



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CATANIA
Dipartimento Di Scienze Geologiche
Dottorato Di Ricerca XXIV Ciclo in Petrografia e Petrologia

**“STUDIO ARCHEOMETRICO DI MACINE IN PIETRA LAVICA
PROVENIENTI DA SITI ARCHEOLOGICI DI MESSINA E PROVINCIA”**

Dott.ssa Marcella Di Bella

Tutor: Prof. Paolo Mazzoleni

Co-Tutors: Proff. Selma Russo e Maurizio Triscari

- **INDICE** -

CAPITOLO 1 – Introduzione	p. 3
CAPITOLO 2 – All'alba dei cereali	p. 6
CAPITOLO 3 – Tipologie di macina	p. 10
CAPITOLO 4 – Siti archeologici di provenienza delle macine studiate	p. 12
4.1 Lo Scavo di Via Catania (prima metà del III secolo a.C. - inizi del III secolo d.C.)	
4.2 Il Relitto di Briga Marina (prima metà del III secolo a.C. - inizi del III secolo d.C.)	
4.3 Il Relitto di Capo Rasocolmo (Spartà, Messina)	
4.4 Il sito di Ganzirri (Insediamento Tardo Romano Proto-Bizantino)	
4.5 Il sito Preistorico di Milazzo (Età del Bronzo Antico)	
CAPITOLO 5 – Campionatura e metodologie analitiche	p. 15
CAPITOLO 6 – Studio Petrografico	p. 18
6.1 Macine preistoriche	
6.2 Macine di Epoca Romana	
CAPITOLO 7 – Analisi in microscopia elettronica	p. 35
7.1 Macine preistoriche	
7.2 Macine di epoca Romana	
CAPITOLO 8 – Studio geochimico	p. 116
8.1 Classificazione e definizione dei litotipi	
8.2 Composizione in elementi maggiori ed in tracce	
8.3 Caratterizzazione dei magmi da cui derivano i prodotti vulcanici studiati	
CAPITOLO 9 – Discussione	p. 128
CAPITOLO 10 – Considerazioni archeometriche e conclusioni	p. 165
BIBLIOGRAFIA	p. 170

CAPITOLO 1

INTRODUZIONE

La presente tesi di dottorato mira ad ampliare il quadro delle conoscenze in ambito archeometrico di una particolare e fino ad ora poco studiata classe di oggetti archeologici litici che è quella delle macine in pietra lavica, provenienti da vari siti della città di Messina e provincia. L'analisi archeometrica prevede la caratterizzazione petrochimica delle litologie utilizzate per la loro costruzione e l'attribuzione di provenienza degli stessi materiali. L'età dei reperti campionati varia ed è compresa tra l'età del Bronzo, l'epoca Romana e quella Proto-Bizantina, varia anche la tipologia dei manufatti strettamente legata all'evoluzione temporale delle tecnologie, partendo dalle rudimentali mole preistoriche, si giunge alle più avanzate mole asinarie adoperate in epoca romana fino al Medioevo. Una cura particolare era destinata alla scelta della cava di pietra lavica, dalla quale si potessero ricavare macine che fossero al tempo stesso tenere, ma resistenti all'abrasione. La maggior parte di questi manufatti erano ottenuti da rocce vulcaniche scoriacee, selezionate per le loro caratteristiche tessiturali e fisiche peculiari, quali elevata resistenza, durezza e buona porosità, facilità di lavorazione e trasportabilità rispetto ad un basalto massivo. A causa del loro elevato peso specifico, inoltre, le macine erano spesso utilizzate come zavorre sulle navi. Questo particolare utilizzo è testimoniato dai ritrovamenti archeologici avvenuti su navi relitte, due casi nel messinese, presi in esame in tale studio, sono quelli dei relitti di Capo Rasocolmo e di Briga Marina.

Lo studio archeometrico di macine di varia età, dai vari siti archeologici del Mediterraneo, rappresenta un mezzo importante per l'identificazione dei siti di produzione di questi manufatti ed anche per tracciare le antiche rotte commerciali storiche e preistoriche (Peacock 1980, 1986, 1989; Ferla et al. 1984; Williams-Thorpe 1988; Williams-Thorpe and Thorpe 1988, 1990, 1991, 1993; Cattani et al. 1997). Sono state riconosciute numerose aree del Mediterraneo, sfruttate soprattutto durante il periodo romano per l'estrazione di roccia vulcanica da utilizzare per la costruzione di oggetti atti alla frantumazione dei cereali, come la Spagna, la Germania, la Francia, l'Italia, il Portogallo, il Marocco, la Tunisia, la Libia e la Turchia (Williams-Thorpe, 1988) e l'Italia con gli esempi del Vulture, di Umbria e Orvieto, della Sicilia (Monti Iblei, Etna, Pantelleria, Ustica, Isole Eolie) e della Sardegna. Alcuni autori (Williams-Thorpe & Thorpe, 2001) hanno fornito mappe di diffusione (Fig. 1.1) delle macine nel bacino Mediterraneo orientale, dalla cui osservazione si desume la nutrita quantità di siti esistenti in Sicilia rispetto al

resto dell'Italia. Ciò dimostra che soprattutto durante l'età imperiale le macine erano ampiamente esportate ed importate da varie province dell'impero.

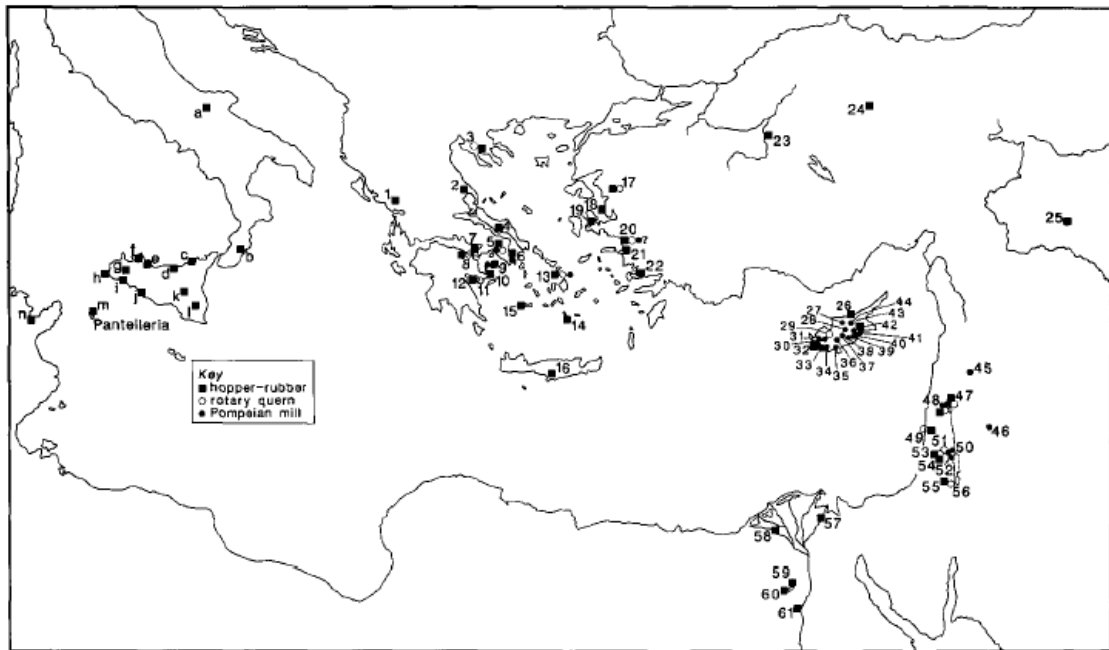


Fig. 1.1 – Da Williams-Thorphe & Thorphe (2001).

Diversi autori si sono occupati dello studio di macine da siti archeologici sia italiani che stranieri. Antonelli et al. (2001) hanno fornito dati archeometrici riguardo a campioni di macine in pietra lavica di epoca romana provenienti da Orvieto, dimostrando per le rocce utilizzate una maggiore provenienza dall'Italia Centrale, Provincia co-magmatica Romana e Marche. Renzulli et al. (2002) si sono occupati dello studio di macine Etrusche-Celtiche e di epoca Romana, provenienti da siti archeologici dell'Italia Centrale, ed hanno proposto una origine delle rocce adoperate dalle aree vulcaniche circostanti la zona di Orvieto che comprendono il Distretto vulcanico dei Monti Vulsini e la provincia Vulcanica Romana. Per altri campioni di macine Romane, gli stessi autori hanno attribuito ai materiali utilizzati una provenienza dai Colli Euganei, dall'Etna e dai Monti Iblei, dimostrando che nel periodo Romano esisteva un ben organizzato commercio di macine nell'ambito del Mediterraneo. In uno studio di macine di Epoca Romana provenienti dai siti archeologici Libici di Leptis Magna e Cyrene, Antonelli et al. (2004) hanno identificato come zone di provenienza degli artefatti, le cave vicino ad Orvieto e per altre le lave dell'Etna, di Pantelleria e minori aree vulcaniche della Libia Centrale, confermando anche in questo caso i fiorenti scambi commerciali esistenti durante l'età Imperiale.

In tale ottica il seguente studio mira a stabilire la provenienza dei materiali adoperati mediante analisi mineralogiche, petrografiche e geochimiche, che consentano di caratterizzare i prodotti vulcanici utilizzati, tramite il confronto dei dati ottenuti con quelli di prodotti affini provenienti dai siti vulcanici italiani e non solo dell'areale Mediterraneo. La realizzazione dello studio è stata attuata dalla collaborazione tra l'Università degli Studi di Catania, l'Università degli Studi di Messina e la Soprintendenza ai Beni Culturali di Messina.

CAPITOLO 2

ALL'ALBA DEI CEREALI

La scoperta dei cereali contribuì nel Pleistocene a rendere più facile la vita e a creare una certa sicurezza fisica e morale. E non senza motivo che la Cultura con l'iniziale maiuscola, quella di interi popoli, e la coltivazione delle piante derivino dalla stessa parola. A partire da quel momento, cominciarono a delinearsi i culti delle dee madri tutelari dei raccolti e delle messi, ormai posti sotto il segno della femminilità feconda. In tali culti si può scorgere sia il ricordo di antiche raccogliatrici, sia un evidente rapporto con il simbolismo generale della donna: le analogie fra il "grembo" della terra e quello materno, o tra la permanenza ciclica della vegetazione e la fisiologia femminile si sono senz'altro affacciate alla mente dei primi agricoltori, tanto più che il grano seminato in autunno richiede nove mesi prima di essere raccolto in estate.

Gli uomini molto primitivi non hanno conosciuto attrezzi per frantumare il grano perché avevano mandibole talmente forti da rompere anche le noci. In seguito, quando la forza della mandibola è retrocessa ed è aumentata l'intelligenza, l'uomo fu costretto a frantumare il grano con delle pietre. Gli uomini del Neolitico divennero stanziali e iniziarono a piantare e coltivare alcuni vegetali. Alcuni ritrovamenti archeologici hanno dimostrato che i cereali (frumento, orzo, segale) venivano seminati e raccolti già 12.000 anni fa ai margini della Mesopotamia, l'odierno Iraq, mentre nell'Europa centrale si iniziò circa 6.000 anni fa.



Fig. 2.1

La cerealicoltura divenne importante per tutto l'occidente, dall'Egitto a Babilonia, dall'antica Grecia a Roma. Nella mitologia greca Demetra è la dea del frumento e delle messi, facilita la germinazione del frumento e ne assicura la maturazione. L'economia greca resta fortemente legata ai cereali e quindi la figura di Demetra diventò importantissima. Per i Romani il mito di Demetra diventò quello di Cerere simbolo della civiltà, del rinnovamento e del rifiorire. Il termine cereale deriva appunto da Cerere dea della terra e dell'agricoltura. Le varietà vestite dei cereali, in cui i chicchi anche dopo la separazione dalla spiga con la trebbiatura restavano racchiusi nelle glume, prima di venire consumati dovevano essere 'denudate': il rivestimento veniva eliminato mediante la pilatura, cioè pestando le cariossidi essiccate in un mortaio con un pestello, entrambi in legno o pietra.

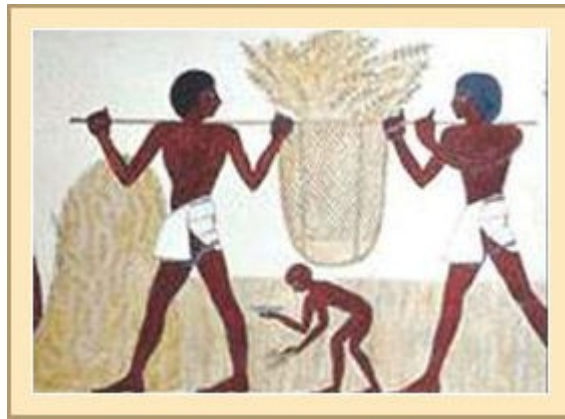


Fig. 2.2

Un'altra tecnica per eliminare le glumelle consisteva nel tostare leggermente le spighe, che potevano essere poggiate su piani di cottura in argilla, su pietre che venivano riscaldate, oppure in forni, o anche bollite in buche foderate di argilla in cui venivano poste pietre arroventate per riscaldare l'acqua. Si tratta di strutture ben documentate nei villaggi pre-protostorici. È quindi più facile che si conservino le varietà vestite, che necessitano di tostatura per il distacco delle glume, e che l'archeologo trova negli scavi sotto forma di resti carbonizzati, che non quelle nude che perdono il loro duro rivestimento spontaneamente durante la battitura. La tostatura di cereali e frutti spontanei prima dell'immagazzinamento poteva essere adottata anche contro l'attacco di muffe e parassiti. I chicchi potevano essere quindi ridotti in farina tramite la macinatura, utilizzando le macine, grandi pietre piatte, sulle quali si sfregava una pietra più piccola, lunga e stretta, il macinello. La materia prima utilizzata per questi strumenti consisteva in rocce dal potere abrasivo. L'uso di macine e macinelli è generalizzato in tutti i periodi della Preistoria e della Protostoria, arrivando fino alla piena età storica.

Raffigurazioni dell'antico Egitto mostrano come questo duro lavoro venisse svolto da schiave, che lo effettuavano inginocchiate sulla pietra per macinare. Così per millenni la macinazione fu sempre compito della donna, anche quando in Oriente si diffusero i molini a mano. Più tardi i molini primitivi furono sostituiti da altri più potenti, poi, nell'Antica Grecia e nella Roma repubblicana, vennero azionati da schiavi oppure da animali come asini e cavalli.

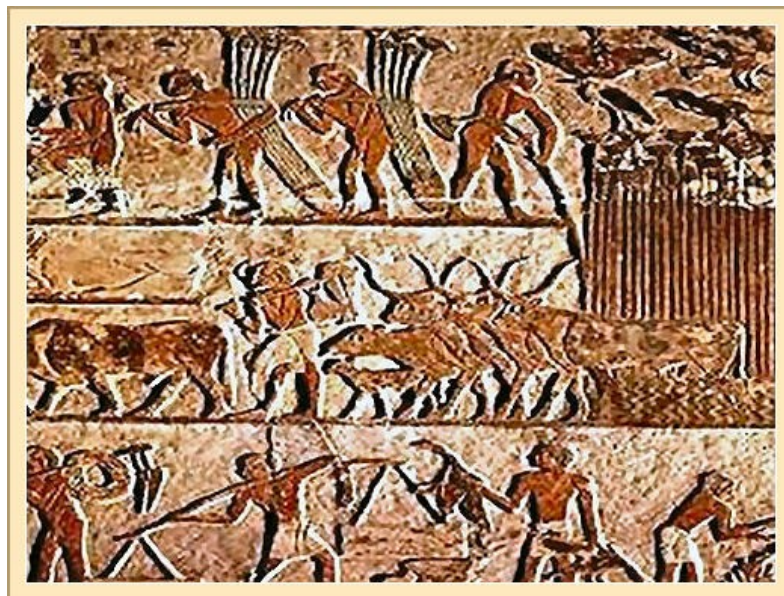


Fig. 2.3

Sicuramente i primi rudimentali mulini derivano dalle macine per cereali ad uso domestico, fatte girare dalla forza dell' uomo. Già dal I Millennio a.C. si trovano tracce di mulini a sella, mulini a mola rotante e mulini a pestelli. I primi mulini a mano preistorici consistevano di un "piatto" di roccia di grande resistenza sul quale veniva sparsa una manciata per volta di frumento. I chicchi venivano frantumati con altra pietra dura, focaia, di forma rotondeggiante o piatta. Le granaglie venivano immagazzinate e conservate in silos sotterranei, ben documentati in molti villaggi neolitici. Si tratta di fosse circolari o pozzetti scavati nel terreno, che talvolta conservano ancora parte dell'originaria chiusura in argilla; le pareti di queste fosse potevano essere rivestite di argilla indurita e arrossata dal fuoco. Probabilmente erano utilizzati anche silos aerei, costruiti con rami rivestiti di argilla. In alcuni casi le granaglie erano raccolte anche in grandi vasi di terracotta o in panieri di vimini intrecciati, conservati in casa, in recinti o in appositi granai.

Nel periodo Romano, l'inizio dell'arte molitoria è nelle mani delle donne e degli schiavi. Il mulino idraulico si diffuse nel mondo Greco - Romano dal 1° secolo a.C. mentre era presente in Cina già dal V secolo a.C. Veniva ubicato in prossimità di corsi d' acqua, rapide, cascate, torrenti, poiché aveva bisogno di tanta acqua per consentire alla macina superiore, collegata con un asse

verticale ad una ruota di pale sulla quale precipitava con violenza l' acqua, di attivare il sistema molitorio. Invenzione antica, il mulino ad acqua é tuttavia medioevale dal punto di vista della diffusione. Tutte le testimonianze indicano il I secolo a.C. come periodo e l'area dell' Oriente mediterraneo come culla dell'invenzione di questa macchina.

CAPITOLO 3

TIPOLOGIE DI MACINA

L'arte molinatoria nasce quindi in relazione alla necessità dell'uomo di macinare i cereali. E' comunque certo che l'arte del macinare non è antica quanto l'uomo, in quanto i nostri più antichi padri si nutrivano presumibilmente di grani interi, ma è sicuramente contemporanea ai primi passi che l'uomo fece nella via della civiltà. Essa è tuttavia riconducibile a quell'epoca generalmente calda e umida nel corso della quale in diverse parti di Europa, gruppi umani passano dallo stato di raccoglitori a quello di produttori di cibo, sviluppando l'agricoltura e introducendo nella propria coltura materiale le innovazioni che contribuiscono a definire il periodo neolitico. Di quest'epoca preistorica, studi moderni hanno potuto ricostruire gli usi e i costumi e fra essi si è potuto anche in alcuni casi appurare con quali congegni l'uomo primitivo era solito macinare il grano. Trattasi di congegni formati da una larga pietra leggermente scavata, davanti alla quale il macinatore di grano si inginocchiava e alla superficie della quale, con le due mani, faceva muovere un cilindro o una pietra di forma ovale chiamata *macinello*, il quale schiacciava il grano a poco a poco (Fig. 3.1). È del resto lo stesso sistema usato tuttora da alcune tribù dell'America del Sud. Anche nell'antico Egitto peraltro non si conobbero altre maniere e al Museo del Louvre di Parigi sono osservabili due statue inginocchiate rappresentanti il mugnaio panettiere egiziano al lavoro.

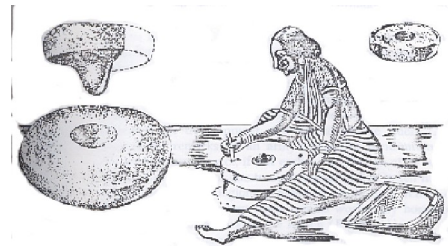
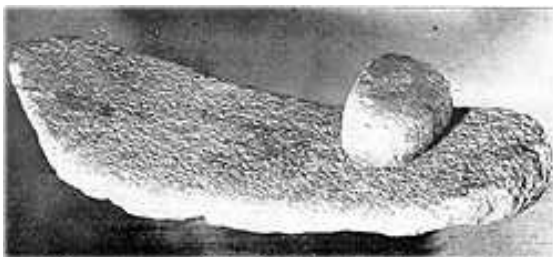


Fig. 3.1 - Da Williams-Thorpe & Thorpe (1988).

Nel tempo dai modelli più rudimentali si è passati dalla *mola manuale trusatilis* spinta dagli schiavi (III sec. a.C.), alla mola a trazione animale pompeiana o asinaria (Fig. 3.2) cosiddetta per l'abbondanza di questi rinvenimenti a Pompei. La vera macina, cioè una pietra cilindrica girante su un'altra pietra fissa della stessa forma, apparve per la prima volta, nel

Mediterraneo. Quest'ultima si compone di una pietra inferiore campaniforme e fissa, *la meta*, che era munita di un foro quadrangolare nel quale era inserito un perno intorno al quale ruotava il *catillus* a forma di clessidra, nel punto più stretto del quale erano presenti delle cavità quadrangolari per l'inserimento delle travi che servivano a far girare la mola. L'intera macina poggiava su una fondazione in muratura di forma circolare di diametro maggiore di quello della *meta*.

La caratteristica che accomuna tutte le tipologie di macina da cereali prima brevemente descritte è la materia prima adoperata per la loro costruzione, la pietra vulcanica. La caratterizzazione e l'identificazione dei siti di approvvigionamento di questo tipo di materiale rappresentano quindi l'obiettivo della seguente attività di ricerca. La posizione geografica insieme a considerazioni di carattere archeologico fanno propendere per una origine eoliana dei materiali vulcanici. Quest'ultima ipotesi è complicata dalla questione scambi commerciali, particolarmente florida al tempo dei romani, tali manufatti erano importati ed esportati dalle varie province dell'impero (Germania, Francia, Italia, Spagna, Portogallo, Marocco, Turchia, Tunisia, Libia). In quest'ottica lo studio servirà oltre che ad identificare i siti di produzione e le relative cave di prelievo anche a tracciare le rotte storico-commerciali nel bacino Mediterraneo.

