eterogeneo nella sezione. Ha forme allungate. I massimi colori di interferenza sono del 3° ordine.

**Vetro vulcanico.** All'interno della sezione si presenta con forme da irregolari a subsferiche e contorni sub - arrotondati, con colorazione dal giallino al giallo - aranciato a nicols paralleli e sostanzialmente isotropi a nicols incrociati (talora l'estinzione risulta anomala e non perfettamente uniforme). Lo stesso materiale costituisce localmente il riempimento delle camere dei Foraminiferi.

#### **Altri componenti in quantità accessorie.**

**Goethite.** Diffusa in sezione prevalentemente sottoforma di colorazioni diffuse nella matrice e nei bioclasti. Localmente sembra alterata in limonite, perché conferisce al tessuto roccioso un colore ruggine.

**Pirite.** Pirite autigena framboideale si osserva all'interno Globigerinoidi, e in qualche Calpionella. Si presenta come aggregati di minuti cristalli opachi.

**Glauconite.** È abbondante. Si osservano granuli di colore verde - giallo a nicols paralleli, di forma rotondeggiante, diffusi omogeneamente nella sezione.

**Rutilo.** Si riconosce qualche cristallo dalla colorazione rossa intensa.

#### **Materiale interstiziale**

**Matrice.** È abbondante e si presenta come micrite, calcite microcristallina di colorazione bruna; localmente risulta di aspetto molto terroso.

**Cemento.** Si tratta prevalentemente di cemento carbonatico intragranulare.

**Effetti diagenetici.**

La roccia nel complesso mostra di aver subito processi diagenetici in momenti diversi:

- 1) cementazione calcitica non troppo precoce e non abbondante, testimoniata dai contatti compenetrati e suturati tra i granuli, che suggeriscono una compattazione non ostacolata da cementazione (diagenesi isochimica);
- 2) dissoluzione e alterazione diagenetica tardiva e/o epigenetica (goethitizzazione e limonitizzazione) e alterazione recente.

**Classificazione.**

La roccia può essere definita un Packstone a Spicole di Spugna.

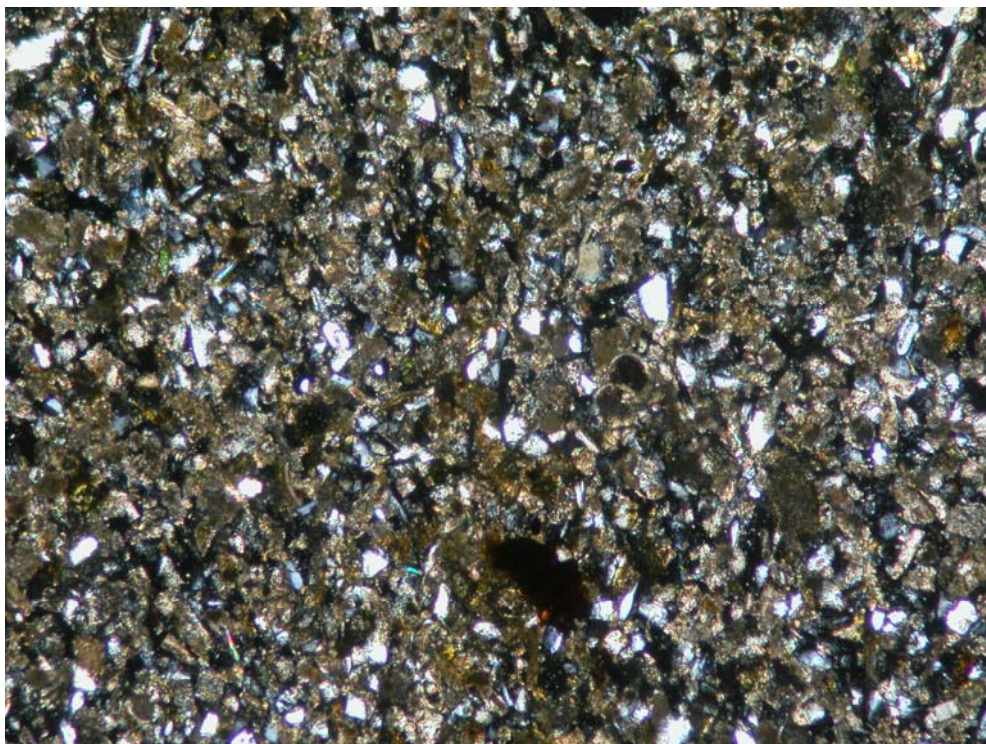
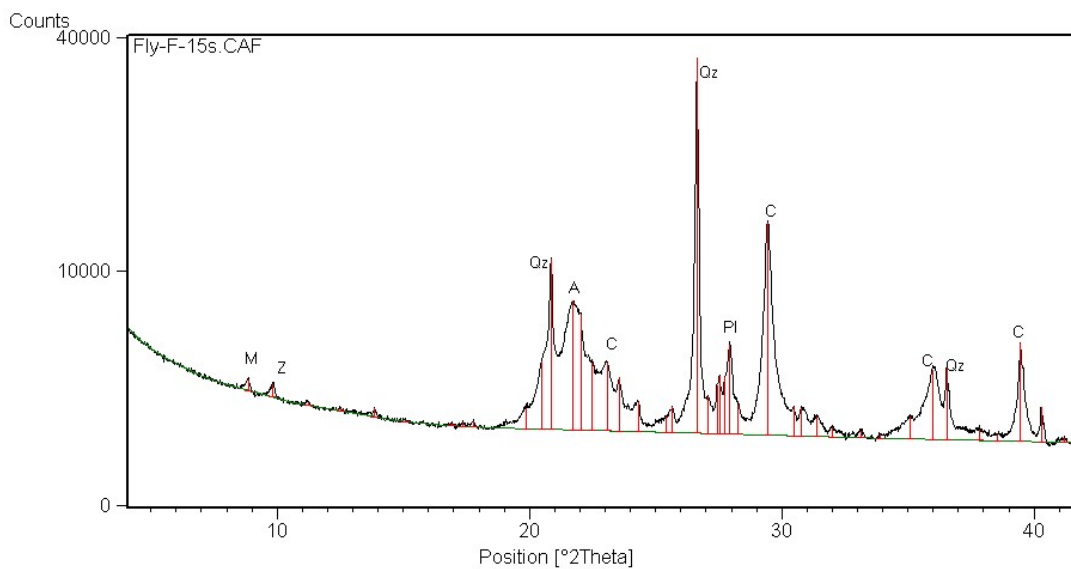


Figura 47; Campione F, visione della sezione al Microscopio a luce trasmessa, Nicols // 5x.

### Diffattometria delle Polveri.



L'analisi diffrattometrica delle polveri ha evidenziato come fasi mineralogiche principali: Quarzo  $\text{SiO}_2$  (Qz), Calcite  $\text{CaCO}_3$  (C), Opale o Cristobalite – Tridimite (A). Tracce di Plagioclasio (Pl), K - Feldspato, Miche (M), Zeolite (Z) e Dolomite  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ .

### Determinazione del Residuo Insolubile.

La determinazione di 1g di campione ha prodotto 0,7g di residuo insolubile pari al 66% del campione.

### Analisi XRF.

Percentuali in ossidi degli elementi maggiori:

SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO
60,06	0,24	4,77	0,52	0,67	0,03

MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	L.O.I.	Tot
0,70	14,17	0,79	1,25	0,05	16,03	99,28

Elementi in Traccia (ppm):

S	Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Rb
527	<5	26	20	85	15	<3	18	<5	48

Sr	Y	Zr	Nb	Ba	La	Ce	Nd	Pb	Th	U
706	18	147	7	207	22	35	22	<5	<3	<3

L'analisi chimica totale sul campione ha evidenziato la presenza di quantità molto abbondanti di Silicio, rispetto a tutti i campioni fino a qui analizzati.

In concentrazioni minore si rinviene Calcio e Alluminio.

Tra gli elementi in traccia i più abbondanti sono Stronzio, Zolfo e Bario.

## Capitolo 8

### Discussione dati.

*Premessa:* le interpretazioni presentate in questa tesi si basano prevalentemente sulle osservazioni petrografiche al microscopio a luce trasmessa, e sono solo parzialmente supportate dalle indagini di tipo analitico quali XRD, XRF e dalla valutazione del residuo insolubile.

Infatti data la complessità strutturale e tessiturale delle rocce considerate, i valori emersi da questi ultimi tre metodi, non possono che essere presi come parametri di riferimento per le considerazioni comparative.

I valori dei residui insolubili, data loro la modalità di realizzazione, sono soggetti ad errori considerevoli, poiché molti minerali in stato di alterazione avanzata, all'interno della frazione non carbonatica, sono potenzialmente soggetti a reazione con l'acido utilizzato per l'estrazione del residuo. Michele, minerali argillosi, feldspati, vetro e i frammenti di roccia sono probabilmente soggetti a parziali perdite durante le operazioni di preparazione. È inoltre da considerare che i granuli menzionati, essendo piuttosto frequenti nelle rocce considerate, possono contribuire ad eventuali sottostime.

In particolare va ricordato che gli inclusi pelitici presenti in qualche campione e costituiti da una fase micritica molto terrosa, possono, data questa natura, nascondere al loro interno rilevanti quantità di minerali argillosi non distinguibili al microscopio. Tali minerali possono celarsi anche all'interno dei locali addensamenti di matrice terrosa.

In questi casi, i dati relativi agli elementi Silicio - Alluminio ricavati dall'analisi XRF, vanno interpretati considerando anche queste variabili.

Dall'esame delle descrizioni petrografiche, dalla risultante tabella riassuntiva delle caratteristiche strutturali e tessiturali, e dalle analisi chimico - mineralogiche eseguite, è possibile suddividere i 14 campioni prelevati dal Duomo di Reggio Emilia in quattro gruppi così composti:

I Gruppo.	Campioni CFS1, CFS2, CFC3, CFC4, CFC5, CB9.
II Gruppo.	Campioni Cf8, Cb10, Ca11, Ca14, Ca15.
III Gruppo.	Campioni Cb7, Ca13, M.
IV Gruppo.	Campione Ca12.

#### I Gruppo.

Macroscopicamente i reperti analizzati sono caratterizzati da granulometria fine e colorazione grigio – bruna. In opera non mostrano evidenti segni di deterioramento, risultando compatti e ben conservati, ad eccezione dei campioni CFC3 e CFC5, che presentano una scagliatura superficiale.

A livello microscopico i reperti appartengono ad un unico litotipo (Packstone), denotando struttura nettamente anisotropa per una locale orientazione preferenziale di tipo piano - parallela dei bioclasti e/o clasti di forma allungata.

La classazione è scarsa in tutti i campioni ad eccezione del campione Cb9, che risulta moderatamente classato.

La porosità è poco elevata in tutti i campioni e costituita per la maggior parte da pori di dimensioni minute, sia intergranulari che intragranulari, distribuiti disomogeneamente all'interno delle sezioni.

Il materiale interstiziale dominante è costituito da micrite, abbondante nei campioni CFS1, CFS2 e molto abbondante nei restanti CFC3, CFC4, CFC5, Cb9.

La cementazione è scarsa in tutti i campioni.

Dal punto di vista compositivo, il litotipo risulta omogeneo, essendo costituito da una prevalente componente organogena intrabacinale e da una significativa frazione silicoclastica. La prima, in sezione sottile stimabile al 50% è costituita principalmente da spicole di spugna (30%), cui seguono Foraminiferi Planctonici (Globigerinoidi), frammenti di gusci di Molluschi, Calpionelle e Alghe. Rarissimi sono i frammenti di Foraminiferi bentonici.