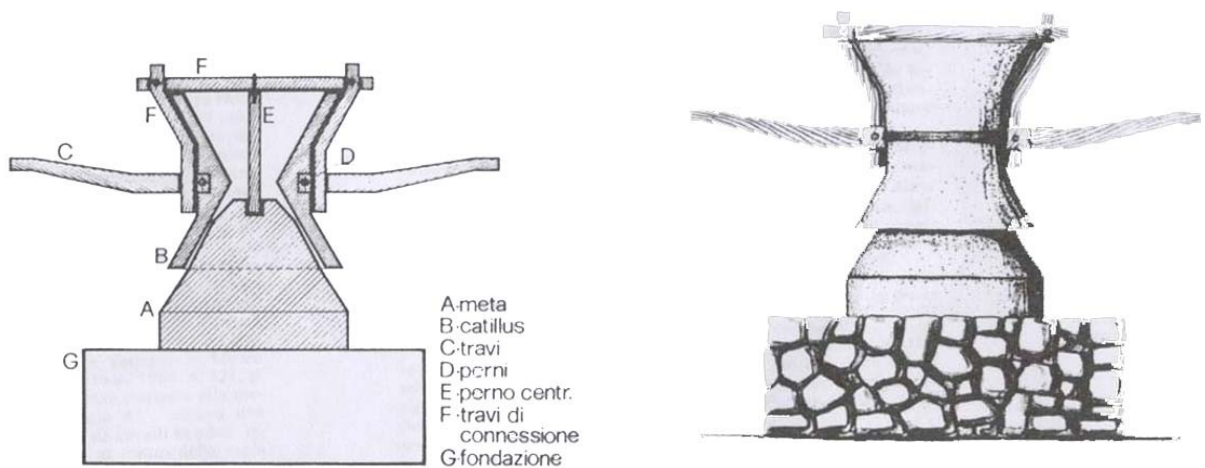


Fig. 3.2– Sezione e prospetto di macina da grano a trazione animale (da Toro A., 1985).

CAPITOLO 4

SITI ARCHEOLOGICI DI PROVENIENZA DELLE MACINE STUDIATE

Sono stati campionati 26 frammenti di macine ed elementi di macina provenienti da siti archeologici di Messina e provincia, forniti dalla Soprintendenza ai Beni Culturali di Messina. In particolare, un gruppo di campioni di macine provengono dallo scavo di Via Catania, da quello di Ganzirri, dal relitto di Capo Rasocolmo (Messina Città) e dalla provincia, dal relitto di Briga Marina ed un gruppo dal sito preistorico di Milazzo.

4.1 Lo Scavo di Via Catania (prima metà del III secolo a.C. - inizi del III secolo d.C.)

Si tratta di un complesso abitativo, caratterizzato da un'articolata storia che ha compreso una fase di costruzione, ricostruzione, ampliamento e abbandono, che si svolse in un arco cronologico compreso tra la prima metà del III secolo a.C. e gli inizi del III secolo d.C., che rappresenta il primo insediamento di quest'epoca esplorato a Messina che assume per tale motivo particolare rilievo. Il sito si trova vicino Gazzi, nelle immediate vicinanze della antica strada extraurbana del Dromo Grande, attuale Via Consolare Valeria, che doveva ricalcare il percorso dell'antica via per Catania. Esso è ubicato inoltre in prossimità dello sbocco nel Mar Ionio del Torrente Gazzi, ai piedi del versante orientale dei Peloritani. Dell'insediamento sono state individuate tre fasi abitative perfettamente distinguibili tra di loro, anche sulla base delle diverse tecniche murarie adoperate per la costruzione. Sono stati rinvenuti reperti archeologici di vario tipo dalle ceramiche, ai vetri, scorie metalliche, ecc. nonché diversi frammenti di macine in pietra lavica (tra cui una meta) molto dei quali riutilizzati per costruire i muri e le strutture interne degli ambienti (Bonanno, 2001).

4.2 Il Relitto di Briga Marina (prima metà del III secolo a.C. - inizi del III secolo d.C.)

I resti del relitto furono rinvenuti a largo di Briga Marina, e nel settembre del 1991, fu effettuata la prima ricognizione per il recupero dei materiali precedentemente segnalati. Il risultato di questa prima ricognizione, evidenziò la presenza di ceramiche da fuoco o comunque

utensili da cucina datati al prima metà del III secolo a.C. e gli inizi del III secolo d.C e degli inizi del secolo successivo. Si tratta di una nave naufragata nello Stretto di Messina, uno dei tratti di mare più trafficati dell'Antichità e tra i più pericolosi del Mediterraneo. Nulla è noto sulle dimensioni e la rotta della nave. Alla luce delle evidenze raccolte in primo momento si ritenne che il carico fosse costituito unicamente da ceramica da fuoco, ma in realtà furono rinvenuti altri oggetti tra cui alcune macine da cereali. (Lentini, 2001)

4.3 Il Relitto di Capo Rasocolmo (Spartà, Messina)

E' stato individuato nell'agosto 1991 presso Capo Rasocolmo, lungo la costa tirrenica del comune di Messina, nel corso della prima campagna di ricognizione subacquea promossa dalla soprintendenza nell'area dello Stretto. L'imbarcazione, affondata con la prua rivolta a Nord Est, su un basso fondale ghiaioso a pochi metri dalla costa, ha restituito soltanto le parti metalliche, che la componevano, soprattutto chiodi in rame ed altri elementi funzionali, oltre ad attrezzature di bordo, come un'ancora di ferro, ecc. Il carico era costituito da un gruppo di quindici elementi di macina in pietra lavica, soprattutto metae (Fig. 4.1), che fungevano da zavorra, da un lingotto di piombo di provenienza spagnola e da altri piccoli oggetti, tra cui monete. Dal 23 luglio al 12 agosto 1996 si sono svolti dei lavori di scavo archeologico e di prospezione nelle acque di Capo Rasocolmo (ME). La nave sarebbe affondata a causa di un incendio sviluppatosi a bordo come testimoniato dalla presenza di parti metalliche parzialmente o totalmente interessate da tracce di fusione, molte delle quali inglobano legno carbonizzato (Bacci, 2001).

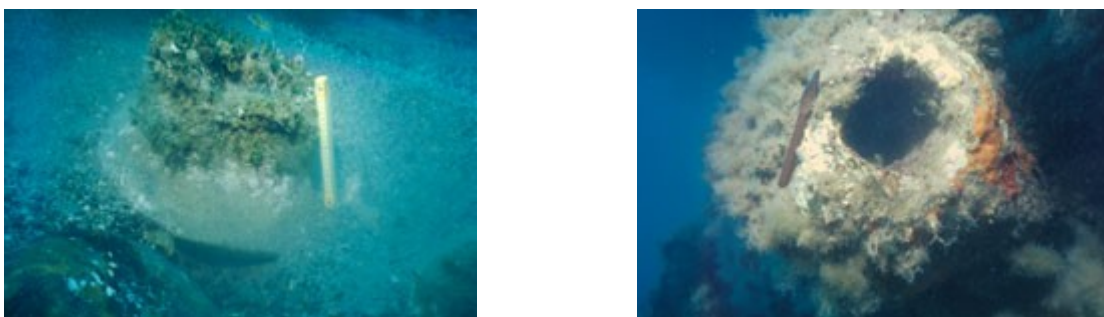


Fig. 4.1 – Immagini delle macine recuperate dal relitto di Capo Rasocolmo.

4.4 Il sito di Ganzirri (Insediamento Tardo Romano Proto-Bizantino)

Nel Villaggio di Ganzirri, ad una decina di chilometri a Nord di Messina, è stato rinvenuto un insediamento tardo romano proto-bizantino, che occupa le prime balze collinari prospicienti il

Pantano Grande, sull'estrema cuspidale nord-orientale protesa sullo Stretto di Messina. Lo studio delle strutture murarie, delle abitazioni, la lettura dei riempimenti asportati, le variazioni planimetriche riscontrate, nonché la tessitura delle stesse strutture murarie, suggeriscono per un utilizzo di tali strutture abitative, in più momenti storici che abbracciano l'estrema fine del IV sec. d.C. e il secolo successivo e ancora la prima età bizantina (II-IV sec. d.C. – metà del VII sec. d.C.). Il materiale rinvenuto include abbondante ceramica fine da mensa, monete, lucerne, manufatti in vetro, soprattutto calici, piccoli oggetti in bronzo ed elementi di macine (meta) (Tigano, 2001).

4.5 Il sito Preistorico di Milazzo (Età del Bronzo Antico)

Lo scavo archeologico ha interessato un'area in cui si svolgevano attività agricole o strettamente connesse ad essa, caratterizzata da una stratigrafia composta da una sequenza di sedimenti di apporto alluvionale costituiti da lenti di ghiaie fini gialle e sabbie finissime grigie ricche di mica. Le evidenze meglio testimoniate risalgono all'età del Bronzo Antico Siciliano. Esse consistono in strutture pozzetti formati da due vasi impilati in sei casi e da tre nel pozzetto.

I sette pozzetti erano disposti in modo irregolare a perimetro di uno spazio in cui si sono messi in luce i resti di attività lavorative presumibilmente legate all'uso agricolo del suolo. L'area di lavoro è ben delimitata e la sua estensione non supera, al massimo della dispersione del materiale, i mq 80. Il deposito antropizzato era composto da ghiaia mista a terreno con una componente argillosa di colorazione bruna. Le attività lavorative sono attestate da una abbondante presenza di macine, strumenti litici in pietra ed in ossidiana. L'industria in ossidiana attesta un'intensa attività di scheggiatura con numerosi strumenti e prodotti scheggiati a cui si lega il rinvenimento di un piccolo deposito di ossidiana grezza. Fra il pietrame sia riutilizzato nelle strutture e sia ancora in uso come strumento di lavoro, vi erano 9 macinelli, 3 macine, 1 mortaio. Questi manufatti su pietra presentano le caratteristiche di una intensa utilizzazione fino al riciclo come elementi strutturali. La materia prima impiegata è in maggior parte una roccia vulcanica a vacuoli che probabilmente veniva prelevata nelle isole Eolie insieme all'ossidiana e alla pomice (Martinelli, 2009).

CAPITOLO 5

CAMPIONATURA E METODOLOGIE ANALITICHE

Sono stati campionati n. 26 frammenti di macine ed elementi di macina (pestelli, metae, ecc.) in pietra lavica, provenienti dai siti archeologici descritti nel capitolo precedente, cortesemente forniti dalla Soprintenda ai Beni Culturali del Comune di Messina. La campionatura dei reperti è stata effettuata prelevando solo esigue porzioni dei manufatti, per due dei campioni infatti non è stato possibile effettuare l'analisi chimica. I prelievi sono stati eseguiti a Messina presso i depositi della stessa Soprintendenza (Chiesa e Magazzino Zanelli) ed a Milazzo presso il deposito del Museo Archeologico (locali della Vecchia Stazione Ferroviaria). I campioni sono stati suddivisi in due gruppi sulla base della differente età. Il primo gruppo comprende 16 campioni provenienti dai siti di Via Catania (VCT1÷VCT8), Capo Rasocolmo (CR1, CR2, CR3) e Briga Marina (BRM1, BRM2, BRM3) che sono stati datati al Periodo Romano e in tale gruppo è stato inserito anche l'unico campione proveniente dal sito di Ganzirri che è stato datato come da Tardo Romano Proto-Bizantino. L'altro gruppo include 11 campioni (MIL1÷MIL11) provenienti dal sito preistorico di Milazzo risalenti precisamente all'Età del Bronzo Antico. Di seguito è riportato l'elenco dei campioni con le relative sigle:

Campioni	Provenienza	Dati scavo	Oggetto	Stato di conservazione	note
VCT1-VCT2-VCT3-VCT4-VCT5	V. Catania, nn 234-246	Cass. 17	Elementi di macina	5 frammenti	Ultimi decenni del I sec. a. C. – seconda metà del Sec. d.C.
VCT6	V. Catania, nn 234-246	Cass. 14	Elementi di macina	2 frammenti	“
VCT7	V. Catania, nn 234-246	Cass. 12?	Macina per olive?	1 frammento	“
CR1-CR2	Capo Rasocolmo (Spartà)	Due campagne di scavo 1991 e 1996	8 o 9 elementi (soprattutto metae) di macine	Vari	
CR3	?	Rinvenimento subacqueo – n. 36	Meta	Integra	inedita

GZ	Ganzirri	18-03-05, sett. 2-04, cass. 8, vano 2, US 213, da -2,21	Meta	Integra	Dalla fine del V ala metà del VII sec. d. C. inedita
MIL1÷MIL11	Milazzo, Piazza XXV Aprile (Me)	Marzo 2004	Elementi di macina		Età del Bronzo Antico

Per i frammenti di macina in studio, sono state preparate la corrispondente sezione sottile, quella lucida e la polvere, presso il Laboratorio per sezioni sottili e per polveri del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Messina.

Le sezioni sottili di tutti i 26 campioni studiati sono state utilizzate per effettuare l'indagine petrografica tramite utilizzo di microscopio ottico in luce polarizzata e lo studio microanalitico delle fasi minerali caratterizzanti, mediante l'utilizzo di microscopio elettronico a scansione. Le polveri di 24 dei campioni esaminati, sono state poi sottoposte ad analisi chimica per determinare il contenuto in elementi maggiori ed in alcuni degli elementi in traccia, tramite utilizzo della tecnica analitica XRF (X Ray Fluorescence). L'esigua quantità di campione non ha reso possibile lo svolgimento dell'analisi chimica dei frammenti di macina MIL8 e MIL10.

Le tecniche e le procedure analitiche utilizzate per lo studio dei campioni di macine sono:

- SEM-EDS, presso il Laboratorio di Microscopia Elettronica del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Messina. Il microscopio elettronico utilizzato è un LEO S420 accoppiato ad uno spettrometro a dispersione di energia (EDX) Oxford Link ISIS Serie 3000 con un detector Si(Li) raffreddato ad azoto, sistema che presenta una risoluzione di 156 eV (con standard cortesemente forniti dal Prof. Eugene Jarosevich). Condizioni analitiche adoperate: corrente del filamento di circa 600 pA, differenza di potenziale di 20 kV e distanza di lavoro di 19 mm.
- Spettrometria in Fluorescenza X (XRF), presso il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Modena e Reggio Emilia, per determinare la chimica totale della roccia sia in termini di contenuto in elementi maggiori che di alcuni degli elementi in tracce. La determinazione del contenuto di elementi maggiori (SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , FeO_{tot} , MnO , CaO , K_2O , P_2O_5) dei 62 campioni di vulcaniti di Linosa e dei 25 campioni di vulcaniti di Capo Passero, Augusta e Siracusa sono stati determinati per XRF mediante un'apparecchiatura Philips PW 1400, presso il Laboratorio di Analisi delle Rocce del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Perugia. Le concentrazioni di ciascun elemento sono state calcolate utilizzando

il metodo proposto da Franzini & Leoni (1972) basato sulla correzione globale degli effetti di matrice. Analisi ripetute effettuate da Tommasini (1993) su standard internazionali hanno dato una precisione analitica di 0.3%, per Si e 0.1% per gli altri elementi maggiori. Le concentrazioni di MgO e Na₂O sono state ottenute per analisi in spettrofotometria per assorbimento atomico (AAS) e di emissione di fiamma (FES), dopo avere portato il campione in soluzione mediante attacco con acidi perclorico e fluoridrico. FeO è stato determinato per titolazione: la polvere di roccia è stata attaccata a caldo con acido fluoridrico e solforico e poi titolata in ambiente acido con una soluzione di permanganato di potassio. La perdita alla calcinazione (LOI), che comprende H₂O ed altri componenti volatili, è stata determinata per differenza di pesata tra l'aliquota di polvere di roccia tal quale (circa 1g) e la stessa calcinata a 900°C per alcune ore.

La precisione analitica di $\pm 5\%$ per Rb e Sr, del 10% per gli altri.

CAPITOLO 6

STUDIO PETROGRAFICO

Lo studio petrografico in sezione sottile è stato effettuato tenendo conto della suddivisione per età e sito archeologico dei reperti: dell'età del Bronzo Antico provenienti dal sito archeologico di Piazza XXV Aprile presso la città di Milazzo; reperti di epoca romana provenienti dal sito archeologico di Via Catania a Messina e dai relitti di Capo Rasocolmo, Briga Marina e Ganzirri.

I risultati dello studio petrografico hanno evidenziato una certa eterogeneità dei litotipi sia fra i gruppi che nell'ambito dello stesso gruppo. Le caratteristiche petrografiche dei due gruppi di macine sono state discusse separatamente.

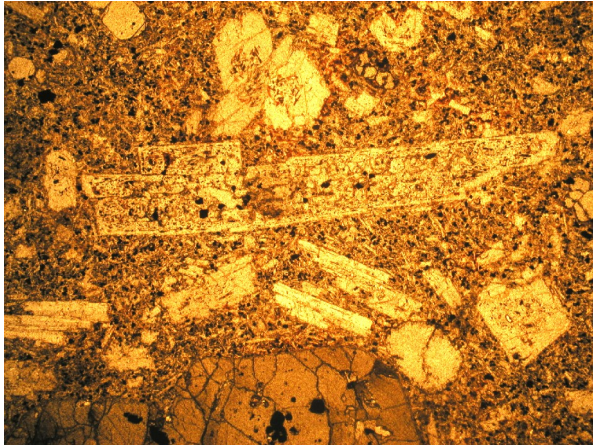
L'analisi petrografica dei 26 frammenti di macine studiati ha permesso una prima classificazione dei litotipi, consentendo di definirne le paragenesi e le strutture che sono di seguito accuratamente descritte e interpretate.

6.1 Macine Preistoriche

Sono stati analizzati 11 frammenti di macine provenienti dal sito archeologico di Milazzo, Piazza XXV Aprile. L'analisi petrografica ha evidenziato per 8 di essi (MIL1, MIL4, MIL5, MIL6, MIL8, MIL9, MIL10, MIL11) una discreta omogeneità strutturale e composizionale, solo due si sono mostrati differenti (MIL2, MIL7).

I primi 8 campioni, che rappresentano il gruppo più consistente, mostrano una struttura (Fig. 6.1A-B-G-H-I-L-M-N-Q-R-S-T-U-V-Z-W) caratterizzata da un elevato indice di porfiricità, con abbondanti vacuoli, costituiti da più generazioni di fenocristalli di plagioclasio, pirosseno e minore olivina. La massa di fondo ha struttura da intersertale a vitrofirica, con microliti di prevalente plagioclasio, minore clinopirosseno e variabile quantità di minerali opachi, tutto immerso in una porzione vetrosa scarsamente decifrabile al microscopio ottico. I fenocristalli di plagioclasio mostrano in tutti i campioni un habitus prevalentemente subedrale e subordinatamente euedrale, sono zonati e geminati e solitamente caratterizzati da struttura sieve con inclusioni vetrose concentrate nella porzione interna del cristallo. Nel campione MIL7 (Fig. 6.1O-P) in particolare appaiono in cristalli anedrali abbastanza alterati, tipo uralitizzati, mostrano infatti chiazze scure disposte a macchia di leopardo sia lungo il bordo che all'interno degli stessi cristalli. Il clinopirosseno è presente in cristalli subedrali ed euedrali di colore da marrone a

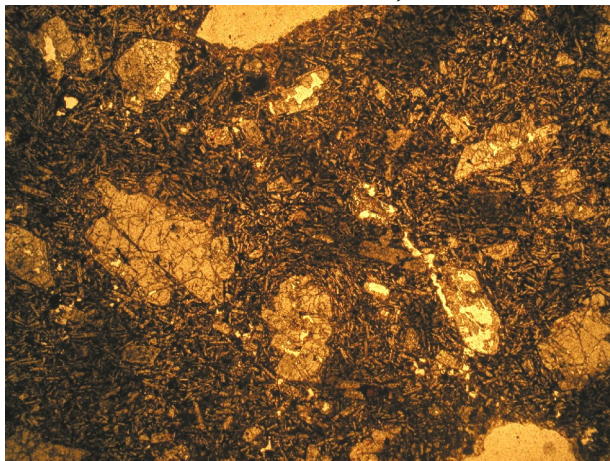
verde-marrone, in buona parte dei campioni è presente anche ortopirosseno in cristalli di piccola-media dimensione e di colore verde bottiglia. Il MIL2 è costituito quasi esclusivamente da microfenocristalli di plagioclasio, con subordinato clinopirosseno verde-marrone scuro, immersi in una massa di fondo a struttura intersertale.