In sezione sottile la frazione silicoclastica extrabacinale è stimabile intorno al 10 -15% per CFS1, CFS2, CFC4, e al 20 - 30% per CFC3, CFC5 e Cb9 e risulta composta principalmente da quarzo, miche e feldspati oltre ad una rilevante quantità di vetro vulcanico, particolarmente abbondante nel campione Cb9.



Nei campioni CFS2, CFC3 si riconoscono frammenti di rocce sedimentarie e metamorfiche.

Altre componenti in quantità accessorie sono Rutilo, presente in tutti i campioni, Glauconite e Clorite rilevati in CFC1 e CFC2.

L'analisi diffrattometrica eseguita sui campioni totali ha in parte confermato le osservazioni al microscopio, individuando come fasi principali calcite e quarzo. In base ad una stima semiquantitativa, nei campioni CFS1, CFS2, e CFC3 la calcite risulta dominante, mentre in CFC5 e Cb9 è di poco superiore al Quarzo.

In tutti i diffrattogrammi sono inoltre riscontrabili dei picchi di diffrazione piuttosto ampi, la cui posizione non consente l'attribuzione univoca ad una fase mineralogica, ma è riferibile a sostanze di composizione prevalentemente silicea con strutture cristalline (cristobalite, tridimite) o parzialmente cristalline (opale CT). Questi composti corrispondono al vetro vulcanico osservato in sezione. Nei campioni CFS1, CFC3 e in maniera consistente in Cb9 e CFC5, l'analisi XRD ha evidenziato significativi picchi di diffrazione ad esse riferibili. Questi frammenti corrispondono a quelli che nelle descrizioni petrografiche presentavano il maggior contenuto di vetro vulcanico.

L'analisi XRD ha confermato inoltre la presenza di protodolomite e dolomite (Cb9, CFS2, CFC5).

La valutazione del residuo insolubile di CFS2 (24%), CFC3 (47%) e CFC5 (56%) consente da un lato di confermare nel caso di CFS2 la prevalenza della componente carbonatica della roccia, mentre i valori elevati dei residui di CFC3 e CFC5 sono interpretabili come segue:

- Il campione CFC3 risulta silicizzato, quindi alle fasi caratteristiche del residuo si somma una componente significativa di tipo siliceo che innalza notevolmente il valore finale;
- Il campione CFC5 risulta il caso più ambiguo, la componente silicoclastica comprensiva del vetro vulcanico (particolarmente abbondante in sezione sottile) non sembra superare il 25 -30% anche per la mancanza di fenomeni di silicizzazione diagenetica. Per spiegare l'alto valore del residuo da un lato va sottolineato che l'abbondante matrice rende difficile una stima oggettiva delle fasi presenti; dall'altro è possibile anche un errore in fase di preparazione del

campione, che pare più probabile visto la discrepanza significativa tra osservazione e dato analitico.

L'analisi chimica totale condotta su CFS2 e CFC3 ha evidenziato per il primo campione l'abbondanza del Calcio (CaO 23%) sul Silicio (SiO<sub>2</sub> 36%) mentre, in CFC3 la prevalenza del Silicio (SiO<sub>2</sub> 47%) sul Calcio (CaO 22%), confermando ulteriormente quanto esposto sopra.

Dal punto di vista litologico la composizione dei reperti risulta complessivamente omogenea e sembra derivare da un deposito marino relazionabile a correnti di torbida con detriti di origine terrigena derivanti da zone di margine continentale.

Tale contesto ambientale di alta energia, ben si accorda con le frequenti laminazioni riscontrate nei campioni. Queste variabilità non comportano una variazione di facies, ma derivano dalla natura stessa del sedimento, caratterizzato da importanti variazioni stratigrafiche verticali e orizzontali, legate a oscillazioni minime delle condizioni deposizionali in termini di energia oltre che alla variabilità degli apporti continentali. Questo suggerisce che tutti i reperti possono provenire da un'unica cava.

Tutti i reperti risultano compattati come testimoniano i contatti tra i granuli che appaiono compenetrati e suturati. Tali litotipi infatti non sembrano avere subito un'abbondante cementazione precoce, che avrebbe potuto ostacolare la compattazione. Trattandosi di cemento calcitico il primo stadio diagenetico è di tipo isochimico.

Variazioni occasionali nel chimismo delle soluzioni circolanti diagenetiche (diagenesi allochimica) sembrano anche responsabili dei fenomeni di silicizzazione osservati in alcuni campioni (CFC3, Cb9).

Goethite e limonite sono da considerarsi prodotti di diagenesi tardiva, epigenetica e/o alterazione recente.

La dolomite riscontrata in sezione sotto forma di euedri romboedrali, la cui presenza risulta confermata anche dall'analisi XRD (protodolomite) si presta a due interpretazioni:

- In seguito ad una possibile dissoluzione del primo cemento è seguita una locale precipitazione di cemento dolomitico distribuito nel tessuto della roccia, in limpidi euedri anche disseminati casualmente; tale dolomite è pertanto attribuibile ad una fase diagenetica allochimica su roccia in posto.

- Dato che la fase individuata tramite XRD è protodolomite (dolomite non stechiometrica), rifacendosi ad alcune recenti ipotesi avanzate riguardo la precipitazione di dolomite in condizioni ambientali, tale fase si può attribuire a fenomeni di ricristallizzazione realizzatisi sulla roccia in opera.

L'analisi diffrattometrica ha inoltre evidenziato tracce di gesso nei prelievi CFS1 e CFS2. Lo zolfo è stato riscontrato anche tra gli elementi in traccia dell'analisi chimica per fluorescenza, benché quest'ultimo valore non sia propriamente attendibile con questo metodo analitico. Tale fase è attribuibile ad un'intonaco preparatorio steso sui conci, come confermato dall'analisi diffrattometrica effettuata sul pigmento prelevato dai conci stessi.

Si noti che per il reperto CFS2 il dato relativo alla chiusura dell'analisi ha un valore basso in relazione alla presenza degli elementi in traccia e al contenuto non trascurabile proprio dello zolfo.

La caratterizzazione petrografica (soprattutto la presenza di traccianti quali le Spicole di Spugna), in parte supportata con i dati relativi alle analisi XRD, XRF e del residuo insolubile, ha consentito di attribuire i reperti a rocce dell'Appennino reggiano riferibili al Flysch ad elmintoidi.

Sulla base di considerazioni di tipo storico e della carta geologica dell'Appennino settentrionale sono state individuate le zone di affioramento del flysch più prossime alla città di Reggio, concentrandosi in un raggio di 15 -30 km dalla città stessa. Il litotipo individuato è il flysch di Monte Cassio.

A livello macroscopico i campioni di campagna sono caratterizzati da granulometria fine e colorazione grigio – bruna. Sono tutti classificabili come un unico litotipo (Packstone).

La classazione risulta abbastanza buona per i campioni B e C, moderata per il campione F e scarsa per A e E.

La porosità è scarsa per A, B, ed E mentre è frequente in C ed F.

In A, B, E, F la micrite è il materiale interstiziale dominante mentre, nel campione C, prevale il cemento.

In sezione sottile tutti i campioni risultano costituiti da una componente bioclastica stimabile intorno al 50 – 60 % della roccia. La frazione silicoclastica exreabacinale è valutabile intorno al 30%.

Tra i bioclasti prevalgono le spicole di Spugna e i Foraminiferi Planctonici. Poco frequenti sono le Calpionelle e i Molluschi, presenti solo in frammenti.

La componente silicoclastica è costituita principalmente da quarzo. In tutti i campioni si riconoscono Rutilo, Glauconite e Pirite mentre in A e B si osservano tracce di Muscovite e Feldspati. In E ed F si nota la presenza di vetro vulcanico.

L'analisi diffrattometrica ha confermato anche per questi campioni la presenza di abbondante Calcite, Quarzo e per alcuni campioni di Cristobalite - Tridimite o Opale CT (E ed F).

L'analisi chimica totale sui campioni conferma per A, B ed E un valore di Silicio (28%) inferiore al Calcio (37%). Al contrario per il C ed F, risulta Silicio (36%).

Tale dato trova corrispondenza con i valori del residuo insolubile, che per F e C risulta rispettivamente al 66% e il 59% del campione totale. Per i restanti campioni il residuo si attesta sul 13 - 14% per B ed E, sul 30% per A.

Per il campione C tale valore risulta giustificabile in relazione alla diffusa silicizzazione che presenta la roccia.

Nel caso del campione F si rileva una incoerenza tra l'osservazione al microscopio ottico e i risultati delle analisi XRD - XRF, questi ultimi tra loro compatibili. In sezione sottile, la componente carbonatica risulta prevalente, con frazione silicoclastica ridotta.

L'analisi XRD, ha evidenziato invece, una frazione non carbonatica pari al 66%. Anche l'indagine XRF riscontra il Silicio come elemento più abbondante a discapito del Calcio.

Questa incongruenza è probabilmente da attribuirsi all'elevato contenuto di matrice della sezione, che complica la lettura della stessa al microscopio, poiché maschera molti componenti. Non si esclude, tuttavia, la possibilità che il campione sottoposto ad analisi, non sia rappresentativo della totalità della roccia, ipotesi verosimile vista la variabilità del litotipo.

Poiché i metodi analitici utilizzati costituiscono solo un ausilio alle osservazioni petrografiche, la classificazione del campione è comunque riferita a quanto emerso dalla descrizione fatta al microscopio.

Altri effetti diagenetici osservati in tutte le sezioni sono:

- una cementazione calcitica non troppo precoce, testimoniata dai contatti compenetrati e suturati tra i granuli, che suggeriscono una compattazione non ostacolata da cementazione (diagenesi isochimica).
- Dissoluzione e alterazione diagenetica tardiva e/o epigenetica (goethitizzazione e limonitizzazione)

Anche il campione B mostra di avere subito silicizzazione.

Sulla base del confronto delle descrizioni petrografiche, in parte integrate dai dati relativi alle analisi XRD, XRF e del residuo insolubile tra i campioni del duomo e quelli di campagna emerge che:

- I provini A, B e C trovano minore corrispondenza con i campioni del Duomo essendo caratterizzati da abbondanti Foraminiferi Planctonici e minore contenuto di matrice.
- Esiste una corrispondenza tra i campioni CFS1 CFS2 e CFC3 e il campionamento effettuata alle pendici orientali del M. Duro (E)
- Per CFC5 e Cb9 l'affinità si riscontra con F, campionato su blocchi di pietra appartenenti a un detrito di frana staccatosi dalle pendici settentrionali dello stesso rilievo in località Montalto – La Vecchia.

L'abbondanza in CFC3 della componente non carbonatica (residuo insolubile 59%) rispetto ad E (14%) è da attribuire alla diffusa silicizzazione visibile in sezione.

Complessivamente dunque eseguendo un confronto tra i campioni prelevati dal Duomo con quelli raccolti in campagna, si nota una analogia a livello composizionale, poiché si riscontrano le medesime tipologie di Bioclasti così come lo stesso tipo di grani costituenti la frazione silicoclastica. Variano le abbondanze relative dei diversi costituenti. Ben visibile risulta tuttavia la differente percentuale di matrice nei provini dei due siti considerati, con quelli di cava a contenuto inferiore. Alcuni di questi ultimi sono inoltre mediamente più cementati.

Riconoscendo tuttavia la complessità del flysch e le sue ampie variazioni sia verticali che laterali, i campioni di campagna consentono di confermare la tipologia del materiale del duomo anche se il paragone con il livello prelevato in campagna non risulta ottimale.