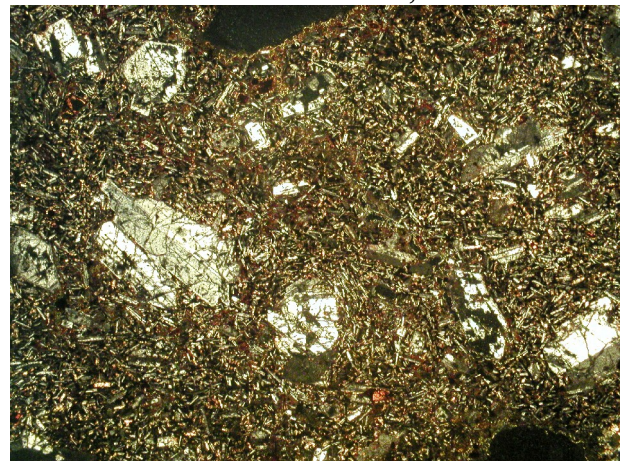
A - MIL1 – Nicol //, 25X



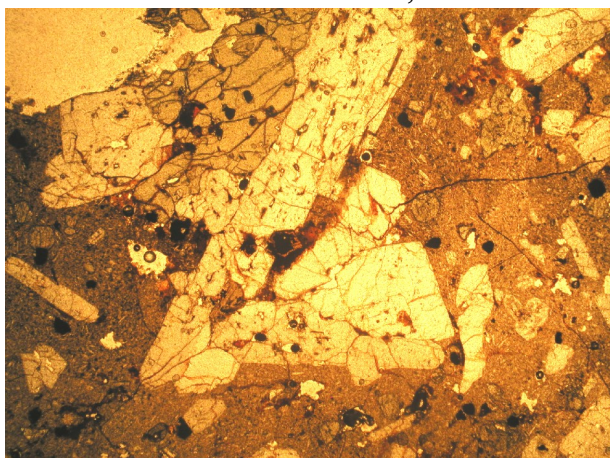
B - MIL1 – Nicol +, 25x



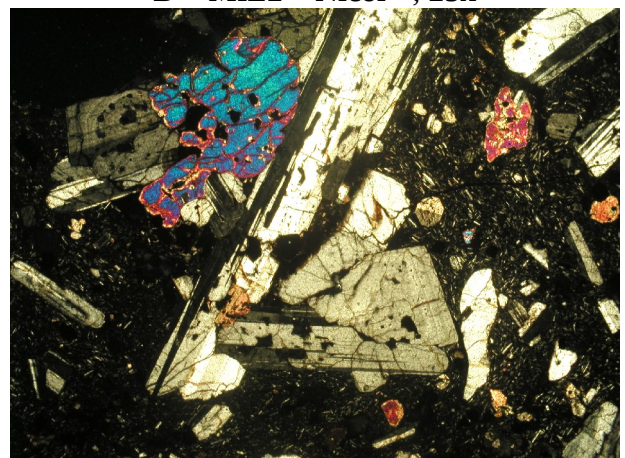
C – MIL2 – Nicol //, 25x



D – MIL2 – Nicol +, 25x

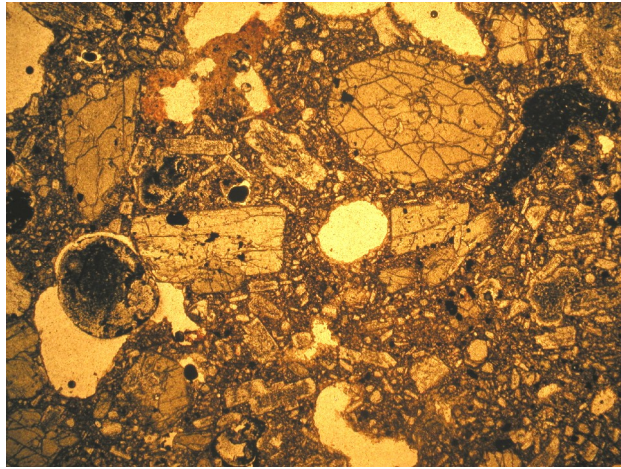


E – MIL3 – Nicol //, 25x

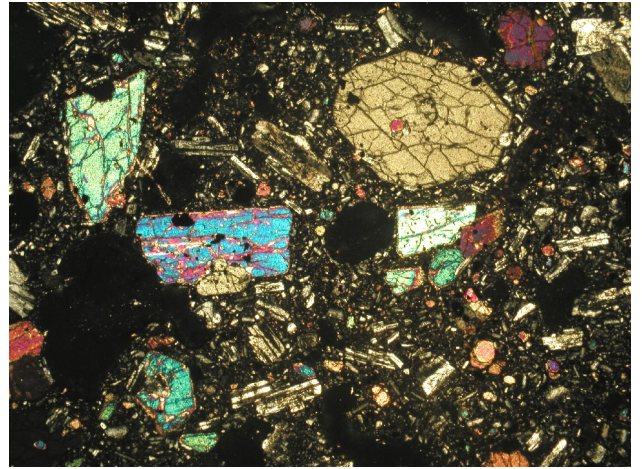


F – MIL3 – Nicol +, 25x

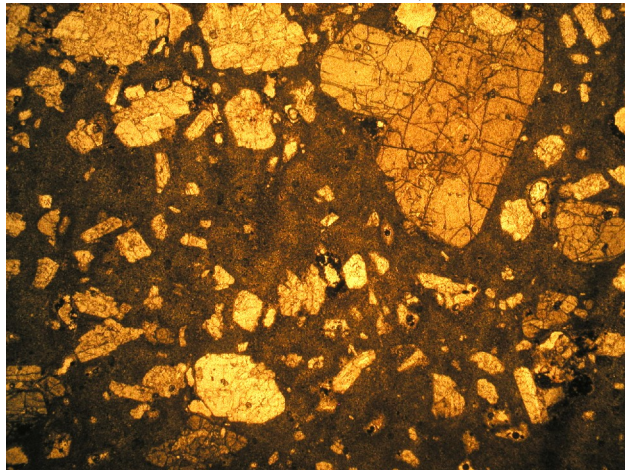
Fig. 6.1 – Microfotografie dei campioni di macine preistoriche. A sinistra a nicol paralleli, a destra a nicol incrociati.



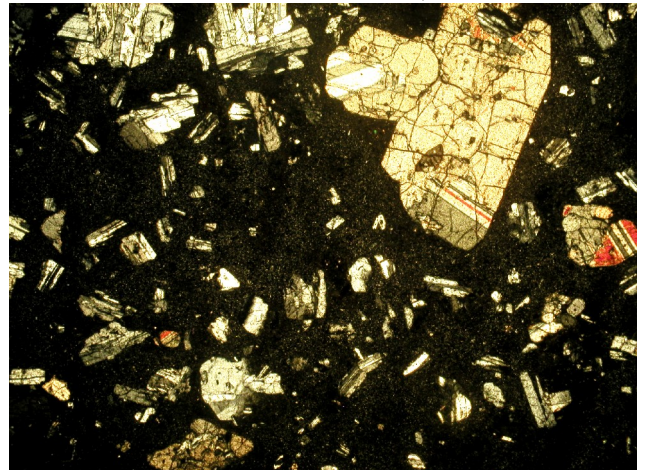
G – MIL4 – Nicol //, 25x



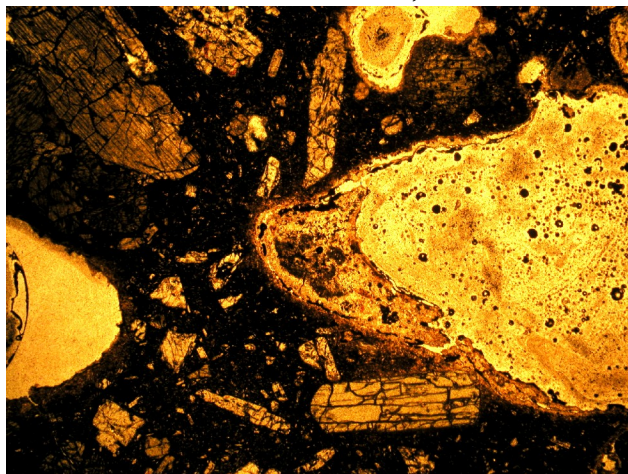
H – MIL4 – Nicol +, 25x



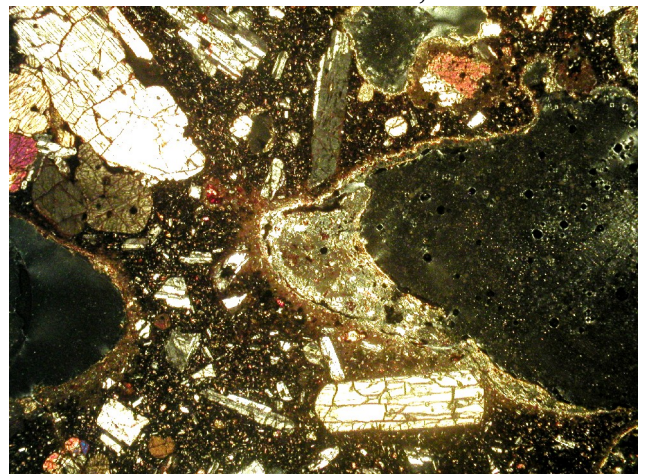
I – MIL5 – Nicol //, 25x



L – MIL5 – Nicol +, 25x

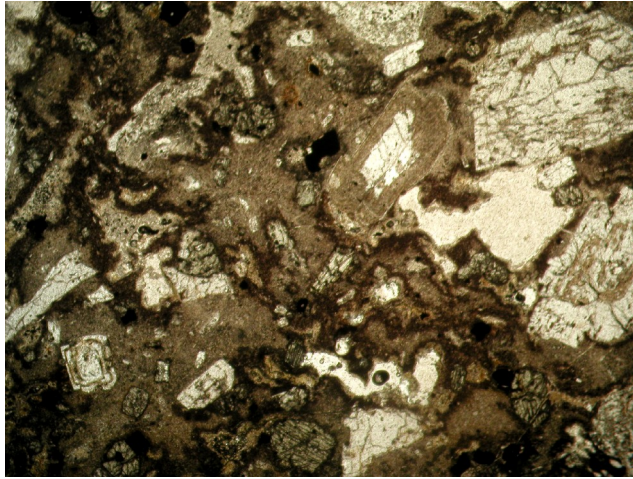


M – MIL6 – Nicol //, 25x

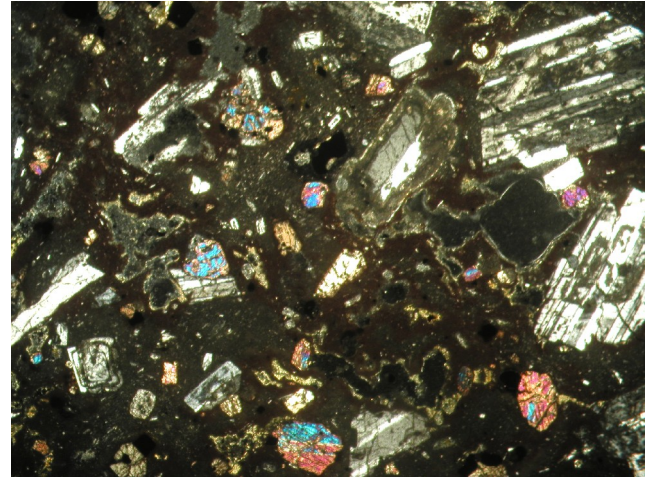


N – MIL6 – Nicol +, 25x

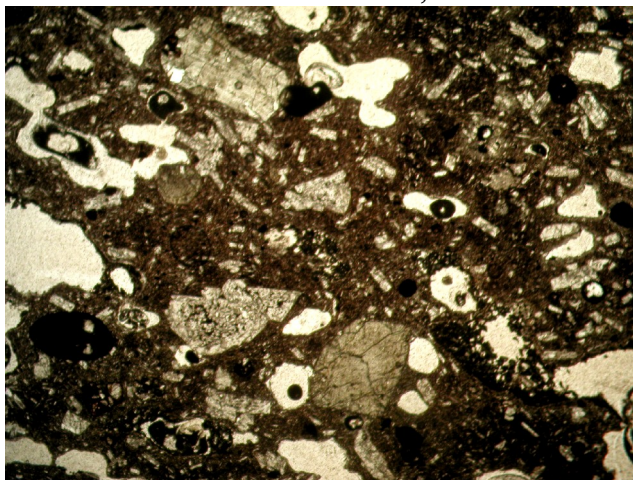
Fig. 6.1 – Continua.



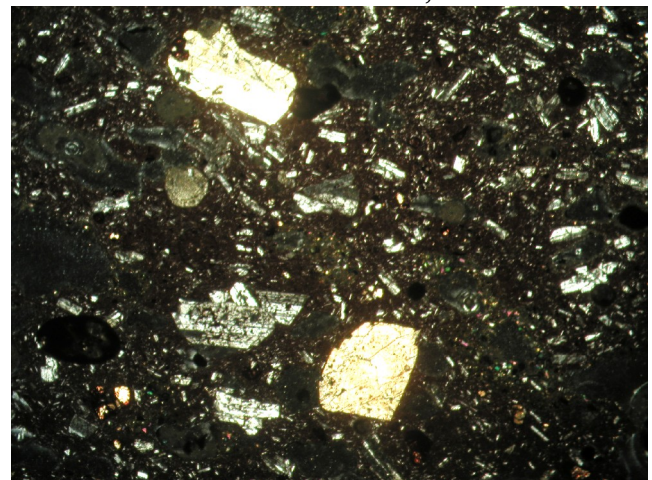
O – MIL7 – Nicol //, 25x



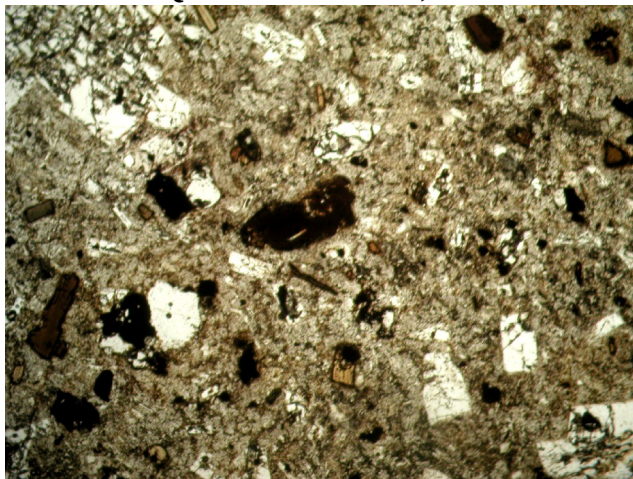
P – MIL7 – Nicol +, 25x



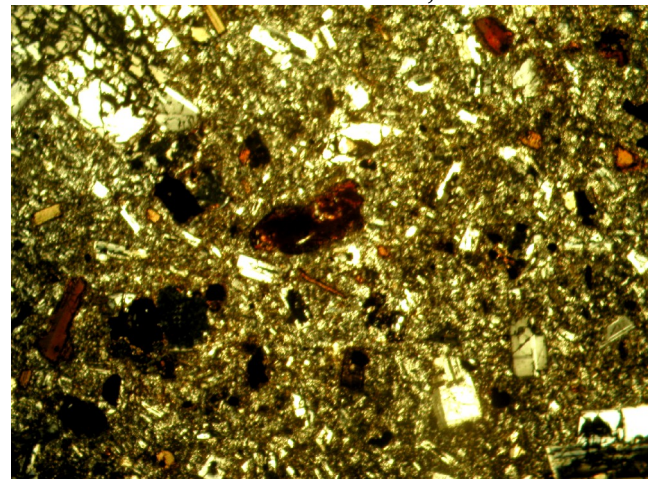
Q – MIL8 – Nicol //, 25x



R – MIL8 – Nicol +, 25x



S – MIL9 – Nicol //, 25x

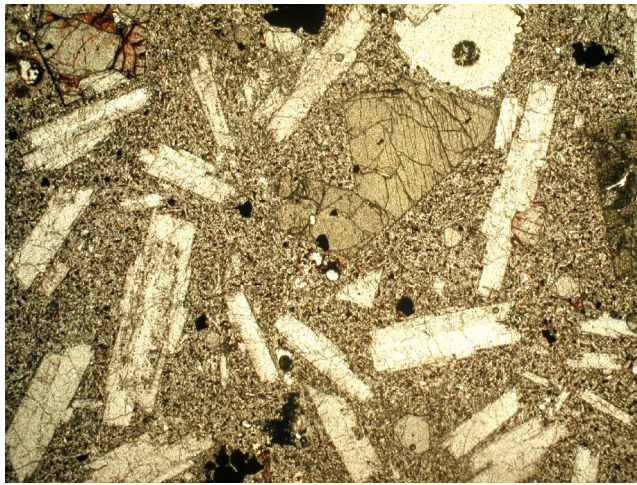


T – MIL9 – Nicol +, 25x

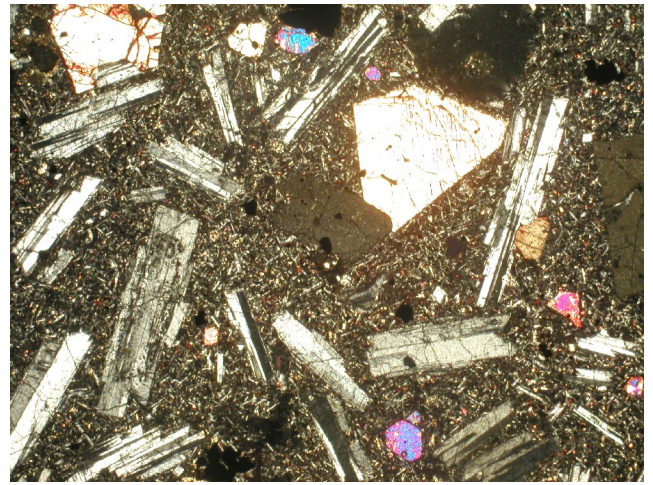
Fig. 6.1 – Continua.

L'olivina è presente in rari cristalli da euedrali a subedrali, frequentemente alterata al bordo o lungo le fratture. In tale gruppo i campioni MIL5, MIL6, MIL7, MIL8 e MIL11 mostrano una massa di fondo fortemente ossidata e di colore rossastro, mentre i campioni MIL2 e MIL3 si discostano dagli altri fundamentalmente per la paragenesi che comprende plagioclasio,

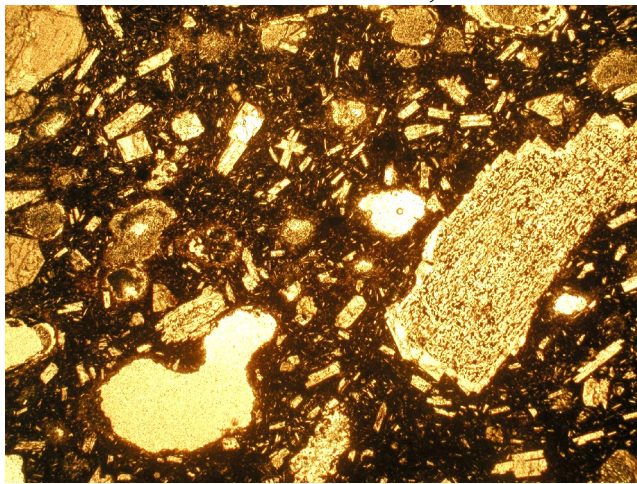
clinopirosseno e minore biotite.



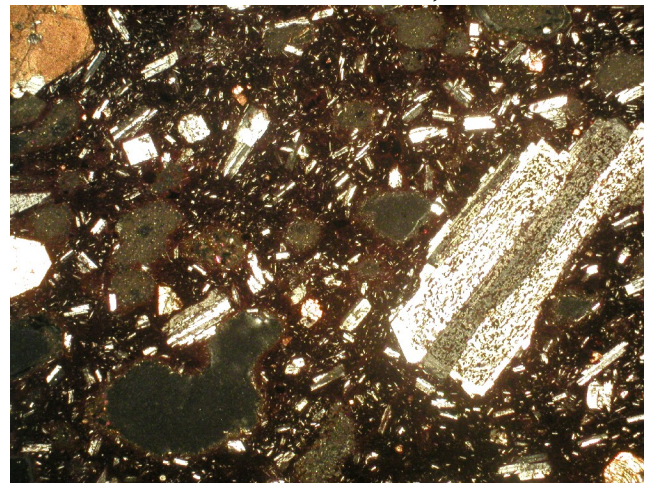
U – MIL10 – Nicol //, 25x



V – MIL10 – Nicol +, 25x



Z – MIL11 – Nicol //, 25x



W – MIL11 – Nicol +, 25x

Fig. 6.1 – Continua.

6.2 Macine di Epoca Romana

Sono state definite le caratteristiche petrografiche dei frammenti di macina provenienti dai siti archeologici di Via Catania (serie VCT), dai relitti di Capo Rasocolmo (serie CR), Briga Marina (serie BRM) e Ganzirri (campione GZ).

I campioni della serie VCT1 – VCT8 (Fig. 6.2 A–B–C–D–E–F–G–H–I–L–M–N–O–P–Q–R–S) provenienti dal sito di Via Catania, i campioni CR1, CR2, CR3 (Fig. 6.3 A–B–C–D–E–F) provenienti dal relitto di Capo Rasocolmo, i campioni BRM1, BRM2 e BRM3 (Fig. 6.4 A–B–C–D–E–F) provenienti dal relitto di Briga Marina e il campione GZ (Fig. 6.5 A–B) proveniente dal sito di Ganzirri, hanno mostrato caratteristiche petrografiche abbastanza eterogenee, soprattutto

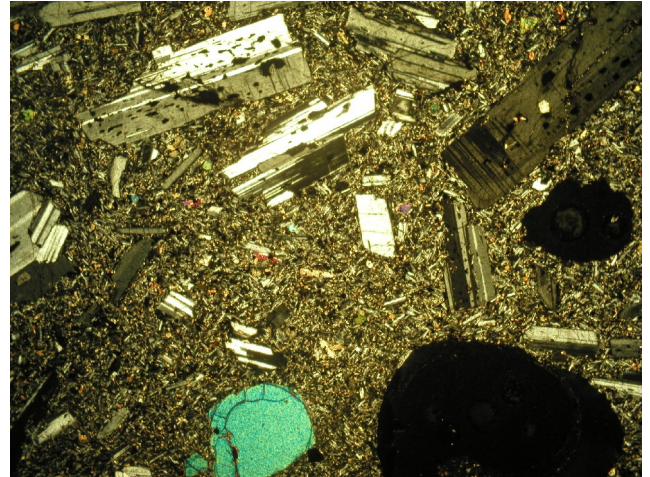
dal punto di vista della paragenesi.

In generale tutti questi campioni sono caratterizzati da un indice di porfiricità variabile da medio ad elevato, con abbondante presenza di vacuoli e più generazioni di cristalli che comprendono variabili quantità di fenocristalli di plagioclasio, olivina e pirosseno immersi in una massa di fondo a struttura prevalentemente intersertale costituita dalle stesse fasi presenti in fenocristalli con frequente prevalenza dei microliti di plagioclasio rispetto ai grani di femici.