Infine la tendenza alla sfaldatura verificata per i conchi CFC3, CFC4 e CFC5 è da attribuire alle modalità di messa in opera della pietra. Spesso tali rocce presentano laminazioni, secondo le quali la roccia viene preferenzialmente sbazzata. La messa in opera dei conchi secondo la sezione di taglio può indurre un minore resistenza e facilitare la sfaldatura lungo piani paralleli.

## II Gruppo

Al secondo gruppo appartengono i campioni Cf8, Cb10, Ca11, Ca14 e Ca15. Macroscopicamente sono caratterizzati da granulometria media e colorazione grigio-gialla.

I campioni Cb10, Ca14 e Ca15 risultano abbastanza ben classati mentre i campioni Cf8 e Ca11 sono moderatamente classati.

A livello microscopico tutti i reperti appartengono ad un unico litotipo (Packstone) e presentano struttura da tendenzialmente a nettamente anisotropa, soprattutto se presenti inclusi pelitici.

La porosità in sezione risulta frequente eccetto nei campioni Cf8 e Ca14 in cui i pori sono scarsi.

Il materiale interstiziale è prevalentemente costituito da micrite in alcuni casi con aspetto terroso; il cemento è generalmente scarso, ad eccezione del campione Cb10 in cui è più frequente.

Nei campioni Cb10, Ca14, Ca15 sono frequenti inclusi pelitici anche plurimillimetrici.

Dal punto di vista composizionale il litotipo risulta omogeneo, essendo costituito da una prevalente componente bioclastica stimabile intorno al 50-60% e da una frazione silicoclastica extrabacinale valutabile al 15-20%. Anche i residui insolubili eseguiti sui campioni Cf8 e Cb10, con valori risultanti del 33% e del 26% confermano la stima delle due componenti della roccia.

Tra i bioclasti risultano abbondanti gli Echinodermi e i Foraminiferi Planctonici (Globigerinoidi). Seguono Briozoi e frammenti di Foraminiferi Bentonici. I Molluschi sono frequenti solo in Cb10 mentre frammenti di Alghe si riconoscono in Ca14 e Ca15.

La frazione silicoclastica è prevalentemente costituita da quarzo sia mono- che policrostallino. Si riconoscono inoltre frammenti di muscovite, biotite, rari feldspati; frammenti di rocce metamorfiche, magmatiche in Cf8 e Ca15, di rocce sedimentarie in

Cf8 e Ce15. In tutti i campioni sono evidenti granuli di glauconite e pirite, quest'ultima all'interno delle camere dei bioclasti.

L'analisi diffrattometrica eseguita sui campioni totali ha confermato le osservazioni al microscopio individuando le medesime fasi. Nei diffrattogrammi di Cf8, Cb10 e Ca14, in base ad una stima semiquantitativa, prevale la Calcite. Altre fasi comuni ai campioni sono Quarzo, Plagioclasio, Serpentino, Clorite, e Muscovite. Nel campione Cf8 si riscontra del Gesso, forse dovuto alla presenza di intonaco o di un pigmento sulla superficie della pietra campionata. Nel campione Cb14 è stata rilevata la presenza di dolomite e protodolomite sulla quale valgono le considerazioni espresse in precedenza.

L'analisi chimica ha confermato per Cf8 la prevalenza del Calcio (CaO 32%) su Silicio più Alluminio (31% di  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$ ). Quest'ultimo valore va probabilmente riferito ai minerali argillosi presenti nella matrice.

Nel campione Cf8 tra gli elementi in traccia risulta abbondante lo zolfo anche se il valore non risulta molto indicativo con l'analisi XRF.

Dal punto di vista litologico la composizione dei reperti risulta generalmente costante e sembra derivata da una sedimentazione di ambiente marino costiero di piattaforma.

Le modeste variazioni riscontrabili sono attribuibili a variazioni minime nelle condizioni deposizionali, in termini di energia e/o morfologia del bacino oltre alla variabilità degli apporti continentali. Questo suggerisce che tutti i reperti possono provenire da un'unica cava.

Tutti i campioni risultano compattati come testimoniano i contatti tra i granuli che appaiono compenetrati e suturati. Tali litotipi infatti non sembrano avere subito un'abbondante cementazione precoce, che avrebbe potuto ostacolare la compattazione. Trattandosi di cemento calcitico il primo stadio diagenetico è di tipo isochimico.

Goethite e limonite sono da considerarsi prodotti di diagenesi tardiva, epigenetica e/o alterazione recente.

Si noti che per il reperto Cf8 il dato relativo alla chiusura dell'analisi ha un valore basso in relazione alla presenza degli elementi in traccia e al contenuto non trascurabile proprio dello zolfo, da attribuire alla presenza di gesso.

La caratterizzazione petrografica integrata con i dati relativi alle analisi XRD, XRF e del residuo insolubile, ha consentito di attribuire i reperti a rocce dell'Appennino reggiano riferibili alla Pietra di Bismantova.

Per confrontare i materiali utilizzati nel duomo si sono realizzati dei campionamenti presso affioramenti della Formazione di Pantano (Gruppo di Bismantova).

I livelli di nostro interesse si trovano a poca distanza da Reggio Emilia e si estendono nei territori di Canossa e nei domini Matildici. Nel passato queste rocce erano ampiamente utilizzate nella città di Reggio per realizzare colonne, capitelli ed elementi strutturali degli edifici.

Macroscopicamente i campioni prelevati in campagna sono caratterizzati da granulometria medio - fine e colorazione grigio – gialla. A livello microscopico i reperti sono classificabili come Packstone, ad eccezione dei campioni 1a e D, che risultano Grainstone e del 3a che risulta arenaria.

Trattazione a parte meritano i campioni 2 e 4, la cui classificazione risulta incerta, vista la difficoltà della stima al microscopio delle due componenti costituenti (bioclastica e silicoclastica). Supponendo che la frazione bioclastica sia prevalente sono entrambi classificabili come Packstone arenacei. Se risulta invece predominante la frazione silicoclastica sono classificabili come arenarie con frazione bioclastica.

I campioni D, 5 e 6 sono moderatamente classati, 1a, 3b e 4 abbastanza ben classati, 1b, 2 e 3a mal classati. La porosità è frequente in 1a, 1b, 2, 3a, e 4, mentre risulta scarsa in D, 3b, 5 e 6.

Nella maggior parte dei campioni il materiale interstiziale dominante è micrite, solo in D, 1b, 2, 3a, a prevalere è il cemento.

A livello petrografico la componente bioclastica è stimabile al 50-60% mentre quella silicoclastica etrabacinale va dal 15-20% per tutti i campioni ad eccezione del 2 e 4 in cui le due componenti sono molto simili e del 3a in cui le percentuali tra le due componenti si invertono.

I bioclasti sono prevalentemente costituiti da Echinodermi, Foraminiferi Planctonici, qualche frammento di Foraminiferi Bentonici, gusci di Molluschi (eccetto il 3a), brandelli di Alghe (tranne il 4 e il 5), Briozoi (escludendo il 2 e il 3b) e Serpulidi in 1a e 1b.



La componente silicoclastica è principalmente costituita da quarzo sia mono che policristallino. I granuli risultano molto frequenti in 1b, 2, 3b, 4 mentre diventano dominanti in 3a.

Si individuano anche granuli di Muscovite, Biotite, frammenti di Rocce metamorfiche (in 1b, 2, 3a, e 5), magmatiche (in 1b e 3a) e sedimentarie in 1b, 3a, e 4.

Altri elementi in traccia sono Pirite, Clorite, (tranne in D), Glauconite, Goethite e limonite.

La valutazione del residuo insolubile ha in parte confermato le stime al microscopio ottico; i campioni con valori elevati di residuo insolubile sono il 2 e il 4 (42 e 44% rispettivamente) mentre percentuali inferiori si ottengono in D(20%), 5 (28%) e 6 (36%).

Dall'analisi chimica, sempre per 3a, 5 e 6, l'elemento più abbondante è il Calcio (CaO 36%) (Silicio SiO<sub>2</sub> 23%).

I dati relativi ai campioni 5 e 6 si accordano sia con la stima visiva in sezione sia, in linea di massima, con l'analisi XRF.

Nel caso del campione 3a l'osservazione al microscopio e i dati analitici risultano contrastanti. Si considera buono il dato emerso dalla stima in sezione sottile, e si suppone che i dati XRD e XRF, siano distorti a causa delle variazioni orizzontali in senso ai sedimenti rocciosi.

I campioni 2 e 4 sono caratterizzati da inclusi pelitici e abbondante matrice terrosa. I dati relativi all'analisi XRF di Si e Al indicano per il campione 2 (34% e 5,5% rispettivamente SiO<sub>2</sub> e Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) per il 4 (38%, 5% rispettivamente SiO<sub>2</sub> e Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Tali valori risultano molto elevati anche considerando la possibilità che i residui siano sottostimati. La spiegazione può attribuirsi, come già specificato ai minerali argillosi presenti nella matrice o negli inclusi pelitici.

L'analisi diffrattometrica ha permesso di evidenziare calcite e quarzo come fasi dominanti. Altre fasi mineralogiche presenti in tutti i campioni sono: Plagioclasio, Mica, Serpentino e Clorite. Nei campioni 5 e 6 la fase del serpentino è molto più abbondante rispetto a quella della clorite.

Nonostante le variazioni anche significative tra i diversi campioni, dal punto di vista litologico la composizione risulta complessivamente omogenea e sembra derivare da una sedimentazione di ambiente marino costiero di piattaforma.

Le diversità riscontrate, infatti, non comportano una variazione di facies, ma derivano da oscillazioni più o meno marcate delle condizioni deposizionali in termini di energia, morfologia del bacino e variabilità degli apporti continentali.

Tutti i reperti sono compattati come testimoniano i contatti tra i granuli che risultano compenetrati e suturati. Tali litotipi infatti non sembrano avere subito un'abbondante cementazione precoce, che avrebbe potuto ostacolare la compattazione. Trattandosi di cemento calcitico il primo stadio diagenetico è di tipo isochimico.

Variazioni occasionali nel chimismo delle soluzioni circolanti diagenetiche (diagenesi allochimica) sembrano anche responsabili dei fenomeni di silicizzazione osservata nel campione 1a.

Goethite e limonite sono da considerarsi prodotti di diagenesi tardiva, epigenetica e/o alterazione recente.

Confrontando quanto esposto con i dati dei campioni provenienti dal Duomo è possibile attribuire una probabile provenienza ai materiali impiegati.

I campioni ottenuti dall'attività di campagna presentano infatti numerose analogie petrografiche – mineralogiche con i campioni del duomo.

I campioni 2 e 4 e 3a, si differenziano nettamente da quelli del Duomo poiché, mentre in questi ultimi la componente bioclastica risulta dominante, nel 2 e nel 4, non è possibile affermarne la prevalenza; inoltre nel 3a è la componente silicoclastica extrabacinale a predominare.

Nel complesso tra i restanti campioni dei due gruppi si riscontrano importanti analogie; le uniche differenze verificabili sono il maggiore contenuto di matrice nei campioni del Duomo e viceversa una maggiore cementazione in quelli di Cava.

Tuttavia tali differenze sono attribuibili a locali variazioni deposizionali in termini di energia del bacino. Sommando i dati petrografici, mineralogici e composizionali risulta che i capitelli, i fusti e le colonne del Duomo di Reggio Emilia sono strettamente analoghi ai campioni 5 e 6. Tali prelievi provengono dalle località di Canossa (campione 6) e Cavandola (campione 5), zone di approvvigionamento dell'Arenaria di Bismantova.