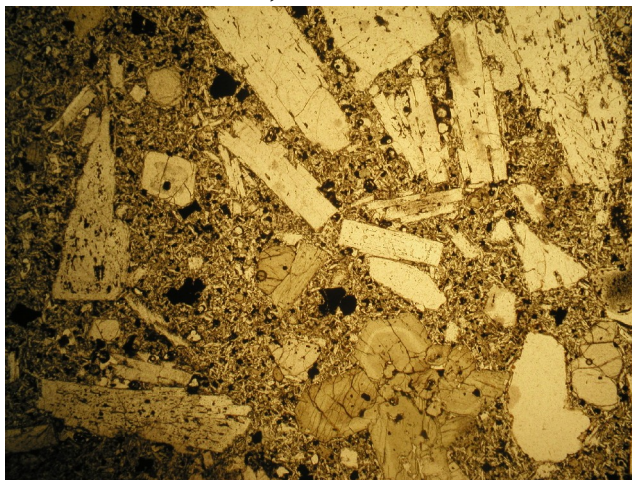
Nell'ambito dei campioni della serie VCT, il gruppo composto da VCT1 (Fig. 6.2 A-B), VCT2 (Fig. 6.2 C-D), VCT3 (Fig. 6.2 E-F), VCT4 (Fig. 6.2 G-H), VCT7 (Fig. 6.2 O-P) e VCT 8 (Fig. 6.2 Q-R) risulta omogeneo dal punto di vista della struttura e dell'elevato indice di porfiricità, con presenza di prevalenti fenocristalli di plagioclasio e abbondanti e variabili olivina e clinopirosseno. I campioni VCT5 (Fig. 6.2 I-L) VCT6 (Fig. 6.2 M-N) e VCT7 (Fig. 6.2 O-P) mostrano una struttura leggermente diversa rispetto ai precedenti con un medio-basso indice di porfiricità e quantità inferiori di fenocristalli di plagioclasio rispetto ai femici nell'ambito dei quali prevale il pirosseno. Il plagioclasio è in fenocristalli euedrali, solo alcuni sono subedrali, è spesso zonato e geminato ed anche in questo caso mostra struttura sieve, con inclusioni vetrose diffuse soprattutto nella parte centrale del cristallo. Il VCT7 è in particolare caratterizzato dalla presenza di grossi fenocristalli di feldspato alcalino dall'aspetto corroso, che è geminato e caratterizzato da un habitus irregolare con bordi smussati e spesso fratturato. L'olivina è presente in prevalenti microfenocristalli, subordinatamente in cristalli di grosse dimensioni, da euedrali e subedrali, in alcuni casi come nei campioni di CR1 e CR2 è alterata al bordo e lungo le fratture in iddingsite. Non è stata rinvenuta nei campioni CR3 e BRM1. Il clinopirosseno è presente in tutti i campioni analizzati anche se in quantità variabile, in cristalli da subedrali ad euedrali, di colore verde-marrone, zonati, spesso geminati ed aggregati a formare con plagioclasio e/o olivina aggregati glomeroporfirici.



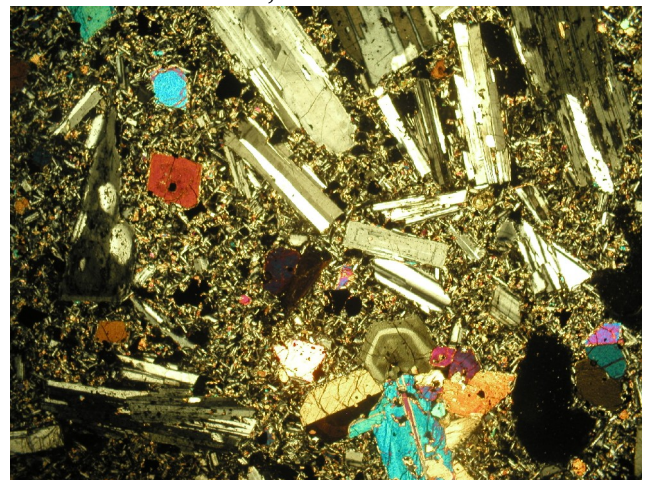
A – VCT1 – Nicol //, 25x



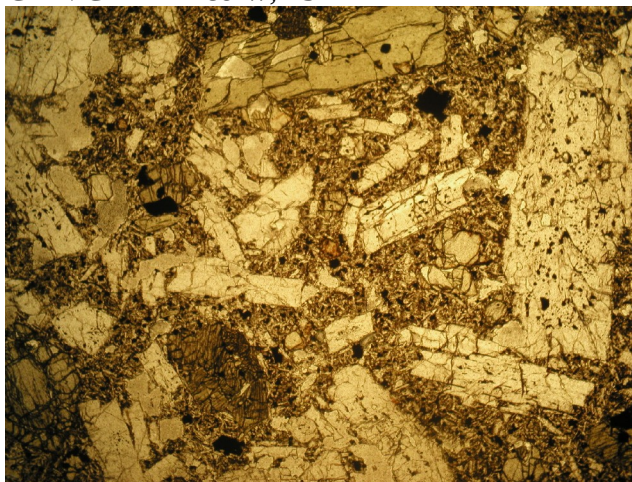
B – VCT1 - Nicol +, 25x



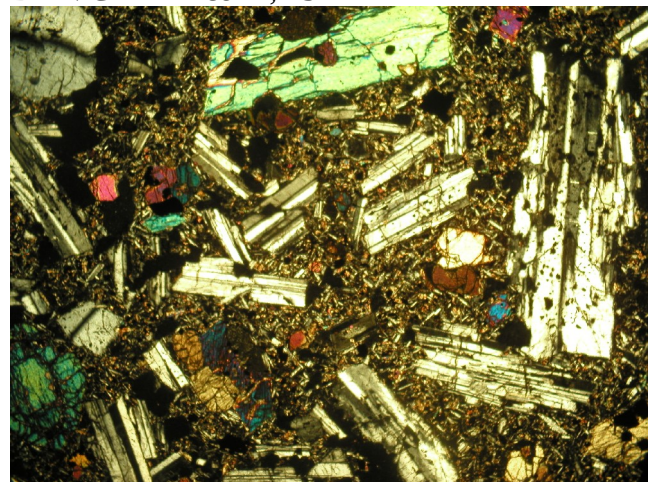
C – VCT2 – Nicol //, 25x



D – VCT2 - Nicol +, 25x

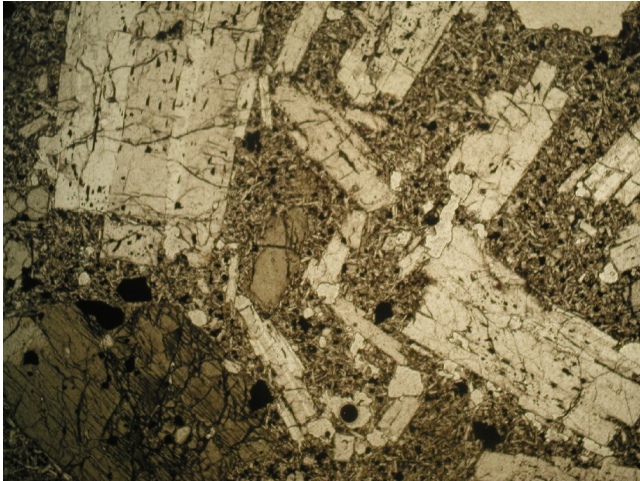


E – VCT3 – Nicol //, 25x

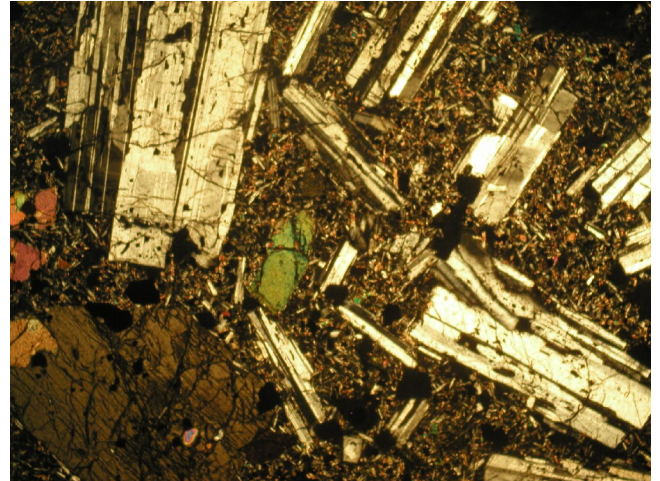


F – VCT3 - Nicol +, 25x

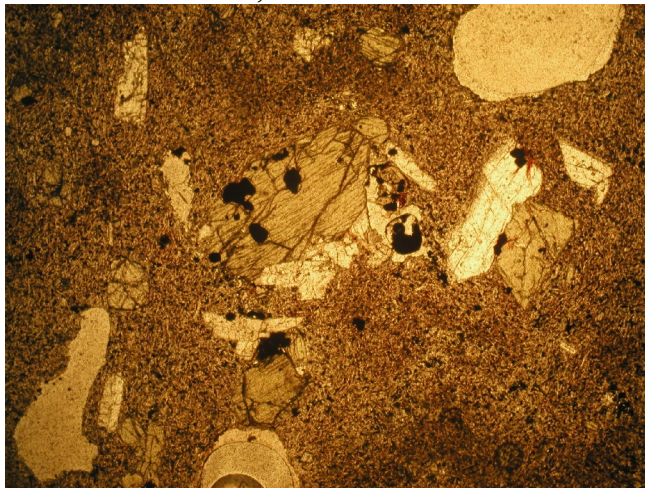
Fig. 6.2 - Microfotografie dei campioni della serie VCT. A sinistra a nicol paralleli, a destra a nicol incrociati.



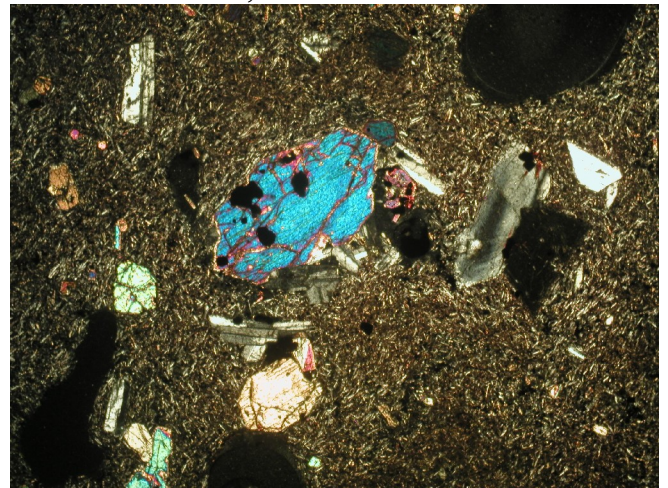
G – VCT4 – Nicol //, 25x



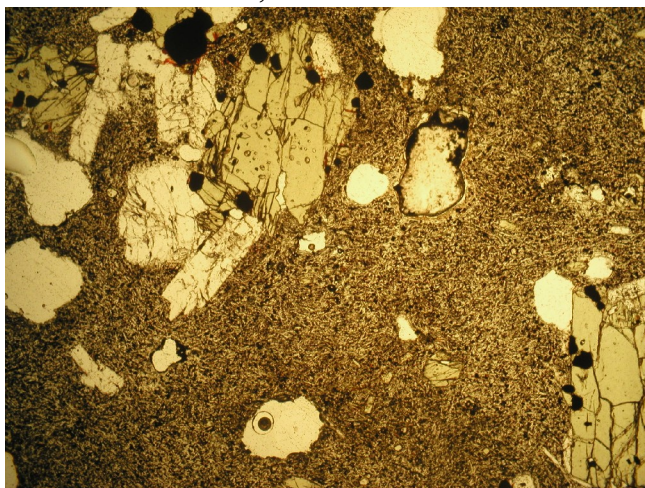
H – VCT4 - Nicol +, 25x



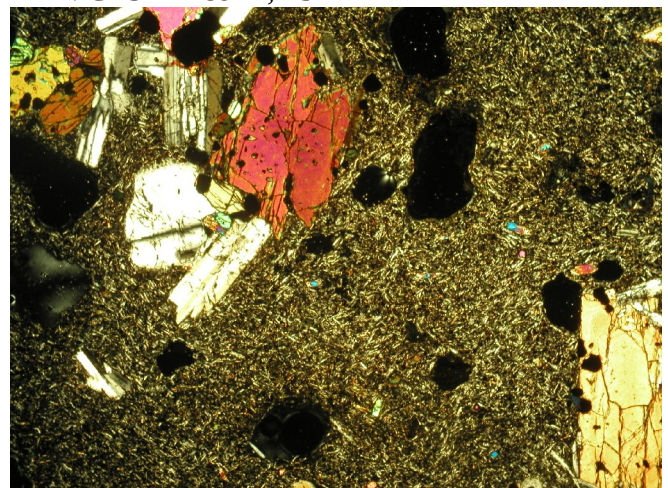
I – VCT5 – Nicol //, 25x



L – VCT5 - Nicol +, 25x

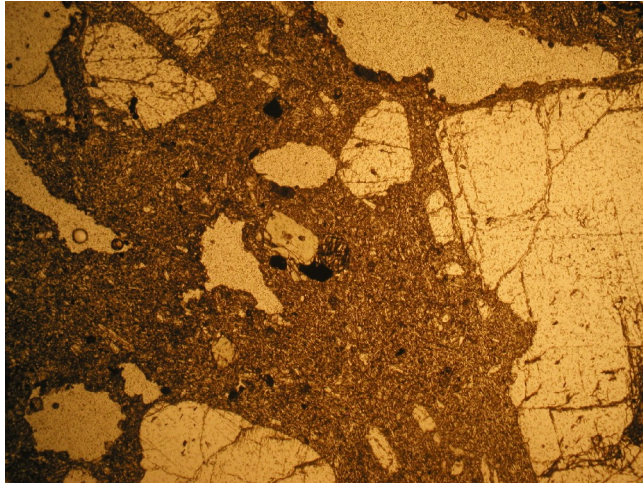


M – VCT6 - Nicol //, 25x

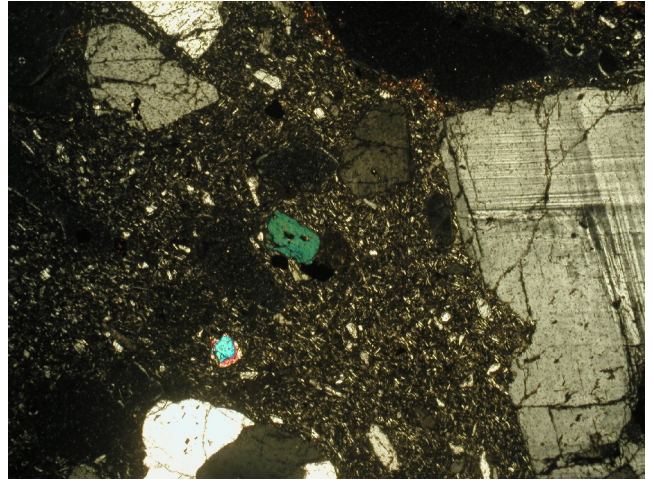


N – VCT6 - Nicol +, 25x

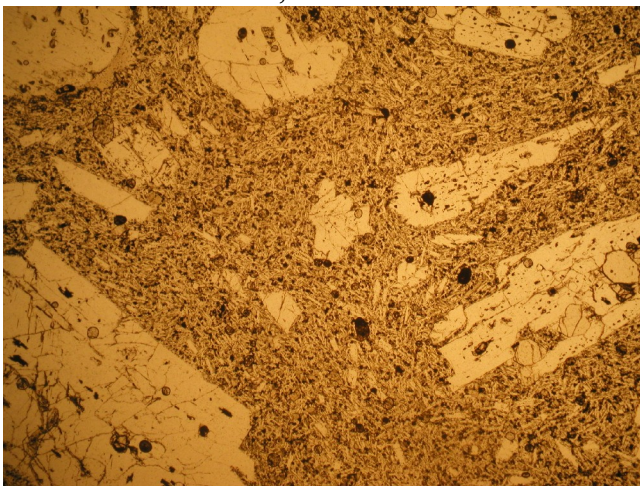
Fig. 6.2 – Continua.



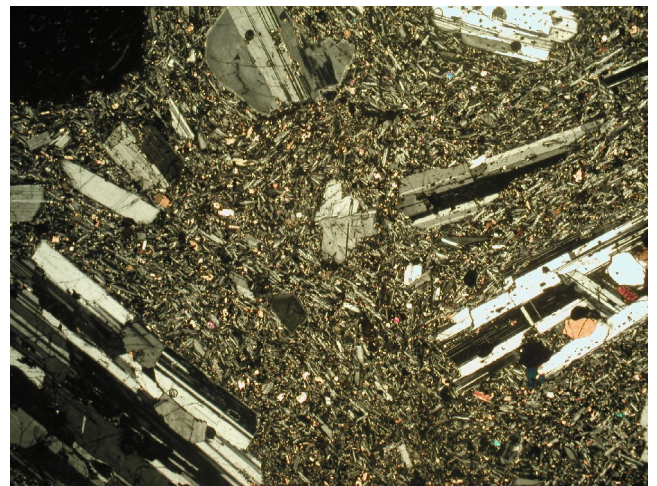
O – VCT7 - Nicol //, 25x



P – VCT7 - Nicol +, 25x



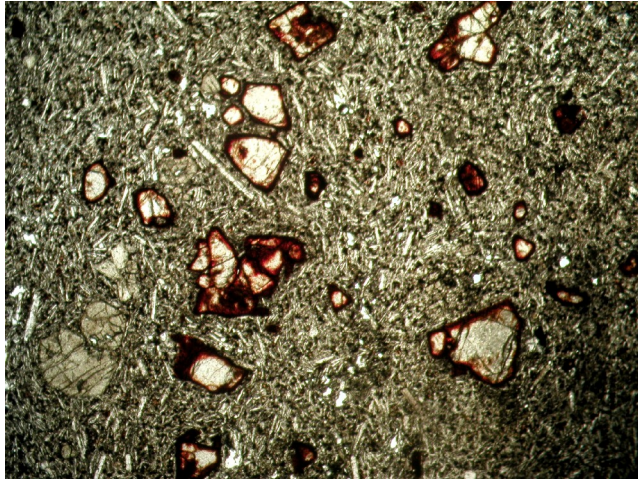
Q – VCT8 - Nicol //, 25x



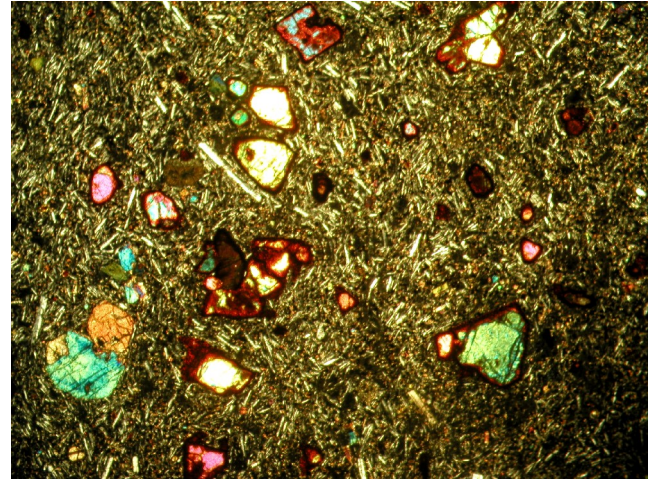
R – VCT8 - Nicol +, 25x

Fig. 6.2 - Continua.

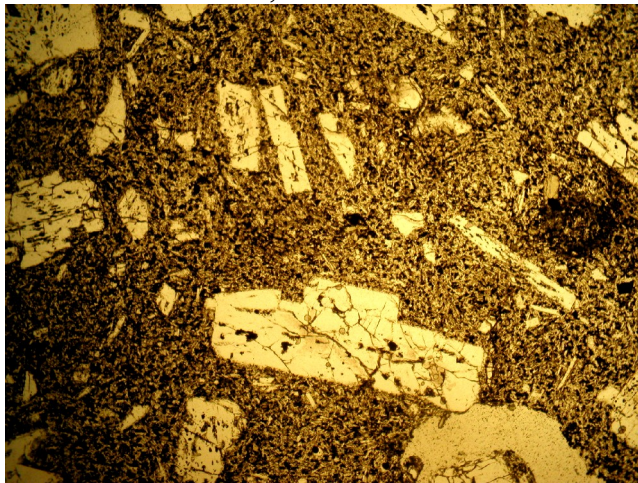
I campioni *CR1* e *CR2* (Fig. 6.3 A-B-C-D) sono uguali, dal punto di vista sia della struttura che della composizione. La struttura è porfirica seriatà con medio-alto indice di porfiricità, sono costituiti da prevalenti fenocristalli di dimensioni medio-piccole di olivina con subordinato pirosseno e scarso plagioclasio. L'elevata quantità di olivina conferisce a questi campioni un aspetto tipo roccia cumulitica, essa è presente in cristalli da idiomorfi a subidiomorfi di frequente iddingsizzati al bordo e lungo le fratture. Il campione *CR3* (Fig. 6.3 E-F) invece differisce dai precedenti per una maggiore quantità di fenocristalli di plagioclasio rispetto ai femici dei quali si osserva la presenza di scarso clinopirosseno e l'assenza di fenocristalli di olivina, la cui struttura risulta complessivamente simile a quella di buona parte dei campioni appartenenti alla serie di Via Catania.