Queste località distano pochi chilometri dalla città e sono note fin dall'antichità per aver fornito pietre da costruzione a numerosi edifici cittadini.

III Gruppo.

I campioni Cb7 e Ca13 non appartengono ad alcun litotipo dell'Appennino settentrionale e testimoniano l'impiego, fin dall'antichità e prolungato nel tempo, di materiale proveniente dalla Regione sub Alpina e dal Bacino dei Colli Berici.

Accanto a due campioni provenienti dai capitelli se ne può affiancare un terzo "M", appartenete ad un rilievo collocato nella prima Cappella della navata laterale destra.<sup>2</sup>

A livello macroscopico le pietre risultano delle biocalcareni, con granulometria grossolana e colorazione chiara quasi "lattea".

A livello petrografico le sezioni appaiono completamente diverse da quelle fino a qui analizzate. Tutti i campioni sono scarsamente o mal classati con una porosità molto elevata.

Il materiale interstiziale è molto scarso per Cb7 e Ca13, un po' più abbondante in M.

Il materiale intergranulare risulta costituito da micrite, tritume organogeno e noduli algali costituenti una pseudomatrice. Il cemento è molto scarso ed esclusivamente di tipo sintassiale lungo i bordi degli Echinodermi.

La componente bioclastica costituisce l'ossatura della roccia e stimabile al 70-80% della roccia. Si riconoscono Echinodermi, frammenti di Molluschi, Foraminiferi Bentonici, pezzi di Briozoi e noduli algali.

Gli effetti diagenetici comuni sono: cementazione calcitica non troppo precoce e non abbondante, testimoniata dai contatti compenetrati e suturati tra i granuli, che suggeriscono una compattazione non ostacolata da cementazione (diagenesi isochimica); colorazione diffusa dei bioclasti e della matrice indice di una dissoluzione e alterazione diagenetica tardiva e/o epigenetica e alterazione recente (goethizzazione e limonitizzazione).

L'analisi diffrattometrica ha individuato la calcite come unica fase mineralogica. La bassa concentrazione di materiale silicatico è dimostrata dalla valutazione del residuo insolubile che in M equivale al 5% del campione totale.

I campioni sono classificabili come Grainstone e riferibili a depositi di laguna con acque basse ben ossigenate e tranquille.

Le caratteristiche petrografiche permettono di riferire tali campioni alla "pietra tenera di Vicenza".

---

<sup>2</sup> Vedi descrizione in Appendice.

IV Gruppo.

A questo gruppo appartiene un solo campione Ca12, costituito da un calcare rosso nodulare riferibile, come i campioni visti precedentemente, alla regione Sub Alpina Veronese.

Microscopicamente la roccia è un calcare rossastro nodulare. La granulometria si rivela molto eterogenea e quindi la roccia è mal classata, con evidenti segni di bioturbazione..

La porosità è molto scarsa e il materiale interstiziale dominante è micrite, il cemento è scarso e di tipo carbonatico.

I bioclasti costituiscono la componente fondamentale della roccia e sono il 50-60%.

Risultano molto abbondanti gusci e frammenti di Lamellibranchi pelagici; è presente anche qualche frammento di Foraminifero Planctonico. Altri Bioclasti sono rappresentati da placchette di Crinoidi e Aptici, fantasmi di Spicole di Spugna, Radiolari e Ostracodi.

La componente silicoclastica è ridottissima e presenta schegge di quarzo e Feldspati. Sono evidenti in sezione tracce di Pirite e goethite.

Tra i fenomeni diagenetici si riconoscono chiare tracce di Bioturbazione e una diffusa cementazione calcitica (diagenesi isochimica).

È presente dissoluzione da pressione con formazione di stiloliti, dissoluzione e alterazione diagenetica tardiva e/o epigenetica (goethitizzazione e limonitizzazione) e alterazione recente.

L'analisi diffrattometrica ha evidenziato come unica fase mineralogica quella della Calcite.

La valutazione del residuo insolubile ha stimato la componente non carbonatica nel 3% del campione totale.

La roccia sulla base delle caratteristiche fino a qui descritte può essere classificata come un Packstone-Grainstone a Bositra sp. e/o Posidonia sp., dei livelli Bajociani – Calloviani Veronesi.

## Capitolo 9

### Conclusioni.

Con questa tesi di taglio interdisciplinare si è voluto caratterizzare a livello storico - stilistico e petrografico, le strutture romaniche presenti all'interno del Duomo di Reggio Emilia.

I restauri in corso nella Cattedrale hanno portato alla luce capitelli, colonne e conci in pietra riferibili all'edificio dell' XI - XIII sec.

L'analisi storico stilistica ha evidenziato:

- La presenza nella controfacciata di blocchi di pietra di reimpiego, provenienti da edifici più antichi, anche di epoca romana. Questo sarebbe provato dall'esistenza di un concio, nella controfacciata della navata laterale sinistra, con incise delle lettere in caratteri capitali romani. Altra testimonianza di riutilizzo di fregi appartenenti a strutture antiche, sarebbero i due rilievi posti al limite di separazione tra muratura a conci e in laterizio.
- La presenza di capitelli con stili diversi posti sulle colonne di separazione tra navata laterale e centrale. Si riconosce un capitello di ordine corinzio, utilizzato in molti edifici dell'XI secolo e uno in stile ionico. In controfacciata sono evidenti capitelli a crochets, diffusi nell'architettura a partire dall'ultimo quarto dell' XII sec per tutto il XIII. Questo si accorda con le testimonianze dell'ampliamento della Cattedrale dovute alla ristrutturazione Malaguzzi (1269).
- Colonne polilobate a sezione cruciforme all'interno dei pilastri posti a separazione della navata laterale destra dalla centrale, riferibili al XI - XII sec.
- L'esistenza nel periodo romanico di un edificio caratterizzato da strutture policrome. Ne sono testimonianza i numerosi lacerti pittorici rossi, bianchi, gialli e neri, osservati sulle tribune e su tutte le strutture fin qui descritte.

L'analisi macroscopica, la mappatura dei materiali e il campionamento ha evidenziato:

- L'utilizzo di litotipi diversi nei conci in controfacciata. A livello macroscopico si riconoscono arenarie provenienti dall'Appennino settentrionale, marmi simili a quelli bianchi di Carrara, marmi striati tipo "Cipollino", lastre di Rosso ammonitico e pietra di Vicenza.
- Un assemblaggio di litotipi diversi nel capitello di ordine ionico.
- La presenza di arenarie appartenenti all'Appennino nelle colonne del Duomo.

L'analisi petrografica, in parte supportata da metodologie mineralogiche e chimiche, oltre che dalla valutazione del residuo insolubile dei campioni prelevati, ha permesso di riconoscere quattro diversi litotipi:

- Flysch ad Elmitoidi: con questo materiale sono realizzati tutti i conci campionati in controfacciata e il basamento della colonna all'interno del sesto pilastro.
- Arenaria di Bismantova: di questa pietra sono realizzati i fusti delle colonne, il capitello a Crochets e quello di ordine Corinzio.
- Pietra tenera di Vicenza: di cui risulta composto il capitello di ordine ionico, il basamento della colonna nel terzo pilastro e il rilievo con la Madonna.
- Rosso ammonitico: riscontrato nella parte alta del capitello Ionico.

La comparazione petrografica, chimica e mineralogica dei campioni con litotipi simili provenienti dall'Appennino Reggiano, ha permesso di rintracciare le possibili zone di approvvigionamento della materia prima a pochi chilometri dalla città di Reggio Emilia. Le indagini hanno riconosciuto i litotipi più diffusi in una data epoca e determinato il materiale più adatto per attuare future ed eventuali opere di reintegrazione delle strutture.

- Il Flysch ad Elmitoidi prelevato dai campioni in controfacciata, presenta qualche affinità petrografica e chiare corrispondenze mineralogiche – chimiche con il Flysch ad Elmitoidi affiorante alle pendici settentrionali del Monte Duro e al detrito di frana, in località Montalto – La Vecchia, staccatosi dalle pendici settentrionali dello stesso rilievo. Questa frana presenta grossi blocchi squadrati già pronti ad essere messi in opera.

- L'arenaria tipo Bismantova, (Formazione di Pantano) utilizzata per le colonne e i capitelli del Duomo, ha evidenziato affinità petrografiche- chimiche e mineralogiche con i campioni prelevati negli antichi domini Matildici in località di Canossa e Cavandola. Questo testimonia come, anche nelle strutture del Duomo, venissero impiegati materiali già conosciuti in città e usati nelle strutture di numerosi edifici.
- La pietra di Vicenza e il Rosso ammonitico, indicano la presenza di scambi commerciali nel periodo Medievale, tra Appennino e regione sub Alpina.

La presenza di un intonaco bianco steso sulle murature è testimoniata dalla scoperta di tracce di Gesso sui campioni prelevati dai conci e negli strati più profondi del pigmento analizzato. Questo materiale doveva corrispondere all'intonaco di base sopra cui, nel corso dei secoli, sono stati aggiunti pigmenti bianchi a base di biacca, come testimoniato dal frammento di pigmento analizzato.





## APPENDICE

### Inquadramento Geologico

#### **Inquadramento geologico dell'Appennino Reggiano.**

La catena Appenninica si sviluppa a partire dalla Pianura Padana lungo tutta la penisola italiana. Si compone di due grandi settori: l'arco settentrionale (Monferrato-Lazio/Abruzzo) chiuso a NW dalle alpi dalla linea Sestri–Volteggio e l'arco meridionale (Abruzzo/Molise–Sicilia).

L'Appennino è una catena collisionale formatasi tra il Cretaceo superiore a tutto il Terziario, in seguito alla collisione tra margine Europeo e Africano.

La struttura dell'Appennino settentrionale, in particolare il versante padano nel tratto compreso tra la linea trasversale Sestri–Volteggio (Genova) e quella del torrente Sillaro (Bologna), è data dall'impilamento di unità tettoniche appartenenti a domini paleogeografici differenti, disposti dal basso verso l'alto nell'ordine seguente: Dominio Toscano e Umbro-Marchigiano, Dominio Subligure, Dominio Ligure e Successione Epiligure.

**Dominio Toscano e Umbro-Marchigiano s.l.:** poggia su basamenti Paleozoici e Mesozoici, culminando con sedimenti torbiditici silicoclastici di avanfossa di età Oligocene superiore-Miocene inferiore, rappresentati da importanti formazioni come il “macigno” toscano e le arenarie di Monte Modino-Monte Cervarola, affioranti nel crinale spartiacque toско-emiliano.

**Complesso di Canetolo o Dominio Subligure:** comprende formazioni di età terziaria (Paleocene-Miocene inferiore) a dominante calcareo-marnosa. Nel complesso si individuano anche unità arenacee-silicoclastiche tra le quali spiccano le arenarie vulcanoclastiche di Petriagnacola o Val d'Aveto.

**Dominio Ligure:** è il più importante nella zona di nostro interesse, ed è costituito da unità alloctone che si collocano al tetto dell'edificio strutturale dell'Appennino. È

suddiviso in due gruppi: le Liguridi “interne” che affiorano nel versante ligure e le Liguridi “esterne”, presenti nel versante padano. Le prime sono caratterizzate dalla presenza di ofioliti in posizione giurassica (zona del Bracco). Le seconde sono contraddistinte da ofioliti rimaneggiate all’interno di complessi caotici del Cretacico superiore, argille varicolori e da Flysch<sup>3</sup> ad elmintoidi a dominante carbonatica, di età Campaniano-Maastrichtiana (Cretacico superiore-Paleocene).

Nella medio e basso Appennino Reggiano l’unità presente è quella di “Monte Cassio” detta anche “della Val Baganza”, che costituisce il basamento alloctono su cui appoggia la successione “Epiligure”.

**La successione Epiligure**; viene definita “mesoalloctona” perchè composta da terreni terziari sedimentati sul basamento Liguride “esterno” durante i processi di traslazione o carreggiamento da sud-ovest verso nord-est del basamento Liguride stesso, avvenuto durante l’attività dislocativa delle fasi tettoniche eoceniche-mioceniche dell’Appennino. La complessità delle formazioni della successione epiligure, la suddivisione in più membri con spessori variabili, è determinata dalla sua deposizione su un basamento deformato di un tipico bacino di “pull-a-part”, caratterizzato da una irregolare fisiografia del fondo di sedimentazione. La successione mantiene costantemente un rapporto stratigrafico discordante con il substrato Liguride.

La successione epiligure, (vedi Figura 48), è composta dal basso verso l’alto da:

Formazione di Montepiano (Eocene superiore); ***mP***

Formazione di Ranzano (Oligocene inferiore); ***aR***

Formazione di Antognola (Oligocene superiore - Miocene inferiore); ***mA***

Formazione di Bismantova (Miocene inferiore -medio); ***B***

### **Il Gruppo di Bismantova e la Formazione di Pantano.**

Della successione epiligure prendiamo in considerazione la formazione più recente, quella di Bismantova.

---

<sup>3</sup> Flysch: associazione di sedimenti clastici, sedimentati in gran parte per correnti di torbidità. I Flysch tipici sono ritmici irregolari con unità di stratificazione ad elementi grossolani, spesso gradate alla base, seguite da materiali più fini a volte ricchi di impronte.

La formazione venne istituita dall'AGIP nel 1960, durante i rilevamenti dei Fogli 1:100.000 Castelnuovo Monti e Pontremoli<sup>[53]</sup>.

Era composta da 5 membri fondamentali arenaceo-marnosi a dominante composizione calcarea: il Membro della Pietra di Bismantova (arenarie di piattaforma interna), il Membro di Pantano (arenarie e marne di piattaforma esterna), il Membro di Cigarello (argille marnose e marne di scarpata-bacino), e i Membri di Vetto e Marola (costituiti da torbiditi bacinali)<sup>[54]</sup>.

Nel corso del rilevamento del nuovo foglio alla scala 1:50.000 Castelnuovo Monti, vennero distinti altri membri. Fu così proposta la suddivisione della vecchia formazione in almeno due nuove unità stratigrafiche<sup>[55]</sup>: una rappresentata dalle unità di piattaforma chiamata Formazione di Pantano, ed una di scarpata-bacino detta Formazione di Cigarello.

La vecchia Formazione di Bismantova assunse così il titolo di “Gruppo di Bismantova”. Uno dei più vasti affioramenti di Bismantova-Pantano dell'Appennino Settentrionale cade tra le valli del Fiume Secchia, ad est, e del Torrente Enza ad ovest, formando la così detta sinclinale “Vetto–Carpineti”. A livello geostrutturale l'area si presenta suddivisa in vari bacini satelliti, poggianti in modo discordante su un basamento liguride, afferente all'unità di Monte Cassio e della val Baganza (sigla fCa).

Da una prima analisi macroscopica, le rocce presenti nella Cattedrale possono essere riferite alla nuova Formazione di Pantano (anche se noi per comodità, continueremo a chiamarle “di Bismantova”) ed in particolare alla sua unità litostratigrafica, contenente prevalentemente areniti di piattaforma esterna.

Il riconoscimento macroscopico dei campioni prelevati dalle colonne, ha evidenziato chiare similitudini tessiturali e cromatiche con la formazione. L'ipotesi è inoltre sostenuta dall'impiego di tali litotipi in vari monumenti storici della città: la Torre di S.Prospiero, le colonne e i capitelli di Palazzo Sacrati in via Emilia S.Pietro e in capitelli e colonne di palazzi di via S.Carlo.

Per verificare questa ipotesi si sono attuati una serie di campionamenti in alcuni sottobacini (Scuran–Vetto–Carpineti e Cerredolo dé Coppi–Casina–Baiso) (vedi Figure 49 - 50) del principale bacino satellite della Formazione di Bismantova, quello di Vetto–Carpineti che si estende a nord fino a Canossa.

La facies tipica dell'unità di Pantano è costituita da arenarie più o meno calcaree e peliti sabbiose di colore grigio o grigio chiaro.

La stratificazione è mal distinta e priva di strutture sedimentarie primarie a causa dell'intensa bioturbazione che crea una cementazione disomogenea e un aspetto nodulare. Il rapporto tra arenaria e pelite è piuttosto vario.

Nell'area di Monte Valestra-Carpineti la base della stratificazione è caratterizzata da litotipi arenacei. Nel resto del bacino la facies dominante è costituita da arenarie sporche, con la frazione pelitica che aumenta verso l'alto della stratificazione.

Significativa all'interno della formazione è la quantità di granuli intrabacinali (30–65%); principalmente bioclasti carbonatici di piattaforma, posta a ridosso di una costruzione corallina. Si individuano frammenti di Coralli, Briozoi, Crinoidi, Gasteropodi, Lamellibranchi, Radioli di Echinidi, pezzi di spugna, alghe calcaree (Litotamni) e una gran varietà di foraminiferi: Globigerine, Anfistegine, Rotalidi, Textularidi ecc.. Presenti anche sporadici frammenti di Glauconite 5%, probabilmente rimaneggiata.

La porzione fine della frazione litica è costituita da rocce metamorfiche (filladi, serpentinoscisti, cloritoscisti) e subordinatamente vulcaniche; rare sono le rocce sedimentarie. La porzione grossolana è formata da rocce plutoniche e metamorfiche e da arenarie. Il cemento è abbondante mentre la matrice (carbonatica e non) è subordinata. In genere i plagioclasti sono alterati in sericite.

Il membro della pietra di Bismantova è costituito prevalentemente da una frazione carbonatica (75-90%) e subordinatamente da una frazione sabbiosa con quarzo, K-Feldspato, plagioclasio, miche, frammenti di serpentinite, filladi e selci.

La roccia è classificabile come una biocalcarenite e rientra nella arenite carbonatiche di età Langhiana.

### **Il Flysch ad Elmintoidi.**

Il colore scuro, la grana fine e la tendenza superficiale di molti conci della controfacciata a sfaldarsi con fratture concoidi, ha fatto ipotizzare la presenza di litotipi diversi da quelli messi in opera nelle colonne. Questi aspetti hanno indotto una seconda campagna di campionamenti, tesa all'analisi del Flysch ad elmintoidi dell'Unità di Monte Cassio.

Il nome “ad Elmintoidi” deriva dagli abbondanti segni di bioturbazione prodotti da vari organismi detritivori (molluschi, antropodi, anellidi, echinodermi); tra i quali i più abbondanti sono denominati elmintoidi e fucoidi<sup>[56]</sup>.

Gli elmintoidi sono tracce meandriiformi prodotte da animali limivori che pastorizzano il fondo. I fucoidi (chondrites), sono gallerie riempite da sedimenti fini scuri.

I Flysch ad elmintoidi calcareo marnoso dell’Unità appartiene al Dominio Ligure esterno. L’analisi dei nanofossili presenti nei sedimenti fa ipotizzare l’inizio della fase sedimentativa nel tardo Campaniano su “un complesso di base” del Giurassico-Cretaceo inferiore, composto da argille caotiche contenenti ofioliti e argille vari colori<sup>[57]</sup>. Tale complesso risultava già deformato da alcuni primitivi movimenti di compressione. L’Unità di Monte Cassio continuò la sua deposizione fino al Paleocene-Eocene medio, successivamente i sedimenti vennero deformati a causa dei movimenti tettonici della fase Liguride.

Il Flysch consiste in torbiditi-marnoso-arenacee con detriti di origine terrigena derivanti da zone di margine continentale<sup>[58]</sup>.

I sedimenti fangosi sono caratterizzati dalla presenza di abbondanti fossili indicativi del periodo e dell’ambiente di sedimentazione. Sono caratteristici del sedimento microfossili del tipo Calpionellidae e abbondanti Spicole di spugna con notevoli tracce di bioturbazione.

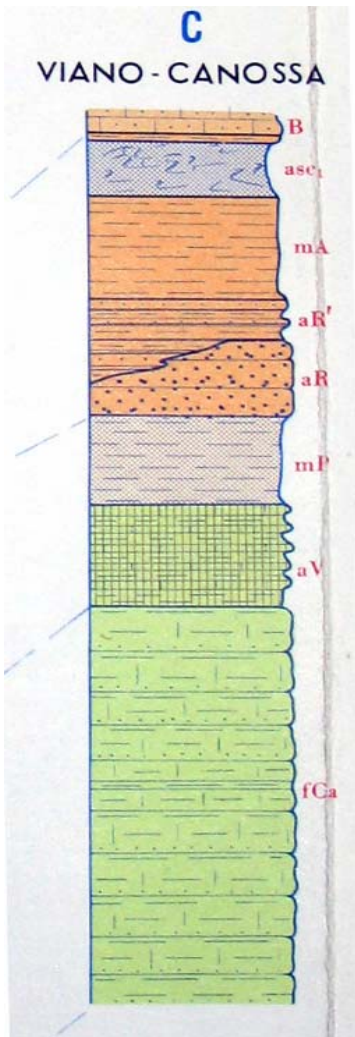


Figura 48 rappresentazione stratigrafica della colonna Viano- Canossa. [59]

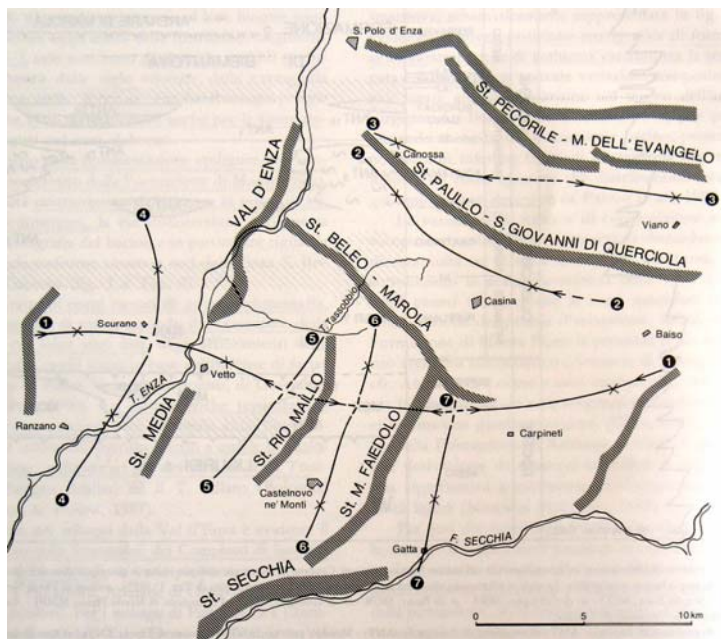


Figura49; Rappresentazione

dei trinci sottobacini individuabili all'interno del bacino satellite Vetto- Carpitetti – Canossa. Le fasce ombreggiate rappresentano le principali strutture che delimitano i sottobacini. [60]