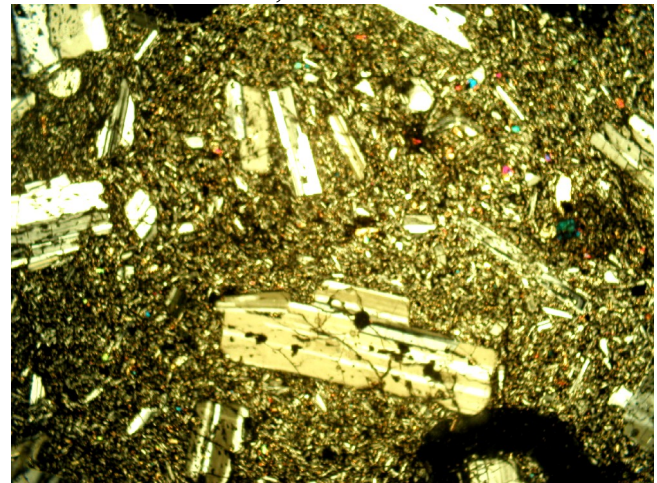
A – CR1-2 - Nicol //, 25x



C – CR1-2 - Nicol //, 25x



C – CR3 - Nicol //, 25x



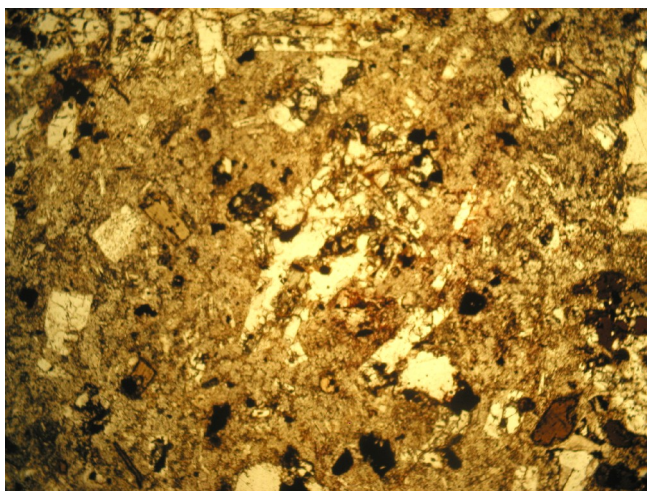
D – CR3 - Nicol +, 25x

Fig. 6.3 - Microfotografie dei campioni della serie CR. A sinistra a nicol paralleli, a destra a nicol incrociati.

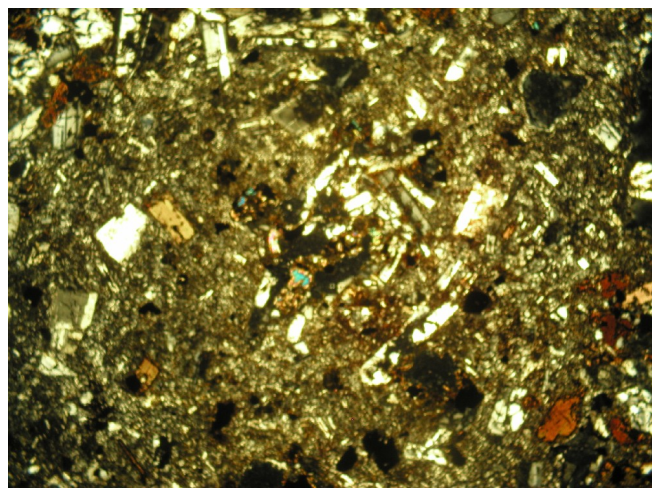
Tra i campioni provenienti dal relitto di Briga Marina, solo il BRM1 (Fig. 6.4 A-B) mostra caratteristiche petrografiche differenti da tutti gli altri campioni esaminati, principalmente per la paragenesi che comprende feldspati alcalini, plagioclasio, biotite e raro pirosseno, senza olivina. La roccia ha una struttura porfirica che diventa in alcune zone tipo glomeroporfirica, con una massa di fondo microcristallina costituita dalle stesse fasi presenti come fenocristalli più minerali opachi ed anche qualche grano subidiomorfo di quarzo. Il feldspato alcalino si rinviene in strutture glomeroporfiriche con contorni rotondeggianti ed il suo habitus risulta parzialmente corrosivo. La biotite presenta il classico schema di assorbimento dal giallo-bruno al marrone chiaro. Rara orneblenda con caratteri ottici di orneblenda basaltica presenta abito corrosivo e bordi opacitici. Il campione BRM2 (6.4 C-D) è caratterizzato dalla presenza di abbondanti fenocristalli di feldspato, zonato, geminato, mostranti habitus irregolare subedrale con anse di riassorbimento, che ricorda molto quello osservato nel campione VCT7. Subordinati sono i microfenocristalli di

olivina e clinopirosseno, presenti solitamente insieme al feldspato a formare aggregati glomeroporfirici. Il BRM3 (Fig. 6.4 E-F) si mostra molto simile ai campioni della serie VCT, con una massa di fondo parzialmente vetrosa, prevalenti fenocristalli di plagioclasio, abbondante clinopirosseno di colore marrone chiaro e microfenocristalli di olivina spesso alterata al bordo e lungo le fratture.

Il campione GZ (Fig. 6.5 A-B) è ricco in plagioclasio che rappresenta la fase minerale prevalente con solo scarsi fenocristalli euedrali di pirosseno verde-marrone e rara olivina osservata solo in grani nella massa di fondo, la struttura e la paragenesi sono riconducibili anche in questo caso a quelle osservate per i campioni della serie VCT.



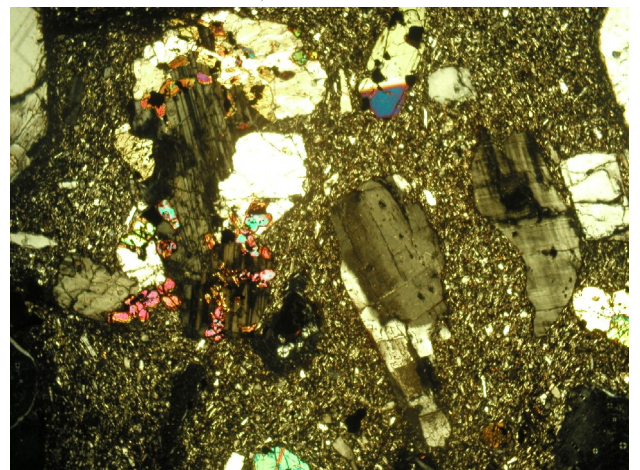
A – BRM1 - Nicol //, 25x



B – BRM1 - Nicol +, 25x

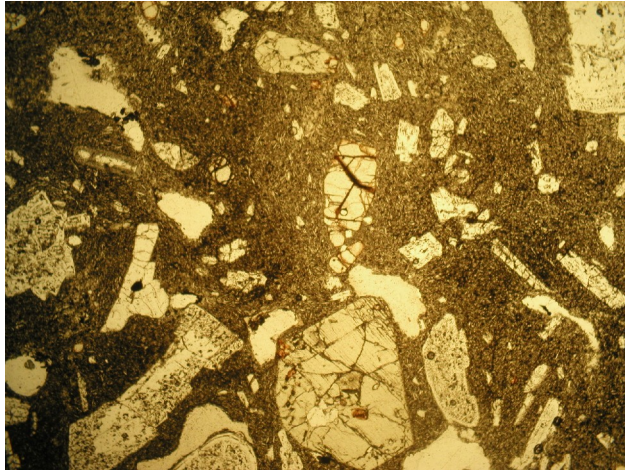


C – BRM2 - Nicol //, 25x

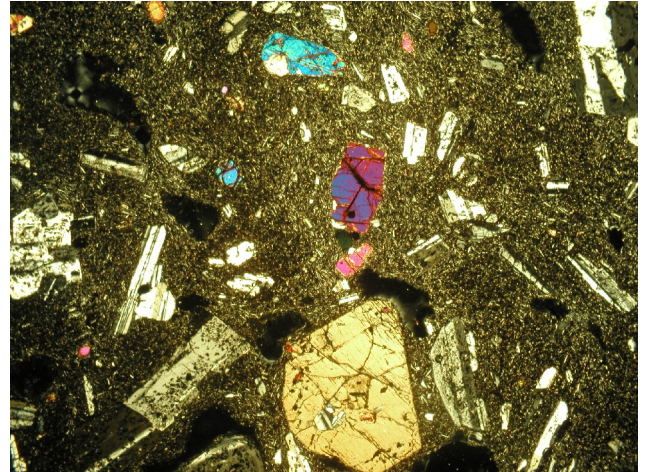


D – BRM2 - Nicol +, 25x

Fig. 6.4 - Microfotografie dei campioni della serie BRM. A sinistra a nicol paralleli, a destra a nicol incrociati.

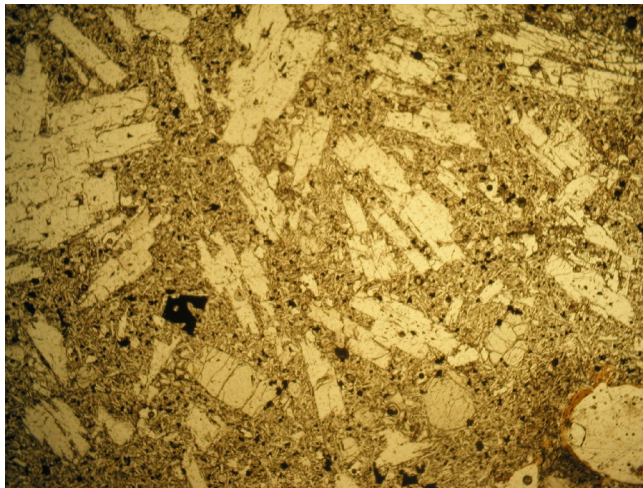


E – BRM3 - Nicol //, 25x

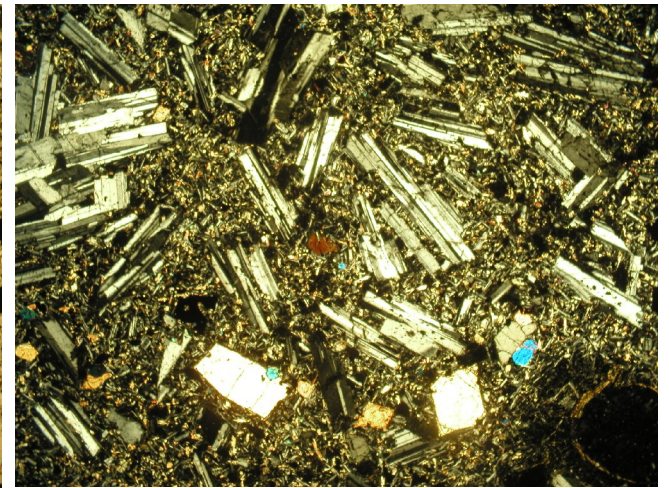


F – BRM3 - Nicol +, 25x

Fig. 6.4 – Continua.



A – GZ - Nicol //, 25x

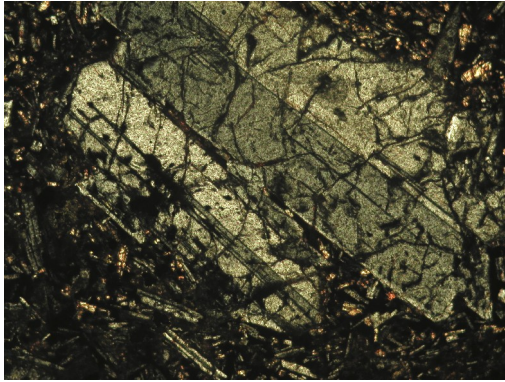


B – GZ - Nicol +, 25x

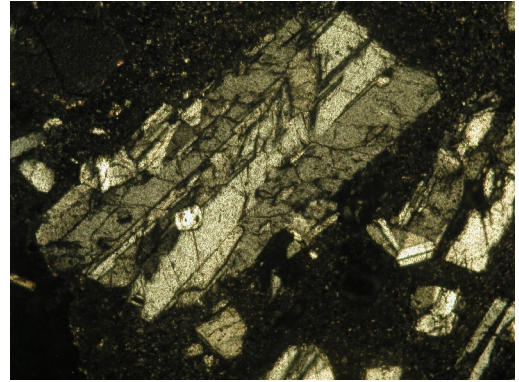
Fig. 6.5 - Microfotografie del campione GZ, A sinistra a nicol paralleli, a destra a nicol incrociati.

Le strutture osservate per le fasi minerali caratterizzanti sono di seguito descritte.

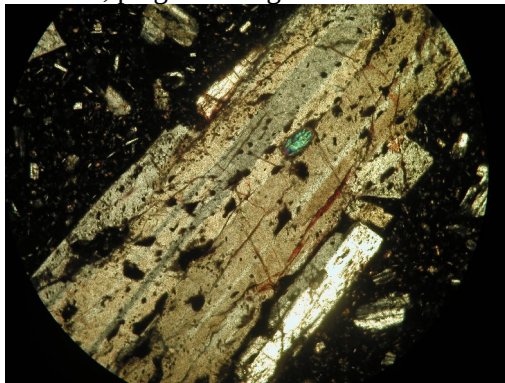
Il plagioclasio (Fig. 6.7) è in cristalli da subedrali ad anedrali, zonati, geminati albite e karlsbad, spesso cribrosi, con struttura sieve (a setaccio), altri individui mostrano anse di riassorbimento, sono frequenti le inclusioni di vetro e femici.



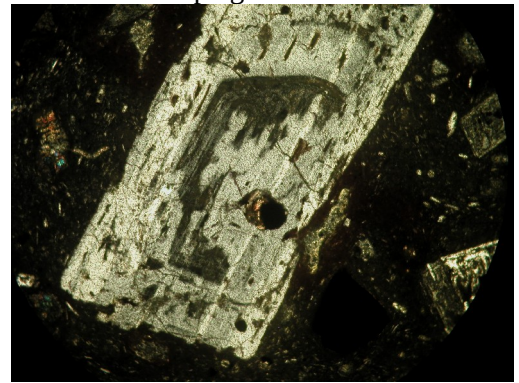
A – MIL2, plagioclasio geminato e riassorbito



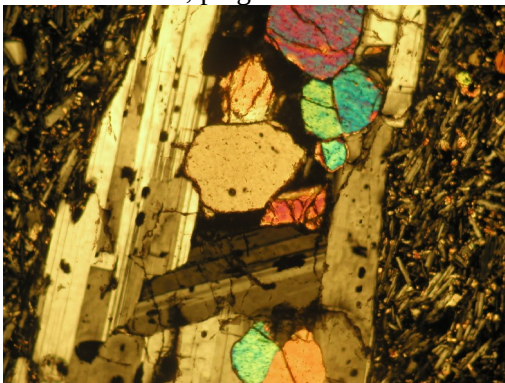
B – MIL5 plagioclasio subedrale



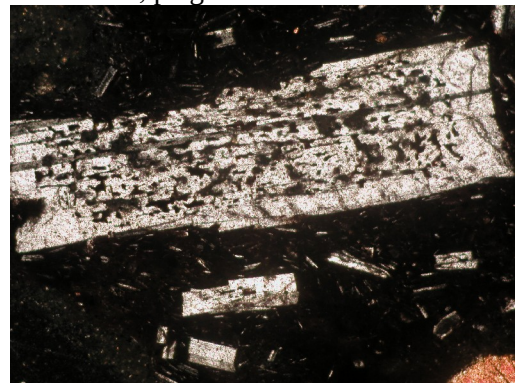
C – MIL6, plagioclasio cribroso



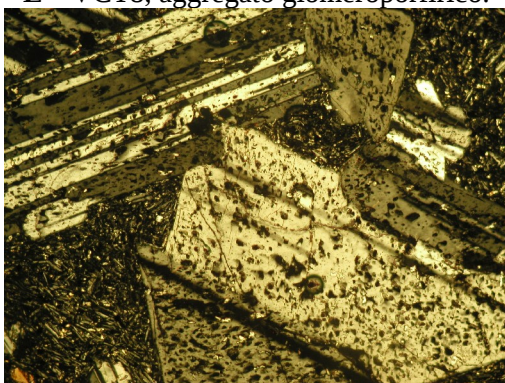
D – MIL7, plagioclasio cribroso e zonato



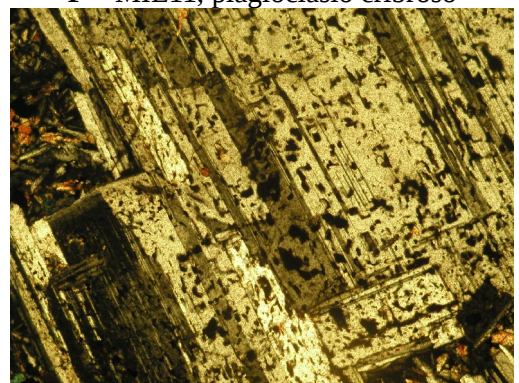
E – VCT8, aggregato glomeroporfirico.



F – MIL11, plagioclasio cribroso



G – BRM3, plagioclasio cribroso geminato



H – VCT2, plagioclasio cribroso geminato

Fig. 6.6 – Struttura dei plagioclasti osservate per tutti i campioni studiati, Nicol +, 70x.



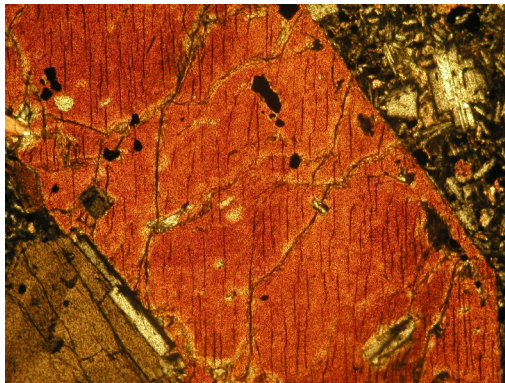
I – VCT2, plagioclasio zonato



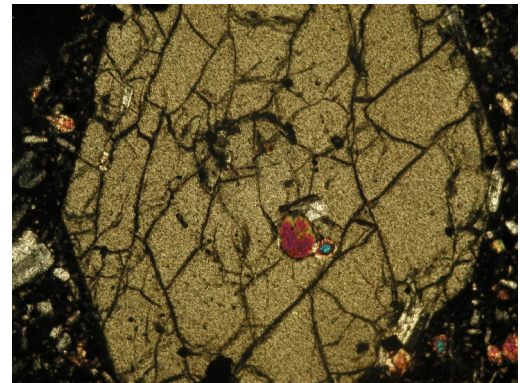
L – VCT8, plagioclasio geminato

Fig. 6.7 – Strutture dei fenocristalli di plagioclasio, Nicol +, 70x.

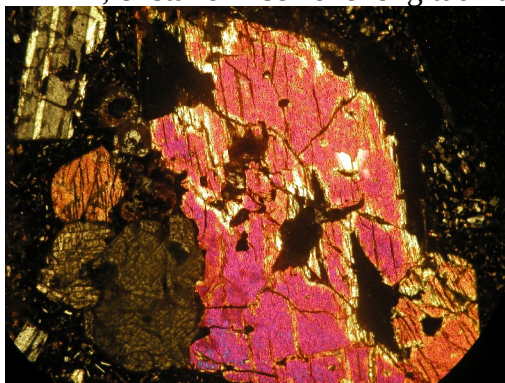
Il clinopirosseno (Fig. 6.8 e 6.9) è presente in fenocristalli e microliti in massa di fondo, da euedrali ad subedrali, in quantità subordinata rispetto al plagioclasio, e forma spesso aggregati glomeroporfirici (Fig. 6.9 G-H-I) insieme a plagioclasio e olivina, diventa raro nei litotipi evoluti. Si tratta prevalentemente di pirosseno di tipo monoclino, generalmente un'augite titanifera riconoscibile per il suo leggero pleocroismo.



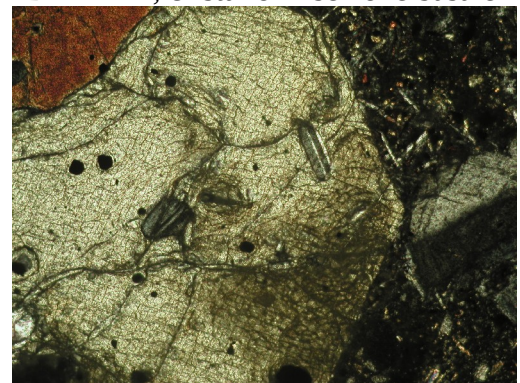
A – MIL1, cristallo in sezione longitudinale



B – MIL4, cristallo in sezione basale

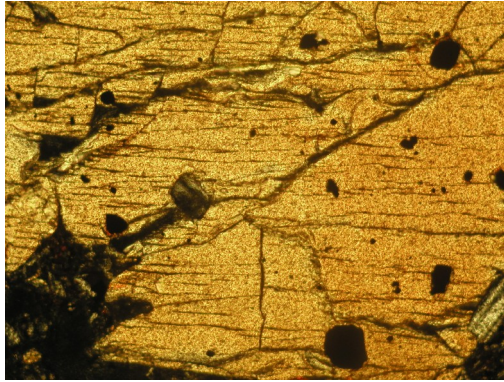


C – MIL6, cristallo subedrale

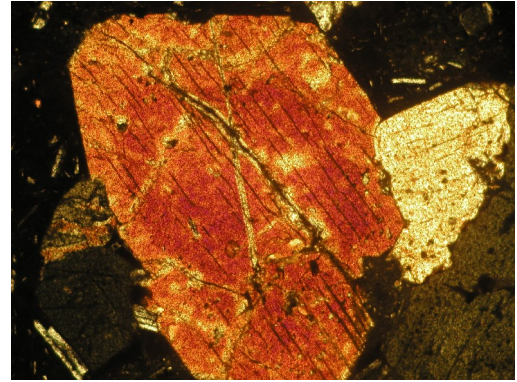


D – MIL10, ortopirosseno

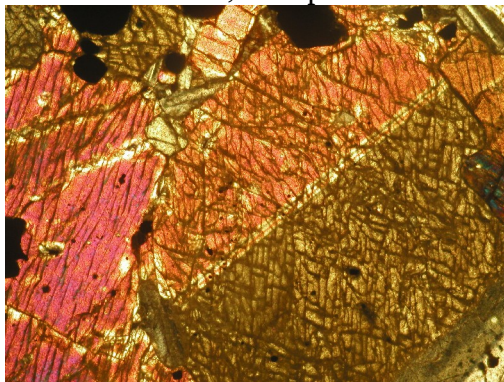
Fig. 6.8 – Struttura dei fenocristalli di pirosseno, Nicol +, 70x.