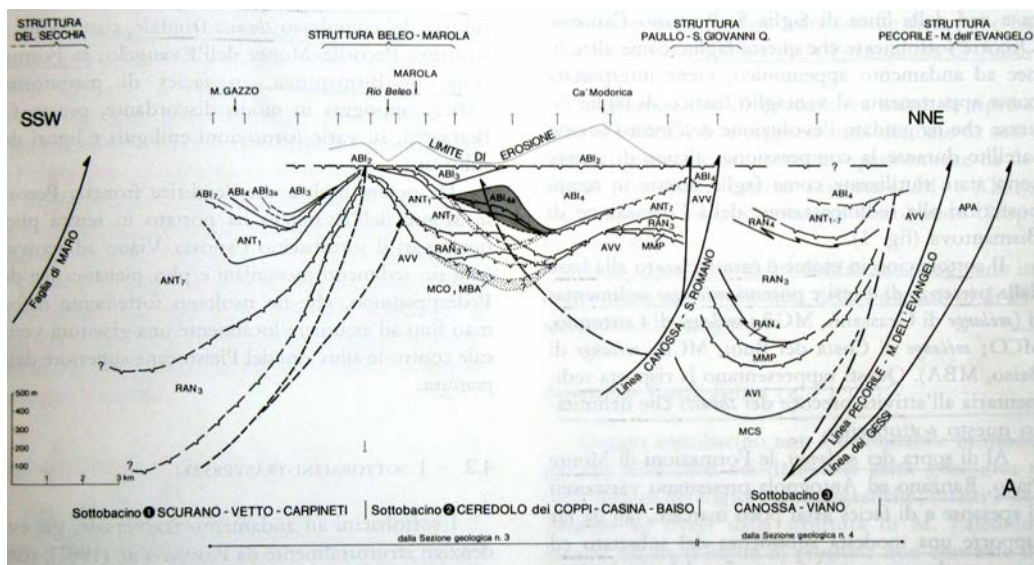


Figura 50; Sezione stratigrafica trasversale del Bacino satellite, costruite sulla base delle sezioni geologiche. [61]

### La pietra di Vicenza

Con il termine “Pietra di Vicenza”, vanno indicati tutti i calcari teneri lavorabili estratti dagli orizzonti Oligocenici dei Colli Berici.

In quel periodo nell’area Berica, si estendeva una laguna ben ossigenata, limitata a NW dal rilievo di Valdagno e a SE da una barriera corallina, corrispondente al margine dei Berici. Da questo ambiente deriva la Formazione di Castelgomberto, frutto di una sedimentazione biochimica ed organogena. I sedimenti tipici di questa formazione sono le “Calcareniti di Castelgomberto”, in cui si riconoscono le seguenti facies:

- facies a melobesie e miliolidi, costituita da calcareniti micritiche moderatamente porose, di colore giallo- grigiastro;
- facies a coralli (coloniali o ramificati), rappresentata da calcari massicci, talora debolmente e grossolanamente stratificati, di colore nocciola chiaro;
- facies della Pietra di Vicenza, costituita da calcareniti nulliporiche di colore bianco latte, a grana fine eterogenea, molto porose.

La roccia risulta quasi completamente costituita da frammenti fossili, con stratificazione pressoché assente o, talvolta formata da bancate di notevole spessore [62].

*Caratteristiche.* La pietra di Vicenza è caratterizzata da una colorazione bianca, da una struttura porosa, con piccole carie rivestite da prodotti ocracei. La grana risulta

eterogenea per la presenza di resti di Alghe e Foraminiferi vari, costituenti uno scheletro abbondante nella matrice fine e carbonatica. Dall'esame microscopico possono essere definite biospariti ricche di micro e macroforaminiferi, Alghe e resti di Echinodermi. A livello chimico e mineralogico, si tratta di calcari molto puri, costituiti essenzialmente da calcite. Il residuo insolubile è estremamente scarso

La pietra ha trovato largo impiego in manufatti del passato, soprattutto a partire dal XV sec. quando ebbe larga diffusione nell'entroterra Veneto, nelle città di Padova, Vicenza; Venezia e nelle "Ville Venete" <sup>[63]</sup>.

### **Il Rosso ammonitico.**

È una roccia sedimentaria comunemente rinvenuta nei territori Veronesi e nel bacino dei Lessini. La sua deposizione iniziò nel Giurassico medio (Baiociano, piano del Dogger) al di sopra dei calcari oolitici, e proseguì per tutto il Giurassico superiore (Malm).

Il rosso ammonitico è costituito da una serie di calcari generalmente nodulari, talora compatti a grana finissima di colore variabile dal rosso al rosa, dal giallo al bianco, ricchissimo di fossili in particolare di Ammoniti.

La pietra si è depositata in un arco temporale ampio, 32 milioni di anni, con sedimentazioni non sempre continue; evidenziata da lacune stratigrafiche e croste limonitiche.

Incerto risulta l'ambiente di deposizione anche se le Ammoniti, animali pelagici, presuppongono un ambiente di mare aperto.

Il rosso ammonitico può venir distinto in Inferiore e Superiore. La differenziazione viene effettuata sulla base delle variazioni verticali della stratificazione.

Nella fase iniziale della deposizione, la profondità delle acque doveva essere di qualche decina di metri, come attestano la presenza di strati di gusci di Posidonomia alpina (un mollusco lamellibranco). In seguito la profondità dell'acqua dovette aumentare raggiungendo le centinaia di metri, come testimoniano gli strati superiori della formazione, caratterizzati da calcari con grana media più fine, talvolta marnosi, interstratificati da livelli di argilla e caratterizzati da fossili di mare aperto.



*Caratteristiche.* Il rosso ammonitico Veronese è costituito da un calcare sedimentario organogeno a grana finissima di colore variabile generalmente dal rosso al rosa, e meno frequentemente, dal giallo al bianco.

Caratteristica della pietra è la presenza di abbondanti noduli prodotti dall'aggregazione di carbonato di calcio che, accrescendo, raggiunge dimensioni centimetriche e colorazione più chiara rispetto alla matrice di fondo. Quest' ultima si compone del carbonato rimanente, ed acquista una colorazione più intensa perché ricca di materiale argilloso. La colorazione della pietra è dovuta alla presenza di piccole quantità di ossidi di metalli (limonite ed ematite) dispersi nella massa di calcare sottoforma di granuli finissimi trasportati nel sedimento all'atto della deposizione <sup>[64]</sup>.



## La Madonna della salute.

Il rilievo di cui seguirà una breve descrizione è stato preso in considerazione perché caratterizzato da un litotipo simile a quelli ritrovati in Cattedrale, al fine di verificare la presenza di scambi commerciali tra le città della pianura padana e il bacino dei Colli Berici.

Si tratta di una lastra con la raffigurazione ad altorilievo di una Madonna con il bambino e ai suoi piedi, sulla sinistra, un fedele in atto di preghiera.

Sopra la testa del fedele inginocchiato si riconosce una scritta in nero “Boso Tacoli”, nome identificativo del devoto. Probabilmente la lastra venne prelevata dal cimitero dei canonici, situato sul lato meridionale della cattedrale, e collocata nel duomo agli inizi del 1500, al momento della realizzazione delle botteghe sul fianco della chiesa.

Attualmente la lastra si trova sull’altare della prima cappella a sinistra e viene venerata come Madonna della Salute<sup>[65]</sup> (Figura 51).

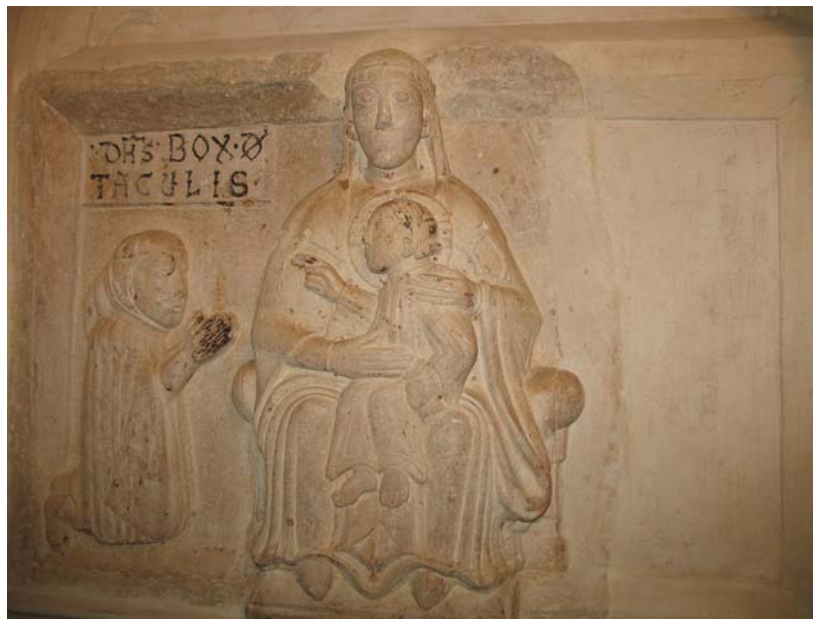


Figura51, Rilievo della Madonna della Salute.



### **Campionamento.**

Il campionamento è stato effettuato nella parte alta del capo della Madonna in un punto che presentava evidenti segni di scalpello. Il Frammento prelevato presenta un colore bianco- latteo e una granulometria grossolana con qualche cristallo di colore giallo.

Figura52 , Campione prelevato dal capo della Madonna.

### **Tecniche di Indagine.**

Il campione è stato sottoposto alle tecniche d'indagine già viste per i campioni del Duomo e dell'Appennino reggiano. Dopo aver preparato una sezione per l'osservazione al microscopio ottico, il reperto è stato analizzato mediante Diffrazione delle Polveri e analisi del residuo insolubile.

### **Descrizione Microscopica**

Il campione prelevato dal rilievo raffigurante una Madonna in trono con bambino e un fedele a livello macroscopico può essere classificata come una calcarenite a grana medio- grossa. Del reperto M è stata eseguita una sezione sottile trasversale, per consentire una precisa analisi petrografica del litotipo mediante osservazione al microscopio ottico a luce trasmessa (OM).

Il campione in sezione sottile mostra una granulometria eterogenea e una classazione scarsa.

La struttura è nettamente isotropa.

La tessitura è clastico - organogena a supporto granulare.

I granuli presentano contatti puntiformi, lunghi, raramente concavo-convessi e suturati.

La porosità è abbondante, prevalentemente intergranulare anche se non mancano esempi intragranulari. I pori hanno forme e dimensioni molto varie con una distribuzione totalmente casuale all'interno della sezione dovuta alla disposizione spaziale dei granuli.

I bioclasti hanno forme e dimensioni molto diverse. I granuli più abbondanti sono costituiti da frammenti di Alghe Rosse. Sono presenti anche Echinodermi, Molluschi, Briozoi e Foraminiferi, tutti con anche dimensioni plurimillimetriche. I contorni dei bioclasti risultano chiaramente identificabili e scarsamente corrosi da dissoluzione e/o risedimentazione.

Il materiale interstiziale prevalente è costituito da micrite. Il cemento è scarso e presente lungo il bordo degli Echinodermi.

La roccia si presenta in un buon stato di conservazione.

### **Tipi di granuli.**

I granuli sono costituiti da bioclasti 70- 80%

### **Bioclasti (70 – 80%)**

**Alghe (40 – 45%).** Sono molto abbondanti. Si riconoscono noduli e frammenti di Alghe coralline Rosse incrostanti (Litotamni), riconoscibili per la struttura interna multi strato consistente in una fitta rete di cellette poligonali, a volte con disposizione leggermente arcuata.