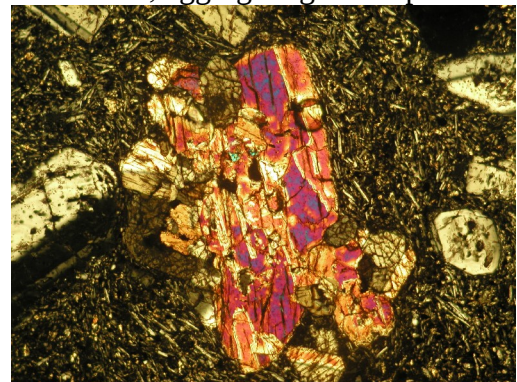
E – MIL10, clinopirosseno



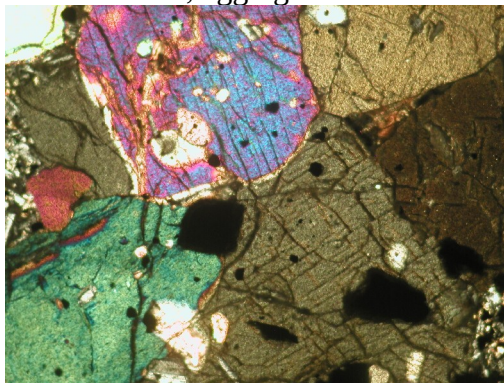
F – MIL11, aggregato glomeroporfirico



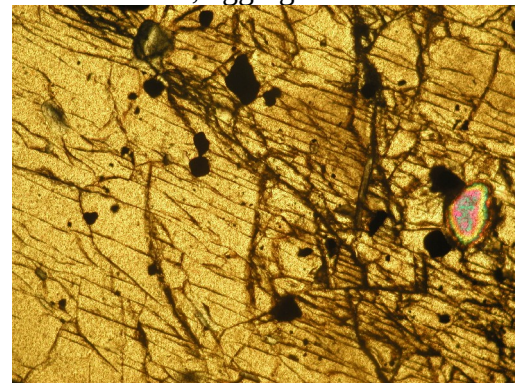
G – VCT3, aggregato di cristalli



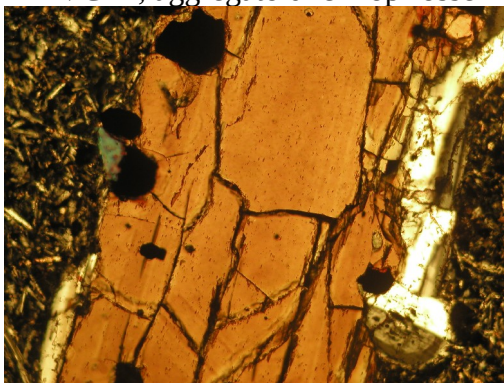
H – BRM3, aggregato di cristalli.



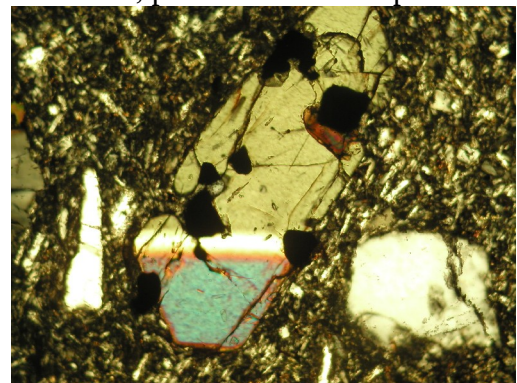
I – VCT2, aggregato di clinopirosseni



L – VCT4, particolare di clinopirosseno.



M – VCT6 particolare di clinopirosseno

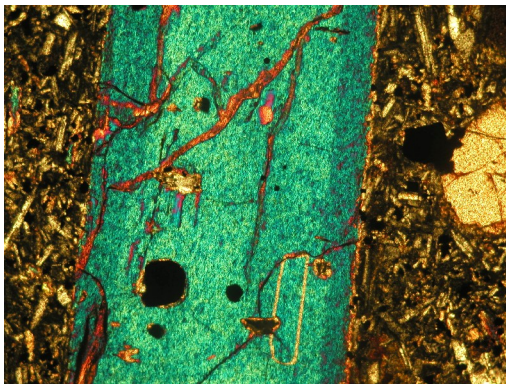


N – BRM2, cristallo riassorbito

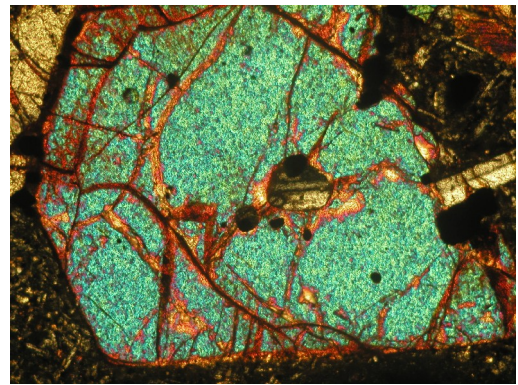
Fig. 6.9 – Struttura dei fenocristalli di pirosseno, Nicol +, 70x

L'olivina (Fig. 6.10 A-B-C-D), presente sia in fenocristalli che in microliti nella massa di

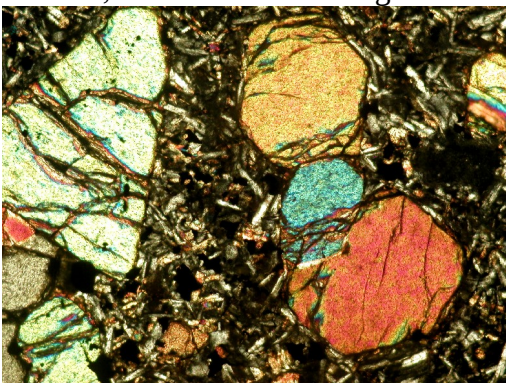
fondo, rappresenta la fase minerale prevalente dei prodotti vulcanici mafici, è invece rara nei termini più differenziati della serie. Nei campioni in esame i fenocristalli di olivina mostrano habitus da euedrale a subedrale nei termini mafici con qualche individuo riassorbito e a volte alterato ai bordi o lungo le fratture. I microliti nella massa di fondo sono spesso poco decifrabili. Nei litotipi più evoluti sono rari i fenocristalli, presenti solo microliti totalmente alterati. Fenocristalli e microliti sono spesso caratterizzati da fratture irregolari riempite da iddingsite, principale prodotto di alterazione dell'olivina, di colore bruno-rossiccio ad alto indice di rifrazione, oltre che da fini aggregati di minerali a basso indice di rifrazione e colore giallo intenso che invadono anche il bordo (miscela di limonite, clorite o serpentino) definibili come "clorophaeite".



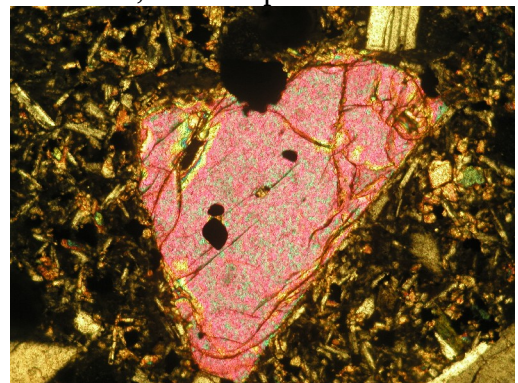
A – MIL1, cristallo alterato lungo le fratture



B – MIL10, cristallo parzialmente alterato



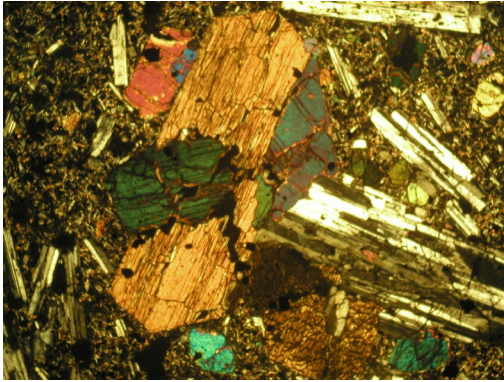
C - VCT3, cristalli subedrali.



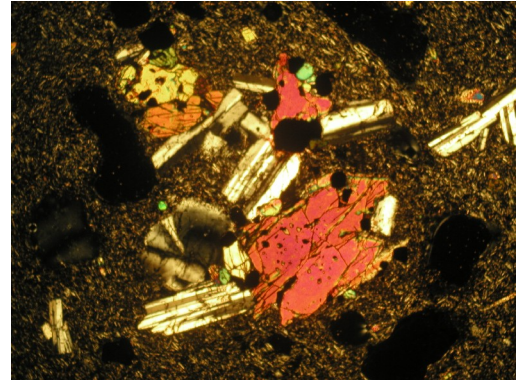
D – VCT4, cristallo anedrale.

Fig. 6.10 – Struttura delle olivine, Nicol +, 70x.

Aggregati glomeroporfirici (Fig. 6.11) delle tre fasi prima descritte e xenoliti di varia natura sono ricorrenti in alcuni dei campioni studiati.



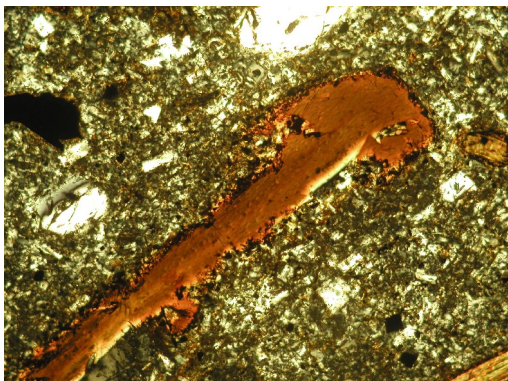
A – VCT4



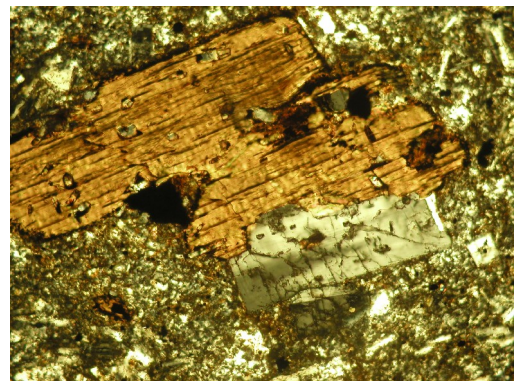
B – VCT6

Fig. 6.11 – Aggregati glomeroporfirici di plagioclasio, olivina e clinopirosseno, Nicol +, 70x.

La biotite (Fig. 6.12), presente solo in tre campioni, è in lamine euedrali talora deformate e in qualche caso scheletrica, di colore bruno-rossiccio.



A – BRM1, cristallo riassorbito.



B – BRM1, lamina in sezione allungata.

Fig. 6.12 – Struttura della biotite, Nicol +, 70x.

I minerali opachi in grani di piccole dimensioni nella massa di fondo hanno habitus tozzo tipico della magnetite, non mancano anche grani di dimensioni più grosse intercalati all'interno dei fenocristalli.

CAPITOLO 7

ANALISI IN MICROSCOPIA ELETTRONICA

L'indagine SEM-EDS effettuata sulle fasi minerali principali, rappresentate da pirosseno, plagioclasio e olivina, presenti nei campioni studiati, ha evidenziato una discreta omogeneità composizionale per buona parte dei campioni appartenenti alle due serie di macine studiate. I dati microanalitici delle varie fasi minerali sono mostrati nelle Tabelle 7.1, 7.2, 7.3, 7.4, 7.5 e 7.6. I risultati dei due gruppi di macine, quelle preistoriche, e quelle di epoca romana sono di seguito discussi. Immagini SEM-BSE delle strutture e delle fasi principali analizzate per i campioni studiati sono osservabili nelle figure 7.9, 7.10, 7.11 e 7.12 per la serie preistorica e nelle figure 7.22, 7.23, 7.24, 7.25 per la serie storica.

7.1 Macine Preistoriche

Clinopirosseno

Il clinopirosseno rappresenta la fase femica principale dei prodotti vulcanici studiati. Tale fase è spesso presente in diverse generazioni di cristalli, in grani diffusi tra i microliti di plagioclasio nella massa di fondo, ed anche in fenocristalli di varie dimensioni. Le analisi rappresentative dei clinopirosseni dei campioni di macine neolitiche sono mostrate in Tabella 1.

Utilizzando il diagramma classificativo di Morimoto et al (1989) è stata verificata la composizione dei pirosseni analizzati. Nei diagrammi riportati nelle figure 7.1, 7.2, 7.3 e 7.4, si osserva per tutti i campioni la prevalenza di clinopirosseno a composizione diopsidica e augitica, subordinatamente salitica, con più o meno abbondante orto-pirosseno a composizione da clinoenstatitica a pigeonitica. Il campione MIL1 è caratterizzato dalla esclusiva presenza di clinopirosseno.

La composizione dei fenocristalli analizzati mostra in alcuni casi zonature composizionali, con variazioni compositive dal bordo al nucleo dei cristalli. In tali casi le variazioni sono dovute alla diminuzione del contenuto in Mg andando verso il bordo del cristallo, che di contro risulta più ricco in Fe. CaO e FeO, sono costanti o comunque poco variabili per la maggior parte dei cristalli, anche se rari individui presentano leggere variazioni composizionali interne caratterizzate da aumento di CaO e FeO dal nucleo alla periferia. Viceversa Al₂O₃, diminuisce

sempre dal bordo al nucleo del cristallo, MgO è alquanto costante in tutti i cristalli, mentre TiO₂ tende ad aumentare al bordo. In particolare, sono stati rilevati valori medi composizionali degli end-members di Wo₄₃En₄₂Fs₁₄ per il clinopirosseno e Wo₃En₇₀Fs₂₇ per l'ortopirosseno che varia fino a composizioni pigeonitiche osservate per i pirosseni dei campioni MIL2, MIL4, MIL5, MIL6, MIL7 e MIL8. Il campione MIL1 è caratterizzato da valori medi degli end members per il clinopirosseno compresi nel range di Wo₃₉En₅₃Fs₀₈ e Wo₄₈En₃₉Fs₁₃.

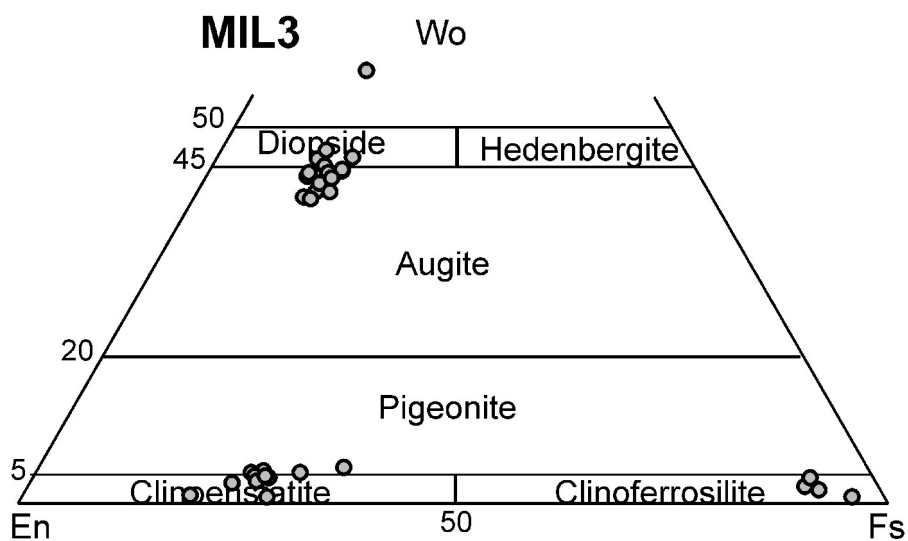
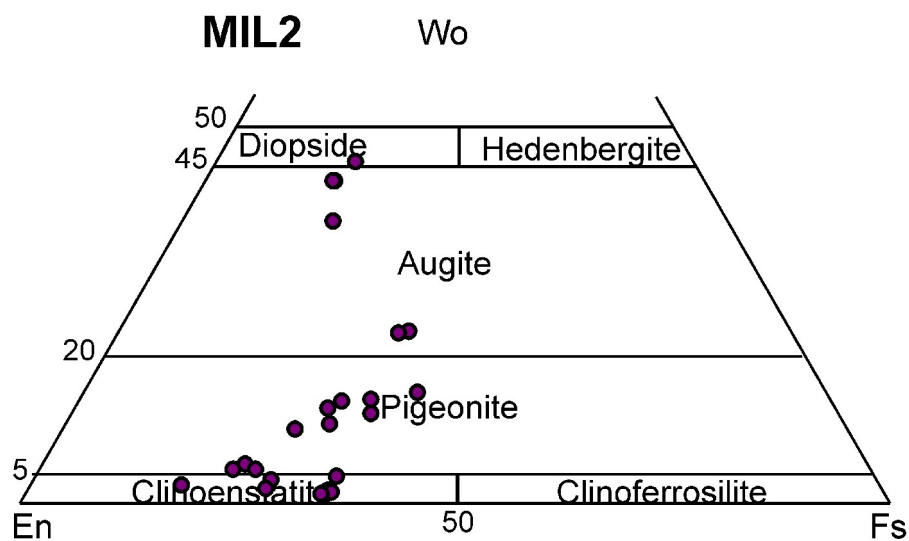
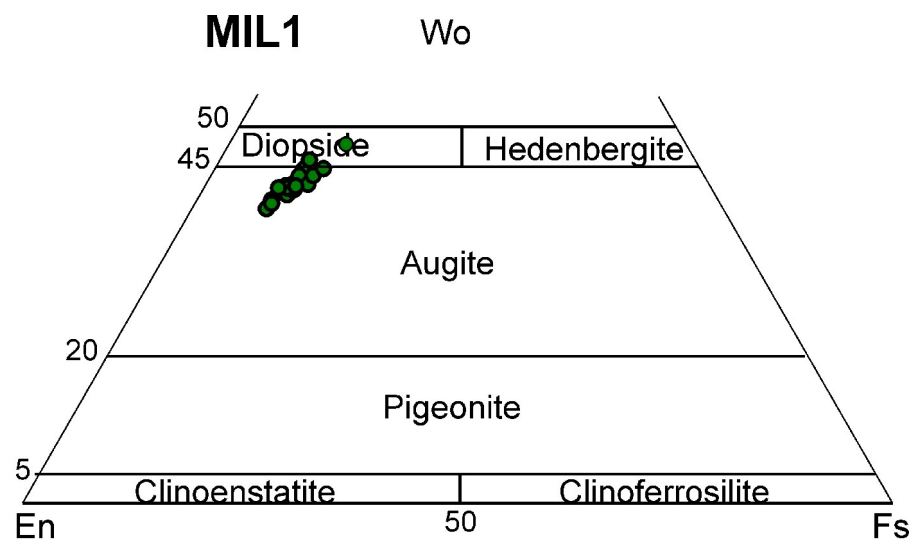


Fig. 7.1 - Composizione dei pirosseni analizzati per i campioni MIL1, MIL2 e MIL3.

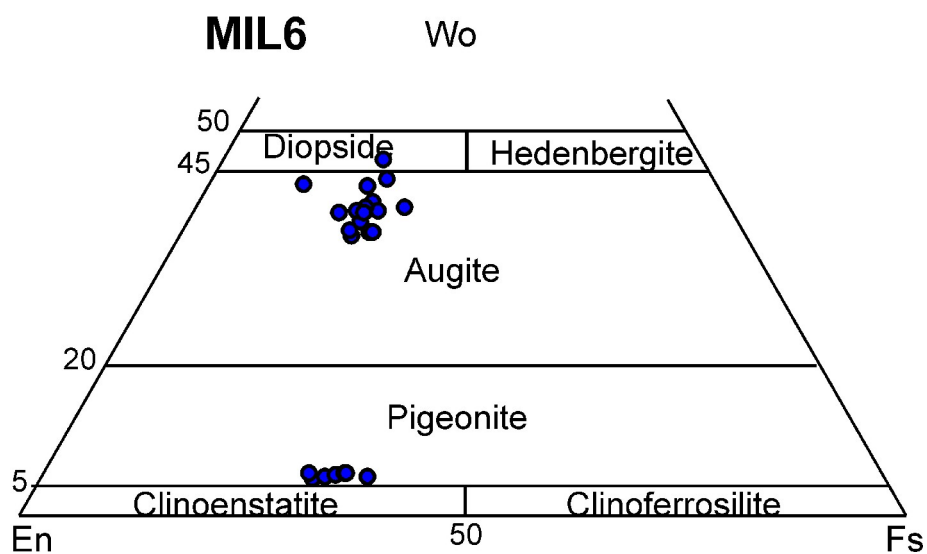
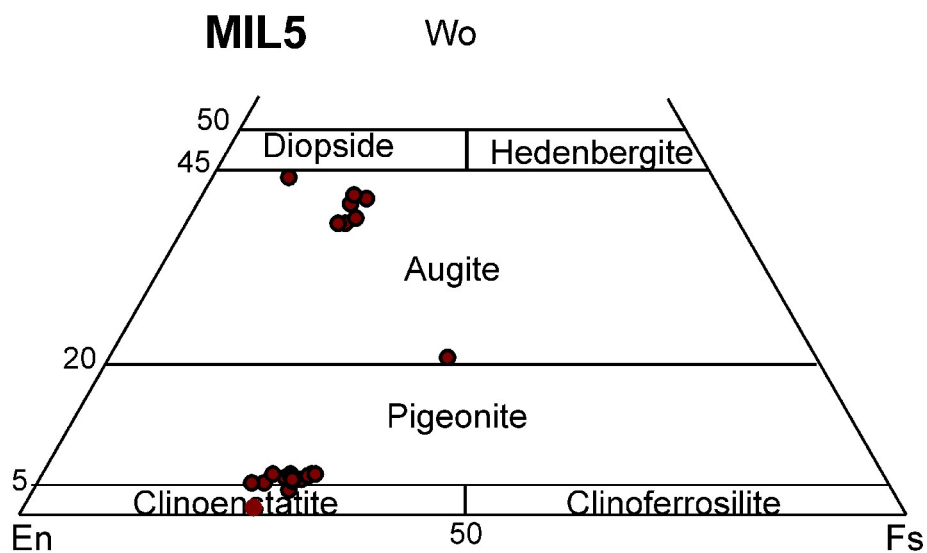
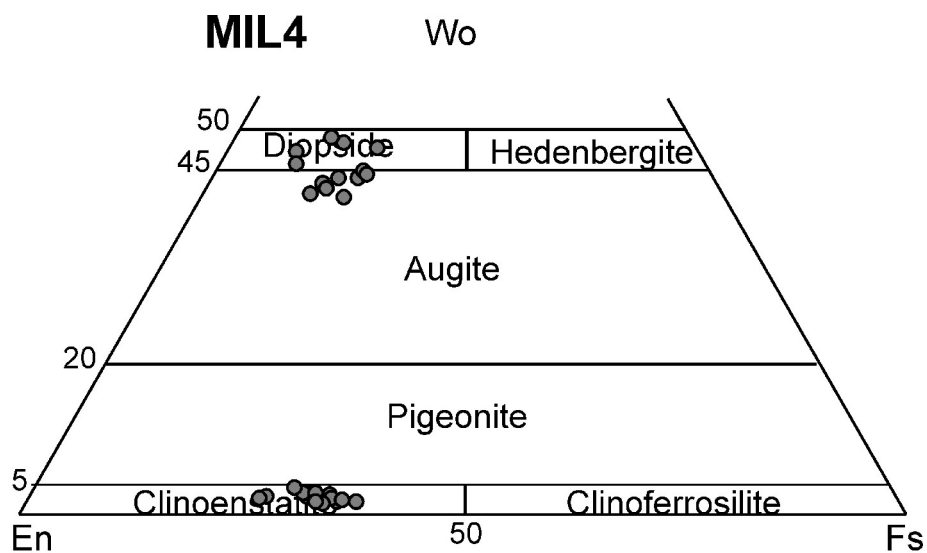


Fig. 7.2 - Composizione dei pirosseni analizzati per i campioni MIL4, MIL5 e MIL6.

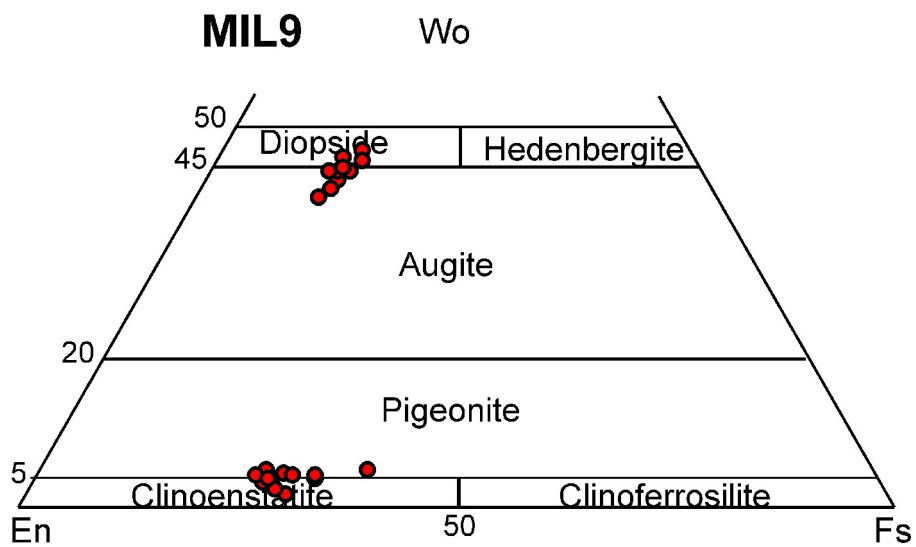
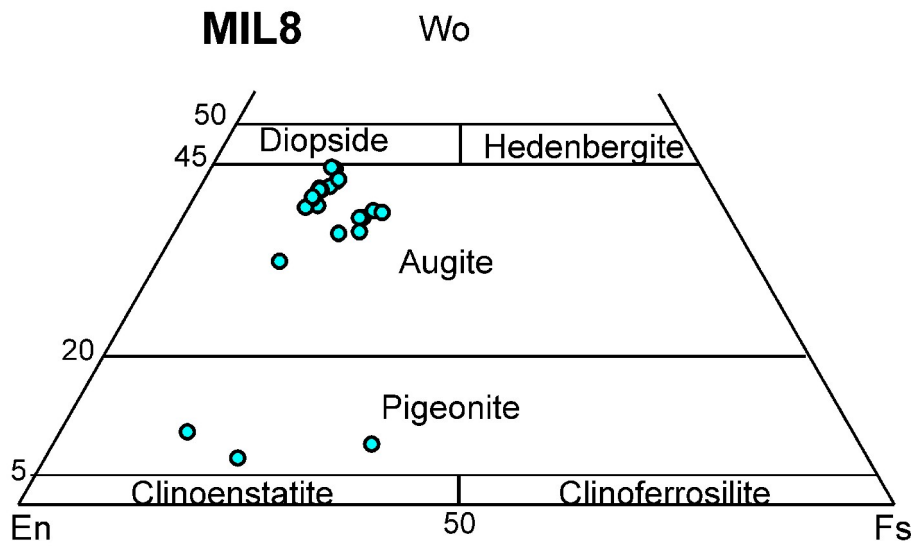
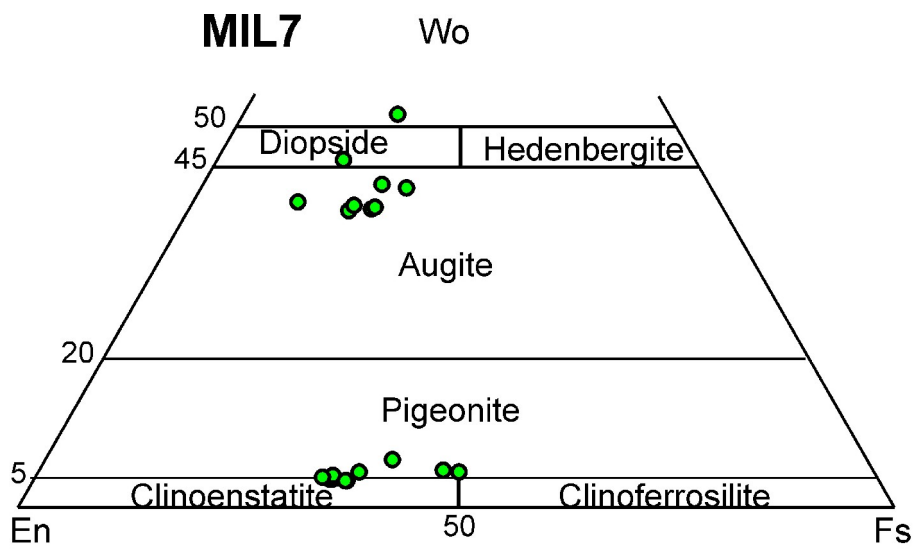


Fig. 7.3 – Composizione dei pirosseni analizzati per i campioni MIL7, MIL8 e MIL9.

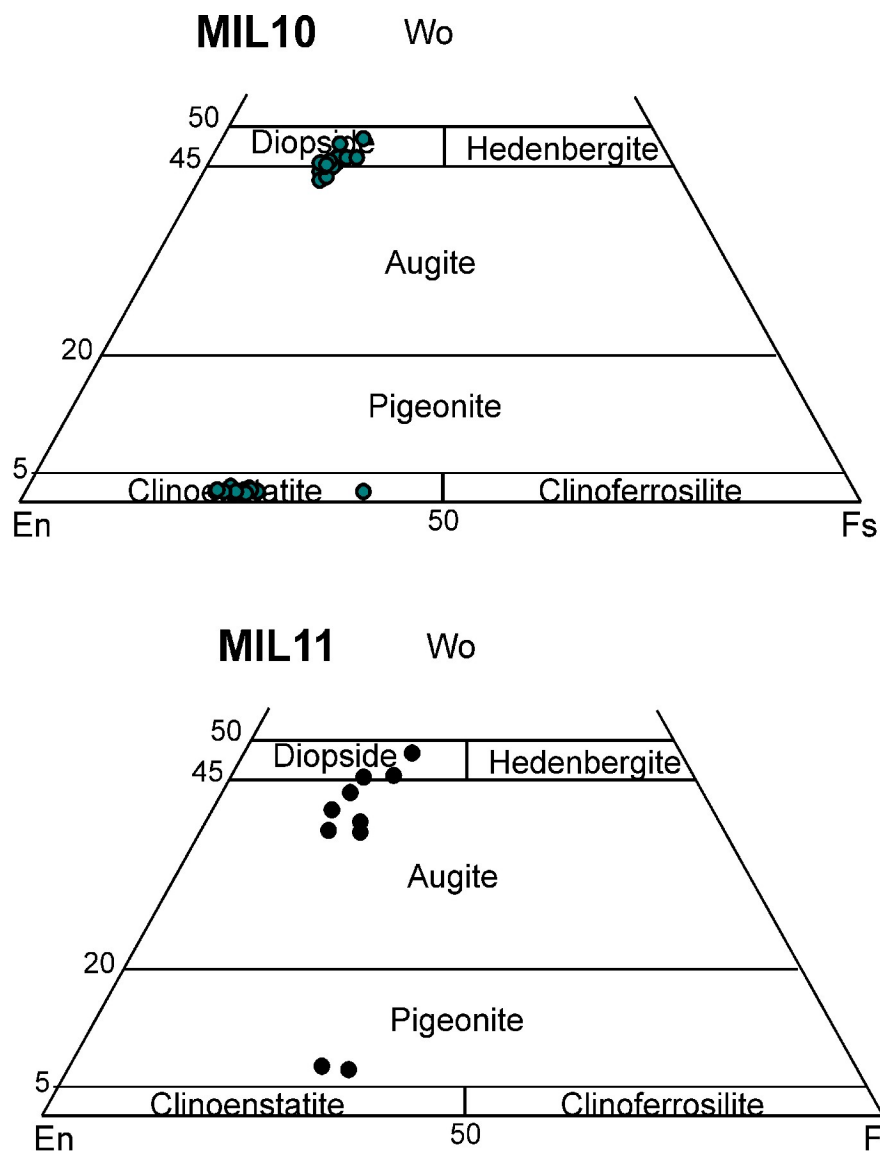


Fig. 7.4 – Composizione dei pirosseni analizzati per i campioni MIL10 e MIL11.

Plagioclasio

Tra i frammenti vulcanici studiati, il plagioclasio è il costituente fondamentale della massa di fondo, insieme a minori olivina e clinopirosseno mentre come fenocristallo è presente in modesta quantità. Dallo studio petrografico è emersa la presenza di varie tipologie di plagioclasio, variamente zonato e geminato, con strutture instabili e spesso cribroso. La composizione dei feldspati è mostrata in Tabella 2 e nelle figure 7.5, 7.6, 7.7, 7.8.

Tutti i plagioclasii analizzati risultano abbastanza omogenei nell'ambito di tutti i campioni studiati, e sul diagramma classificativo dei feldspati mostrano nonostante le frequenti zonature, composizione prevalente da bitownitica a labradoritica e subordinatamente andesinica. I campioni MIL2, MIL5 e MIL8 mostrano composizioni decisamente più calciche comprese tra An84 ed An88.

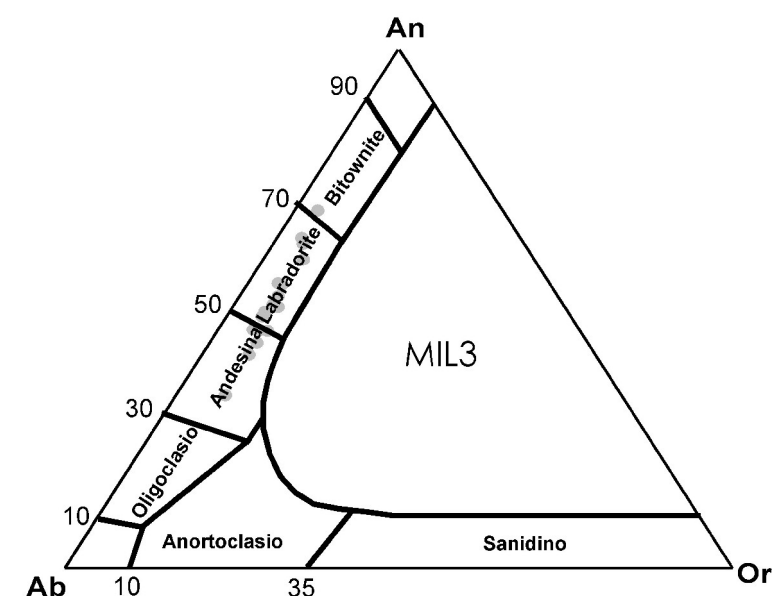
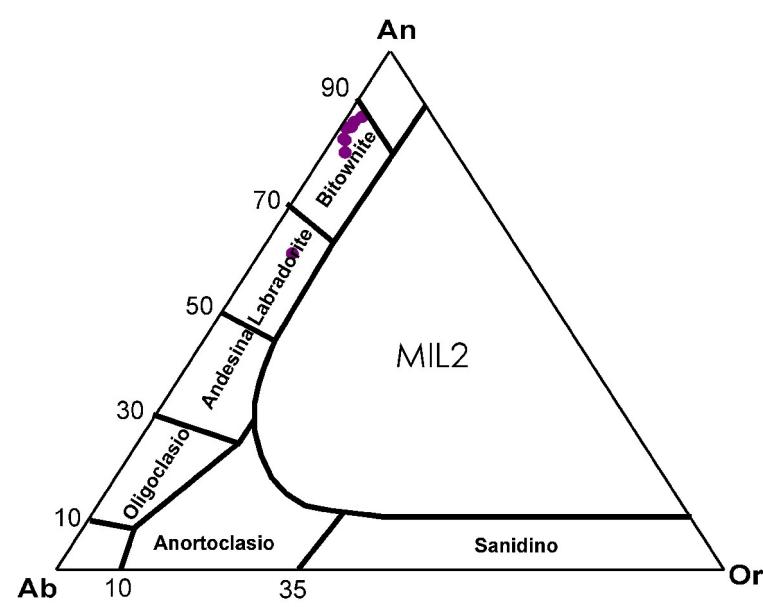
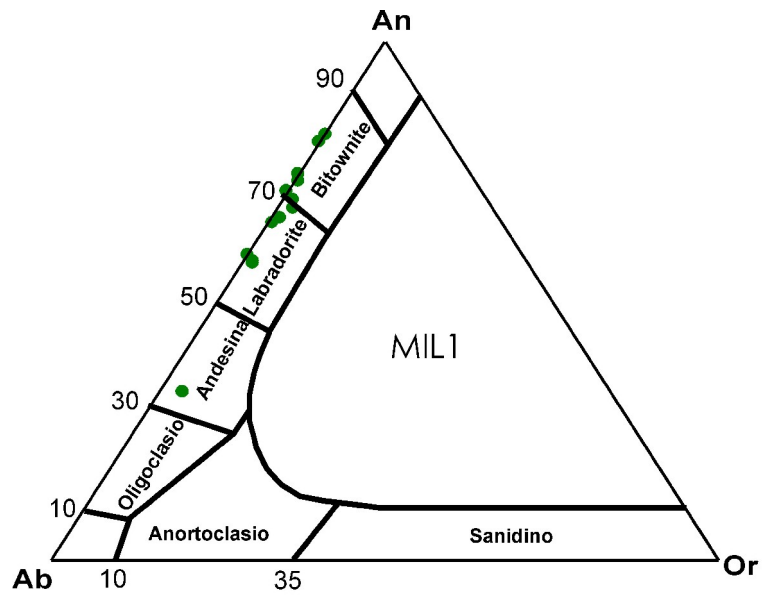


Fig. 7.5 - Composizione dei plagioclasti analizzati per i campioni MIL1, MIL2 e MIL3.

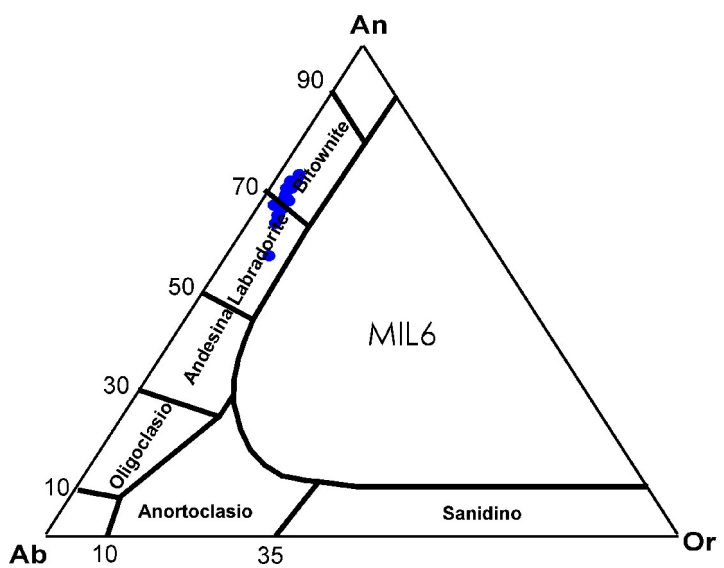
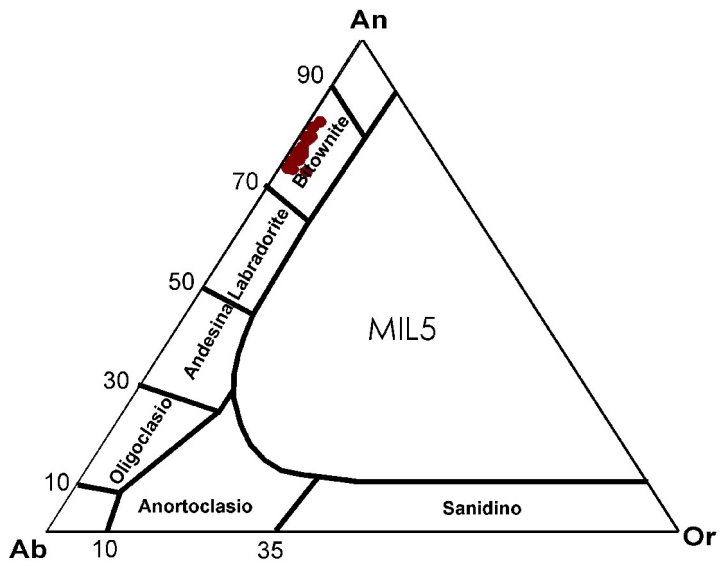
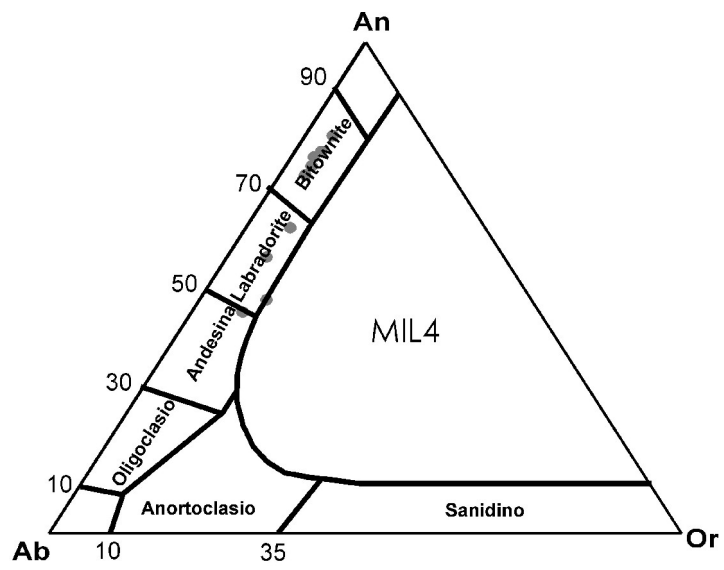


Fig. 7.6 - Composizione dei plagioclasti analizzati per i campioni MIL4, MIL5 e MIL6.