**Echinodermi.** Sono distribuiti su un'ampia gamma granulometrica, da qualche decimo di millimetro a dimensioni plurimillimetriche. Si riconoscono piastrene e radioli, che essendo monocristalli sono avvolti da un orlo di cemento calcitico limpido con crescita sintassiale cioè in continuità ottica. Presentano per lo più un'apparenza pulverulenta, quasi sempre con struttura cribrosa mineralizzata a pirite.

**Molluschi.** Sono rappresentati da frammenti di gusci disarticolati di sezione rettangolare e/o arcuata, con margini subarrotondati. Sono costituiti da calcite spesso parzialmente micritizzata.

**Foraminiferi.** Sono dominanti i Macro-Foraminiferi bentonici a guscio ialino come Nummulitidi (probabili Nummuliti, Assiline, Operculine) e Discocicline.

**Briozoi.** E' presente qualche bioclasto caratterizzato da una struttura a celle, molto ben definite e spazi intragranulari occupati da ossidi e/o cemento microspartico.

### **Altri componenti in quantità accessorie.**

**Pirite.** Pirite autigena framboidale si osserva all'interno dei bioclasti. Si presenta come aggregati di minuti cristalli opachi.

### **Materiale interstiziale.**

**Matrice.** È costituita da micrite di colore bruno. Si distribuisce sia all'interno delle camere dei bioclasti sia tra i granuli.

**Cemento.** Chiaramente riconoscibile è il cemento sintassiale accresciuto in continuità ottica sui bioclasti di Echinodermi. Il cemento si riconosce più raramente tra i granuli mentre non è presente all'interno delle camere di bioclasti.

### **Effetti diagenetici.**

La roccia nel complesso mostra di aver subito processi diagenetici in momenti diversi:

- 7) cementazione calcitica non troppo precoce e non abbondante, testimoniata dai contatti compenetrati e suturati tra i granuli, che suggeriscono una compattazione non ostacolata da cementazione (diagenesi isochimica);
- 8) dissoluzione e alterazione diagenetica tardiva e/o epigenetica e alterazione recente

### **Classificazione**

La roccia si può classificare come un Grainstone a Alghe Rosse, e Echinodermi.

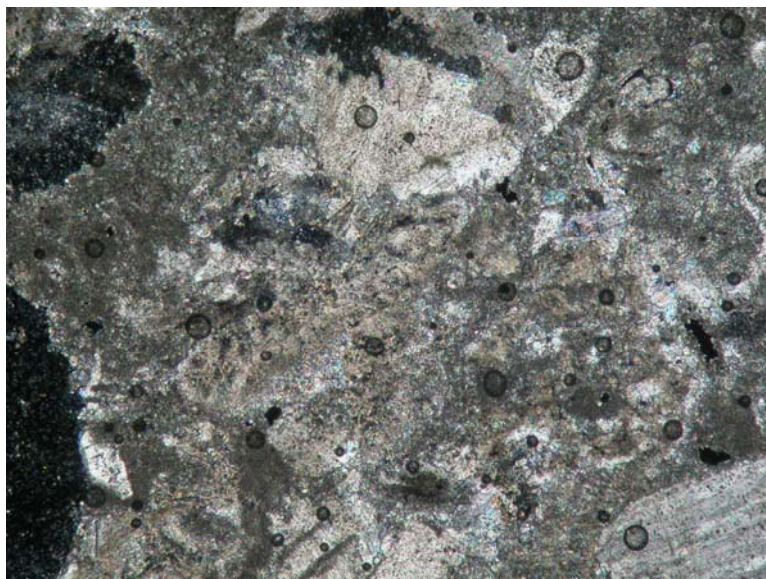
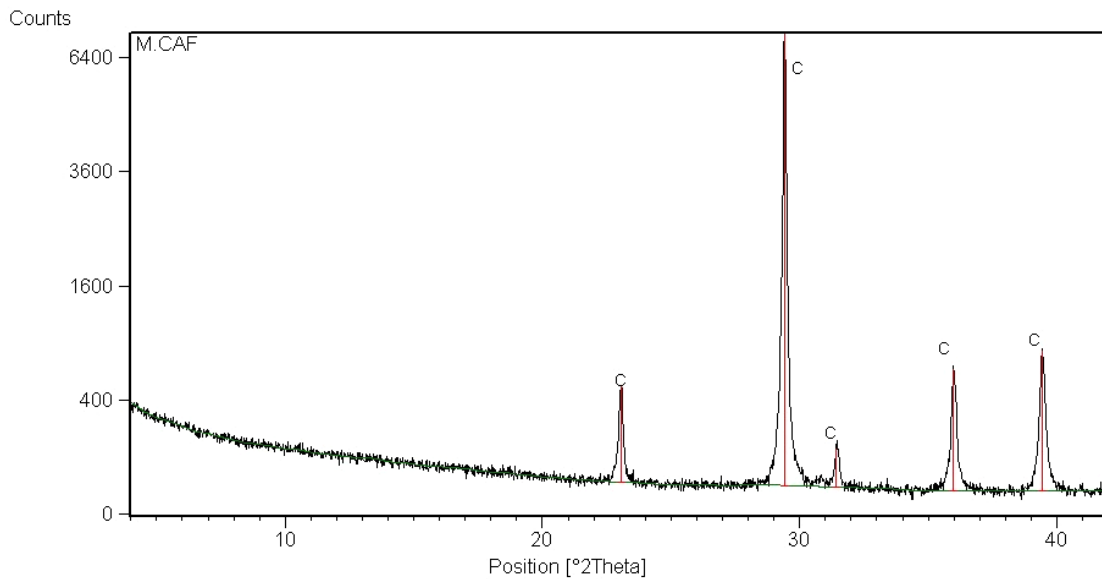


Figura 53, visione del frammento M al microscopio ottico a luce trasmessa, 5x Nicols //. Sono evidenti grossi frammenti di Echinodermi e una matrice.

## Diffrattometria delle Polveri e determinazione del residuo insolubile.



L'analisi diffrattometrica delle polveri ha evidenziato la presenza di una sola fase mineralogica rappresentata dalla Calcite  $\text{CaCO}_3$

Ulteriore conferma della natura carbonatica della roccia viene dalla quantità di residuo insolubile ricavato.

L'analisi è stata condotta su circa 1g di campione e ha dato un residuo insolubile di 0,03g pari al 3% del campione totale.

Confrontando le descrizioni e le analisi condotte tra questo campione e i prelievi Cb7 e Ca13, si può concludere che il rilievo della Madonna è (sia a livello tessiturale che compositivo), del tutto simile alla roccia conosciuta con il nome di “pietra tenera di Vicenza”.

Questo riconoscimento conferma come nell'antichità e per più secoli, nella città di Reggio arrivassero materiali litici anche dal Bacino dei colli Berici.

Note al testo.

- 1 E. Monducci, V. Nironi, *Sulle origini della Cattedrale* in *Il Duomo di Reggio Emilia*, Bizzochi Editore Reggio Emilia, 1984, pp 11-16.
- 2 N. Artioli, *L'origine della cattedrale di Reggio Emilia* in "Ravennatesia VI", Cesena 1977.
- 3 E. Monducci, V. Nironi, pp. 12.
- 4 G. Chierici, *Nota esplicativa scritta sul disegno del pavimento a mosaico trovato nella Cattedrale di Reggio Emilia l'anno 1879*, Museo Civico Reggio Emilia.
- 5 N. Artioli, pp.6
- 6 C. Ricci, *La pittura romanica nell'Emilia*, in "atti della Deputazione di Storia patria per le Province di Romagna", Serie III, IV, I e II, 1886
- 7 G. Ferrari *Restauro e studi della Facciata del Duomo*, in *Italia centrale*, 18 giugno 1894.
- 8 G. Trovabene, *Pavimenti musivi medievali a Reggio Emilia, percorsi racconti e personificazioni*, pp.47-48, pp.49-50.
- 9 A. Calzona, *Curiosum, quod est in Ecclesia [...] penitus evertatur. Cattedrali e mosaici pavimentali a Reggio Emilia Cremona, Pavia*. In *Il medioevo delle Cattedrali, Chiesa e impero: la lotta delle immagini (secoli XI e XII)*, A. C. Quintavalle, Skira editore Milano 2006, pp.291-334.
- 10 E. Monducci, V. Nironi, *Confronti con altre cattedrali romaniche* in *Il Duomo di Reggio Emilia*, Bizzochi Editore Reggio Emilia 1984, pp.19- 25.
- 11 Z. Davoli, V. Nironi, *Antiche strutture della cattedrale di Reggio Emilia*, In "nuove lettere Emiliane", Reggio Emilia, n.1, Gennaio 1962; pp.25-31 .
- 12 E. Monducci, V. Nironi; pp. 24.
- 13 G. Chierici, pp 36.
- 14 E. Monducci, V. Nironi, pp. 24.
- 15 G. Baldini, " *Reggio nell'Emilia: Duomo Vescovado, S. Michele e Battistero, ricerche e testimonianze*" in "Atti e Memorie della Deputazione di Storia patria per le Province di Romagna" Bologna, 1987.
- 16 E. Monducci, V. Nironi, pp. 25.
- 17 N. Artioli, *La Madonna Dorata della cattedrale di Reggio Emilia*, fabbrica del Duomo Reggio Emilia 1959, pp 5- 62.
- 18 E. Monducci, V. Nironi, *Rrestauro Malaguzzi e l'enigma del tiburio* in ; *Il Duomo di Reggio Emilia*, Bizzochi Editore Reggio Emilia, 1984. pag. 27 -33.
- 19 N. Artioli, pp 19
- 20 E. Monducci, V. Nironi, pp.30 .
- 21 G. Chierici, *Nota esplicativa scritta sul disegno del pavimento a mosaico trovato nella Cattedrale di Reggio Emilia l'anno 1879*, Museo Civico Reggio Emilia.
- 22 E. Monducci, V. Nironi, pp. 31-32.
- 23 Z. Davoli, V. Nironi, pp 26-27
- 24 E. Monducci, V. Nironi, pp.28
- 25 E. Monducci, V. Nironi, pp.28



- 26 Z. Davoli, V. Nironi, pp.25.
- 27 E. Monducci, V. Nironi, *La Facciata in Il Duomo di Reggio Emilia*, Bizzochi Editore Reggio Emilia 1984, pp.35- 41.
- 28 E. Monducci, V. Nironi, pp.38 .
- 29 N. Artioli, , pp.18 .
- 30 E. Monducci, V. Nironi, pp. 40
- 31 E. Monducci, V. Nironi, *La Cripta in Il Duomo di Reggio Emilia*, Bizzochi Editore Reggio Emilia, 1984, pp.45- 48.
- 32 Studio Severi, *Cattedrale di S. Maria Assunta*, Relazione Storica, Reggio Emilia.
- 33 E. Monducci, V. Nironi, *Giroldo Fiordibelli e i pittori Manieri in Il Duomo di Reggio Emilia*, Bizzochi Editore Reggio Emilia; pp.61 -69.
- 34 E. Monducci, V. Nironi, pp.67 .
- 35 E. Monducci, V. Nironi, pp. 63
- 36 E. Monducci, V. Nironi, *Il Vescovo Bonfrancesco Arlotti in Il Duomo di Reggio Emilia*, Bizzochi Editore Reggio Emilia; pp.105- 112 .
- 37 E. Monducci, V. Nironi, *La Facciata cinquecentesca e Prospero Sogari in Il Duomo di Reggio Emilia*, Bizzochi Editore Reggio Emilia; pp. 131 -149.
- 38 Z. Davoli, V. Nironi, pp.29-30
- 39 E. Monducci, V. Nironi, *La trasformazione interna di Cosmo Pugliani, in Il Duomo di Reggio Emilia*, Bizzochi Editore Reggio Emilia1984; pp.161-167 .
- 40 E. Monducci, V. Nironi, pp. 162.
- 41 Z. Davoli, V. Nironi, pp..30 .
- 42 Studio Severi, *Cattedrale di S. Maria Assunta*, Relazione Storica, Reggio Emilia. (Ringrazio lo studio Tecnico Severi per la collaborazione, e il materiale fornitomi).
- 43 D. Scortelli, *La diocesi di Orvieto XVI*, in *Il Corpus Della Scultura Altomedievale*, Descrizioni: 64, 71, 72, 79, 100.
- 44 A. K. Porter, *The XI Century, Cubic Capitals in Lombard architecture* , pp. 208-212
- 45 A. K. Porter., *The XI Century, Other capitals in Lombard architecture*, pp 213-215
- 46 A. K. Porter pp.214.
- 47 A. K. Porter. *The XI Century, capitals transitional to gothic in Lombard architecture*, pp. 253-256.
- 48 A. K. Porter. pp.255
- 49 F. Rodolico., *Le pietre delle città d'Italia*, Pietro le Monier, Firenze, 1953.
- 50 F. Rodolico.pp
- 51 J.I Goldstein.; *Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis*, Plenum Press (1981.)
- 52 D. Pasquali, *Spettrometria dei Raggi X di Fluorescenza (XRF), Aspetti Teorici*, Laboratorio di Spettrometria dei Raggi X di Fluorescenza. Dipartimento di Mineralogia e Petrologia Università di Padova.
- 53 AGIP Mineraria, *Microfacies Italiane. S. Donato Milanese, 1959.*

- 54 E Roveri., *Geologia della sinclinale Vetto-Carpinetti (Reggio Emilia)* in *Mem.Soc.Geol.It.* (1966), pp. 5, 241-267.
- 55 Amorosi A., “*Correlazioni stratigrafiche e sequenze deposizionali del Miocene epiligure delle Formazioni di Bismantova*”, in *S.Marino e M.Fumaiolo* (Appennino sett.le. Giornale di Geologia (1992), pp.54 (1), pp.95-105.
- 56 G.Daniele, G. Plesi, “ *The ligurian helmintoid flysch units of the Emilian Appennines:stratigraphics and petrographic features, paleogeographic restoration and structural evolution*” in *Geodinamica Acta* 13 (2000) 313-333.
- 57 L.Vernia, *Itinerario geologico attravrso I luoghi Matildici* in *Natura & Montagna*, unione Bolognese Naturalisti, 2004.
- 58 .Daniele, G. Plesi, pp.314
- 59 E. Costa, Carta geologica 1:100.000 e relative sezioni in *introduzione alla lettura della carata geologica della provinci di Parma*, Università degli studi di Parma Istituto di Geologia 1981.
- 60 M. T. De Nardo, S. Iaccarino, L. Martelli, G. Papani, C. Tellini, L. Torelli, L. Vernia., “*Osservazioni sull’evoluzione dle bacino satellite Epiligure Vetto – Carpiteti\_ Canossa*” in *atti secondo seminario di cartografia geologia*, Bologna 1990, pp.214.
- 61 De Nardo M. T., Iaccarino S., Martelli L., G. Papani, C. Tellini, L. Torelli, L. Vernia..pp. 215.
- 62 Ginevra M., Saralli M., Sedea R.; “*Il Bacino Estrattivo dei Colli Berici*”,
- 63 Cattaneo A., De Vecchi G.P., & Menegazzo Pitturi L.,*Le pietre tenere dei colli Berici*, in atti e Memorie Dell’*accademia Patavina di Scienze, Lettere ed Arti*, LXXXVIII.
- 64 Rossigni F., *I Marmi a Verona*, Associazione Marmisti Veronesi, Verona 1987.
- 65 E. Monducci, V. Nironi, *Il Vescovo Bonfrancesco Arlotti in Il Duomo di Reggio Emilia*, Bizzochi Editore Reggio Emilia; pp.105- 112 .

## Bibliografia:

- AGIP Mineraria, *Microfacies Italiane. S. Donato Milanese, 1959.*
- Amorosi A., “*Correlazioni stratigrafiche e sequenze deposizionali del Miocene epiligure delle Formazioni di Bismantova*”, in S. Marino e M. Fumaiolo (Appennino sett.le. Giornale di Geologia (1992).
- Artioli N., *La Madonna Dorata della cattedrale di Reggio Emilia*, fabbrica del Duomo Reggio Emilia 1959,
- Artioli N. *L'origine della cattedrale di Reggio Emilia* in “*Ravennatesia VI*”, Cesena 1977.
- Baldini G., “*Reggio nell'Emilia: Duomo Vescovado, S. Michele e Battistero, ricerche e testimonianze*” in “*Atti e Memorie della Deputazione di Storia patria per le Province di Romagna*” Bologna, 1987
- Calzona, A. *Curiosum, quod est in Ecclesia [...] penitus evertatur. Cattedrali e mosaici pavimentali a Reggio Emilia Cremona, Pavia.* In *Il medioevo delle Cattedrali, Chiesa e impero: la lotta delle immagini (secoli XI e XII)*, A. C. Quintavalle, Skira editore Milano 2006, pp.291-334.
- Cattaneo A., De Vecchi G.P., & Menegazzo Pitturi L., *Le pietre tenere dei colli Berici*, in atti e Memorie Dell'accademia Patavina di Scienze, Lettere ed Arti, LXXXVIII.
- Chierici G. *Nota esplicativa scritta sul disegno del pavimento a mosaico trovato nella Cattedrale di Reggio Emilia l'anno 1879*, Museo Civico Reggio Emilia.
- Costa E., Carta geologica 1:100.000 e relative sezioni in *introduzione alla lettura della carta geologica della provincia di Parma*, Università degli studi di Parma Istituto di Geologia 1981.
- Daniele G., Plesi G., “*The ligurian helminthoid flysch units of the Emilian Apennines: stratigraphic and petrographic features, paleogeographic restoration and structural evolution*” in *Geodinamica Acta* 13 (2000) 313-333.
- Davoli Z., V. Nironi, *Antiche strutture della cattedrale di Reggio Emilia*, In “*nuove lettere Emiliane*”, Reggio Emilia, n.1, Gennaio 1962
- De Nardo M. T., Iaccarino S., Martelli L., Papani G., Tellini C., Torelli L., Vernia L., “*Osservazioni sull'evoluzione del bacino satellite Epiligure Vetto – Carpiteti\_ Canossa*” in *atti secondo seminario di cartografia geologia*, Bologna 1990.
- Ferrari G. *Restauro e studi della Facciata del Duomo*, in *Italia centrale*, 18 giugno 1894.
- Ginevra M., Saralli M., Sedeo R.; “*Il Bacino Estrattivo dei Colli Berici*”.
- Goldstein J.I.; *Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis*, Plenum Press (1981.)
- Monducci E., Nironi V., *Il Duomo di Reggio Emilia*, Bizzochi Editore Reggio Emilia, 1984.
- Pasquali D., *Spettrometria dei Raggi X di Fluorescenza (XRF), Aspetti Teorici*, Laboratorio di Spettrometria dei Raggi X di Fluorescenza. Dipartimento di Mineralogia e Petrologia Università di Padova.
- Porter A. K., *Lombard architecture*,

- Ricci C., *La pittura romanica nell'Emilia*, in “atti della Deputazione di Storia patria per le Province di Romagna”, Serie III, IV, I e II, 1886
- Rodolico F., *Le pietre delle città d'Italia*, Pietro le Monier, Firenze, 1953.
- Rodolico F., *Le pietre delle città d'Italia*, Pietro le Monier, Firenze, 1953.
- Rossigni F., *I Marmi a Verona*, Associazione Marmisti Veronesi, Verona 1987.
- Roveri. E, *Geologia della sinclinale Vetto-Carpineti (Reggio Emilia)* in *Mem.Soc.Geol.It.* (1966).
- Scortelli D., *La diocesi di Orvieto XVI*, in *Il Corpus Della Scultura Altomedievale*.
- Studio Severi, *Cattedrale di S. Maria Assunta*, Relazione Storica, Reggio Emilia.
- Trovabene G., *Pavimenti musivi medievali a Reggio Emilia, percorsi racconti e personificazioni*.
- Vernia L., *Itinerario geologico attraverso I luoghi Matildici* in *Natura & Montagna*, unione Bolognese Naturalisti, 2004

12 Ottobre 2006

Alla fine di questa tesi desidero ringraziare tutti coloro che, in vario modo, hanno contribuito alla buona riuscita di tale lavoro.

Il mio grazie è rivolto in primis alla Curia di Reggio Emilia e allo studio Tecnico Severi per aver acconsentito allo svolgimento di uno studio presso il Duomo di Reggio.

Un grazie sincero per la costante disponibilità, la premura, l'ospitalità e le escursioni sull' Appennino al Prof. Luigi Vernia, e al Prof. Giorgio Fanzucchi. Al relatore Gianmario Molin, per l'impostazione del lavoro e le costanti revisioni; alla Prof.ssa Giovanna Valenzano, per gli appunti e i suggerimenti sulla parte storica e all' iniziale appoggio offertomi dalla Prof.ssa Valluzzi.

Un sentito grazie al Dottor Simone Benchiarin per la costante partecipazione alla stesura della tesi e alle riletture e correzioni, della Prof.ssa Lucia Bacelle.

Grazie ai tecnici dei laboratori del Dipartimento di Petrografia: al Dott. Aurelio Giarretta, Dott. Federico Forzi, Dott.ssa Daria Pasqual, Dott. Luca Peruzzo e Dott. Tauro.

Un affettuoso ringraziamento anche ad Annarita, ai mille favori, alle chiacchierate e all'aver controllato il mio borsone che, ogni giorno, all'ora di pranzo è finito in portineria.

A mamma Luciana per aver continuato a puntare la sveglia alla mattina presto e aver preparato di nascosto le bomboniere per la laurea e a papà Duilio per essere finito giù in cantina quasi ogni sabato e domenica.

A tutti e due un grande grazie e un abbraccio per avermi permesso di proseguire negli studi universitari e non aver mai fatto mancare nulla.

Un abbraccio, un bacio accompagnato da un tenero grazie a Nicola, per tutti i momenti di felicità e tenerezza che mi fa vivere. Agli aiuti che in questo periodo mi ha offerto, per le tabelle, le foto, i retini, sistemati; perché sa infondermi calma e tranquillità anche nelle giornate più nere. Per aver continuato a sopportare tutti i giorni "no" che hanno preceduto la tesi e per essermi rimasto vicino sempre, anche nei fine settimana (seppur dormendo) passati a scrivere.

Un grazie speciale ai miei nonni, a chi non c'è più e a chi, per motivi di salute, non ha potuto essere presente oggi.

*A tutti gli amici d'infanzia, a chi ho incontrato nella mia carriera scolastica, all'università e ai compagni di corso: grazie, per aver reso bello e particolare ogni momento vissuto assieme, per aver saputo colorare intensamente ogni istante.*

*Infine il mio Grazie più sincero va a tutti coloro che hanno deciso di essere presenti oggi, per festeggiare con me questo traguardo, mettendo da parte gli impegni quotidiani e il lavoro.*

*Con affetto*

*Elena*