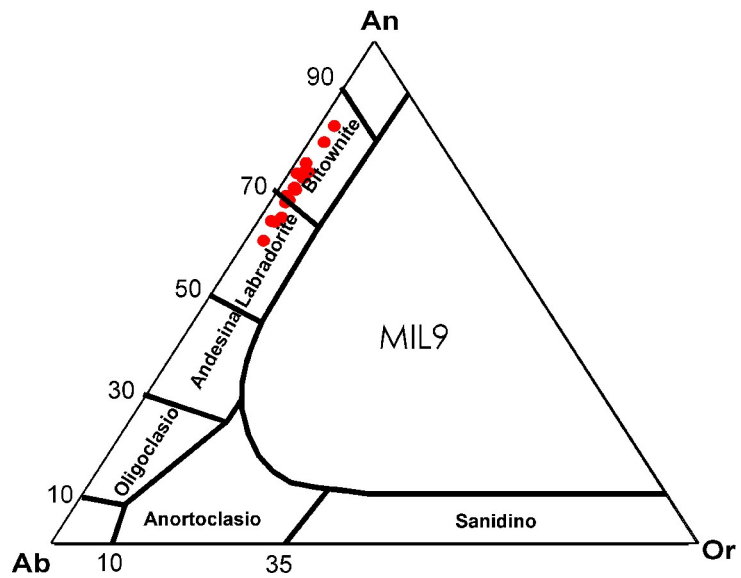
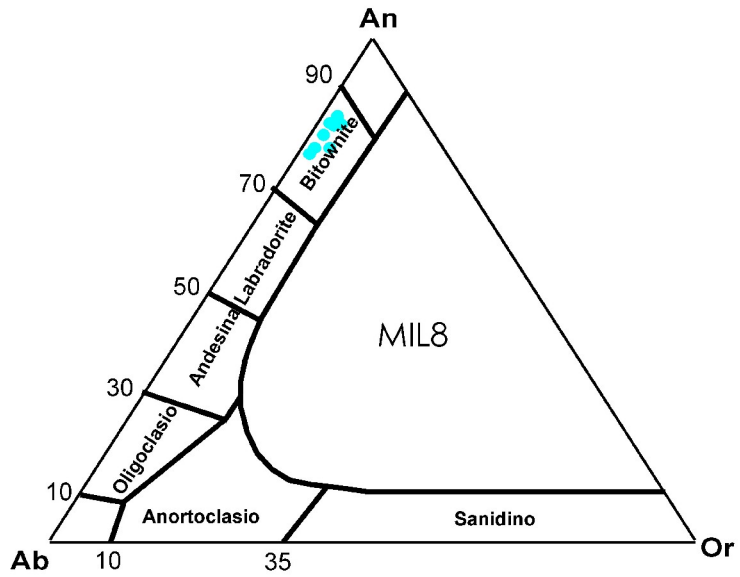
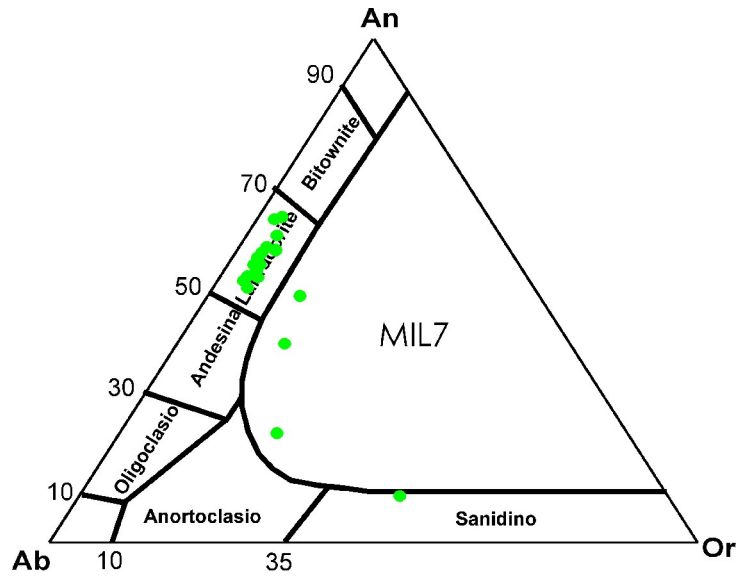


Fig. 7.7 - Composizione dei plagioclasti analizzati per i campioni MIL7, MIL8 e MIL9.

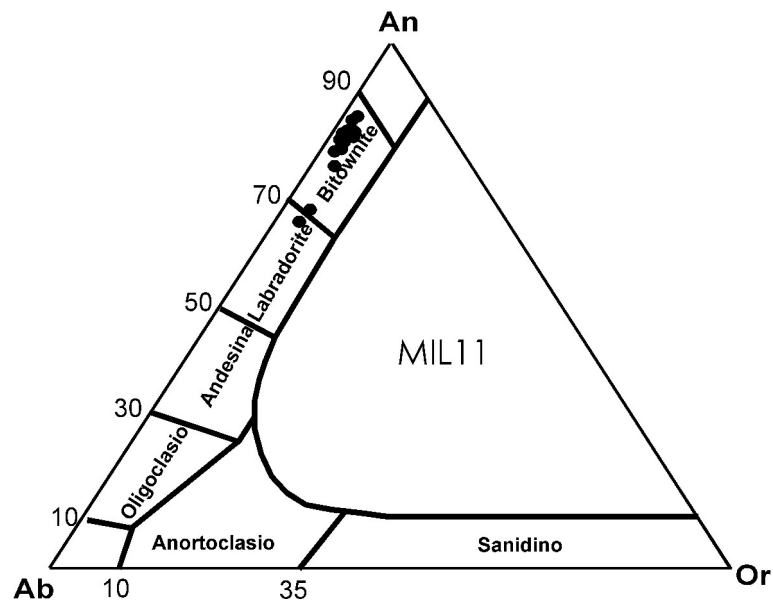
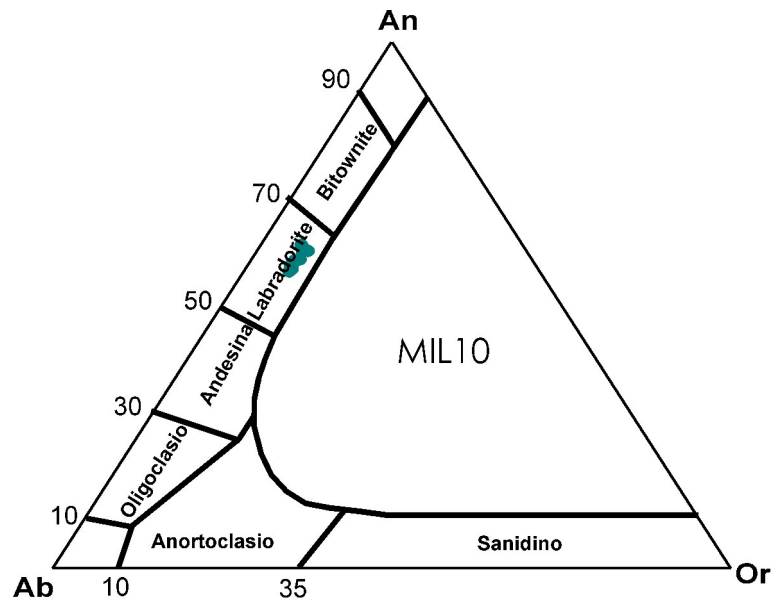


Fig. 7.8 - Composizione dei plagioclasti analizzati per i campioni MIL10 e MIL11.

Olivina

L'olivina è presente in fenocristalli solo nei campioni della serie preistorica MIL1 e MIL10. La composizione è riportata nella tabella 3, dove è possibile osservare che le composizioni medie per il campione MIL10 vanno da Fo72 a Fo90, mentre per il campione MIL10 da valori di Fo69 a Fo74. Negli altri campioni l'olivina è presente solo come microfenocristalli o grani nella massa di fondo.

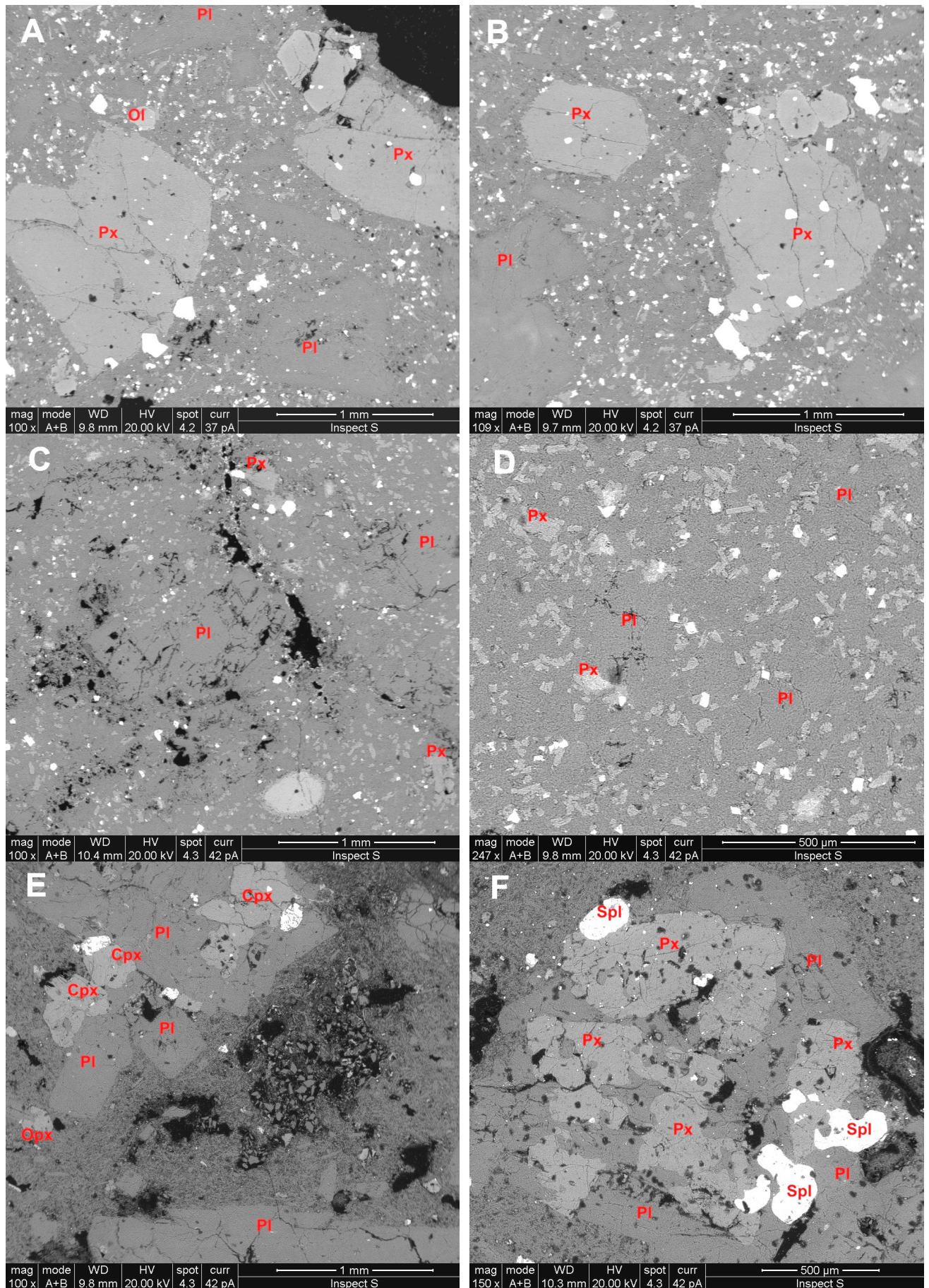


Fig. 7.9 – Immagini SEM-BSE dei campioni MIL1 (A-B), MIL2 (C-D) e MIL3 (EF).

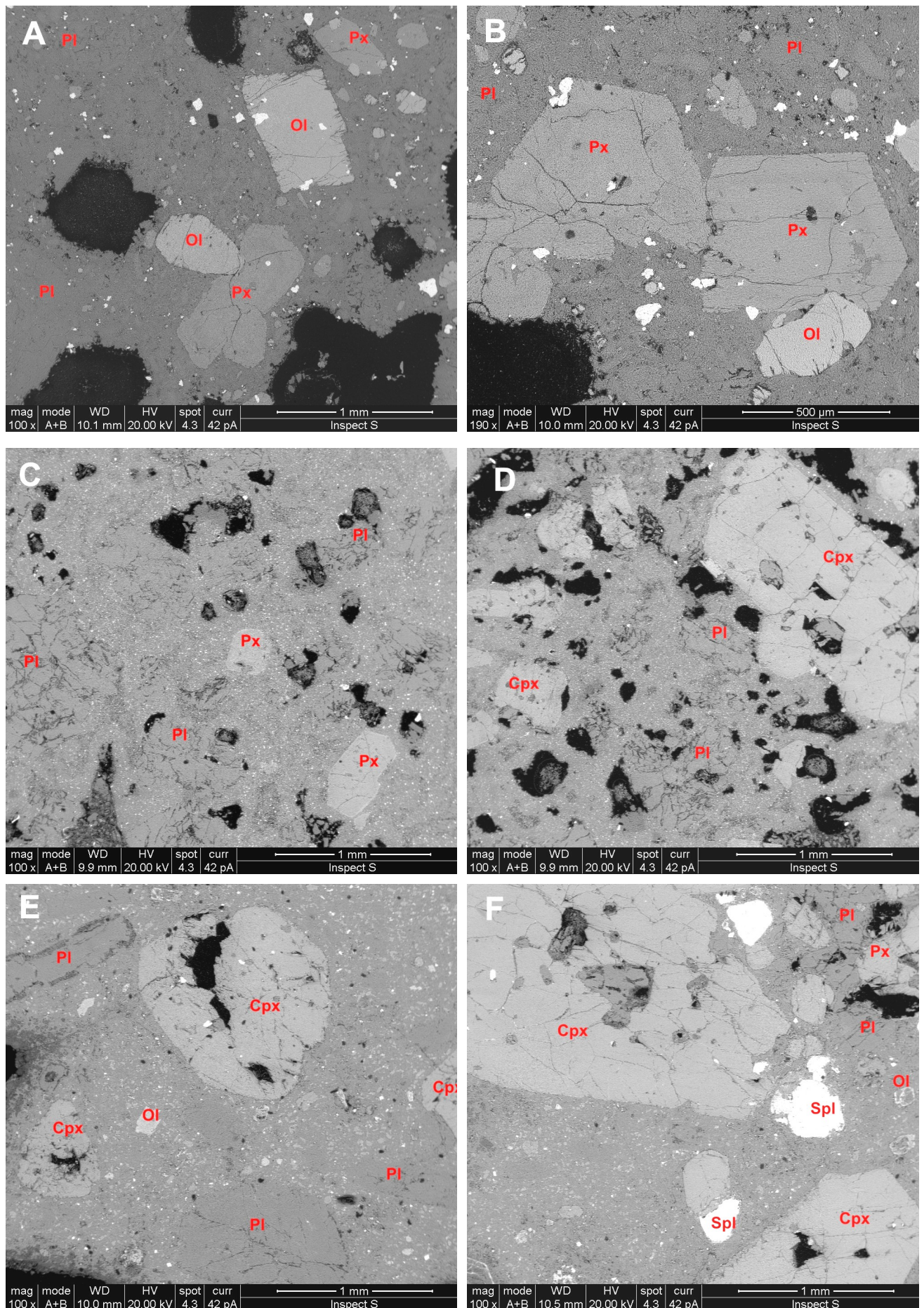


Fig. 7.10 - Immagini SEM-BSE dei campioni MIL4 (A-B), MIL5 (C-D) e MIL6 (E-F).

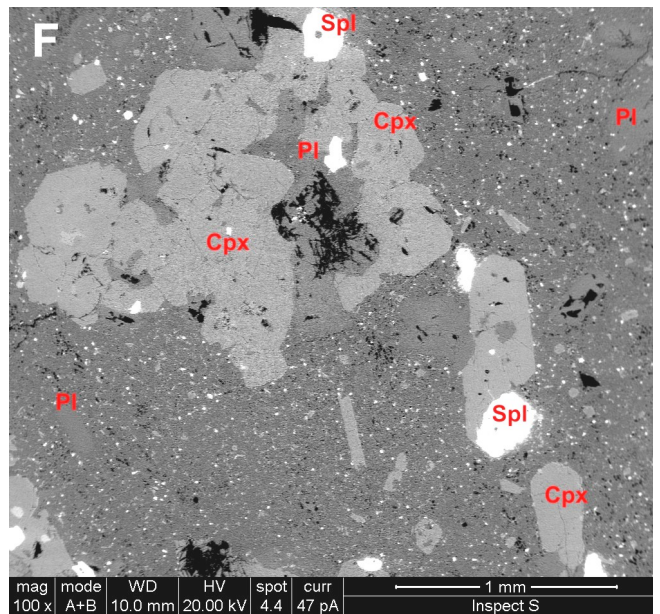
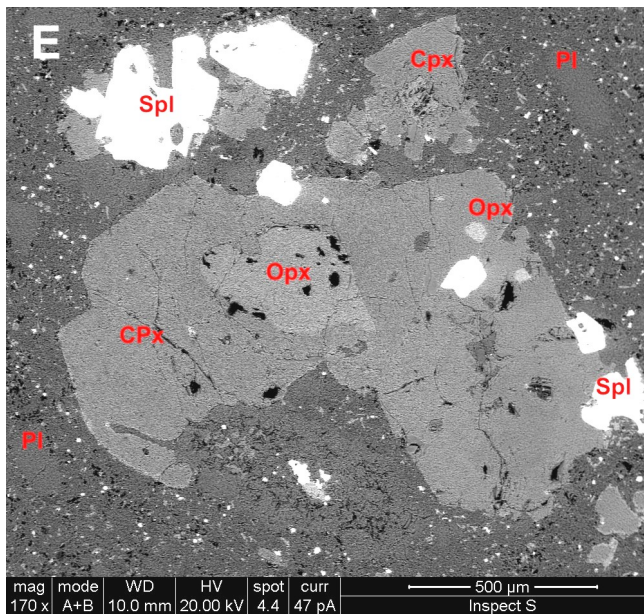
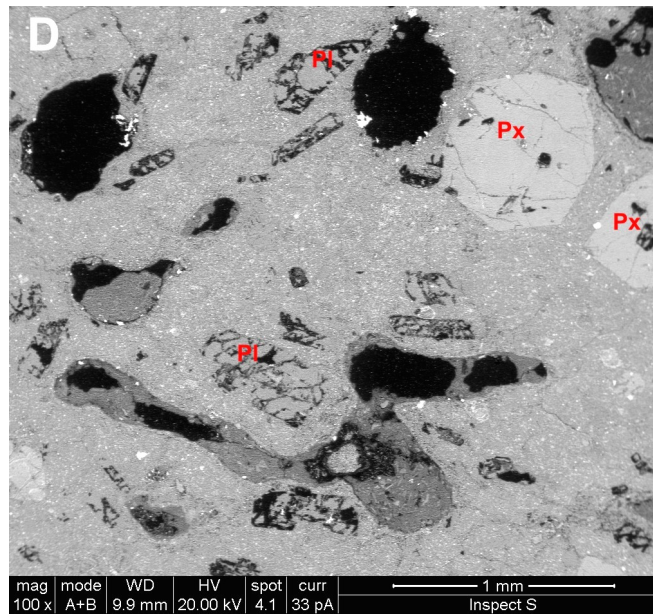
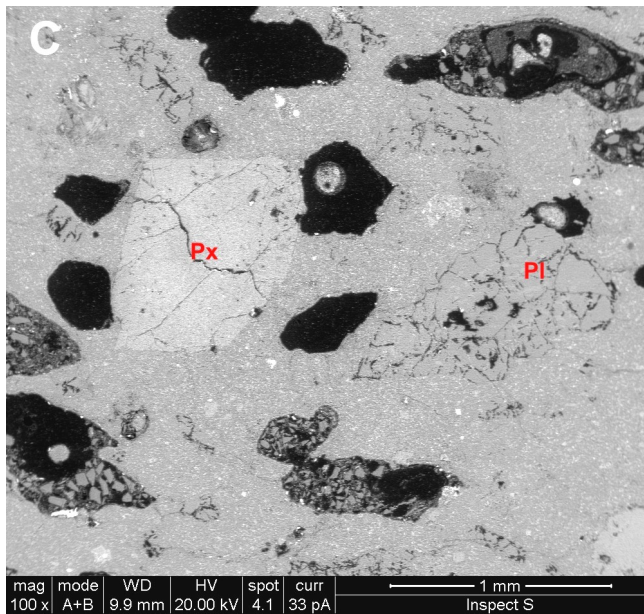
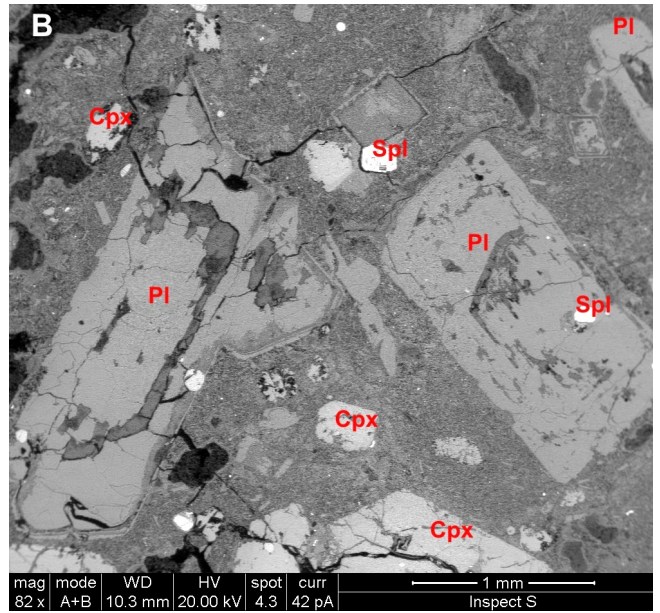
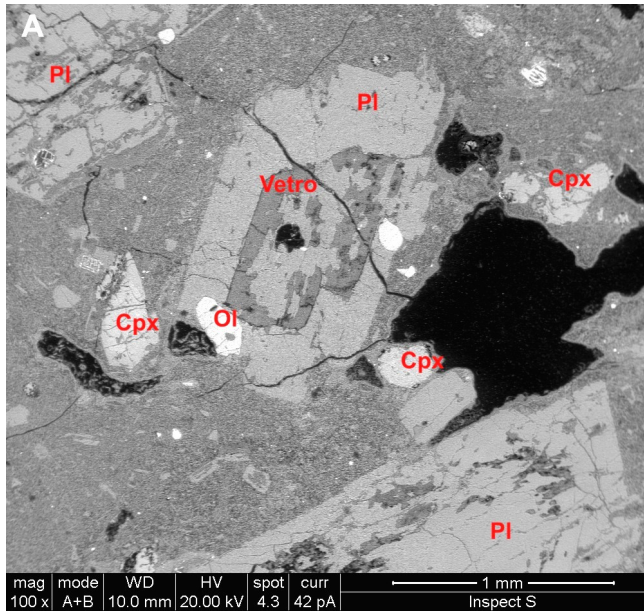


Fig. 7.11- Immagini SEM-BSE dei campioni MIL7 (A-B), MIL8 (C-D) e MIL9 (E-F).

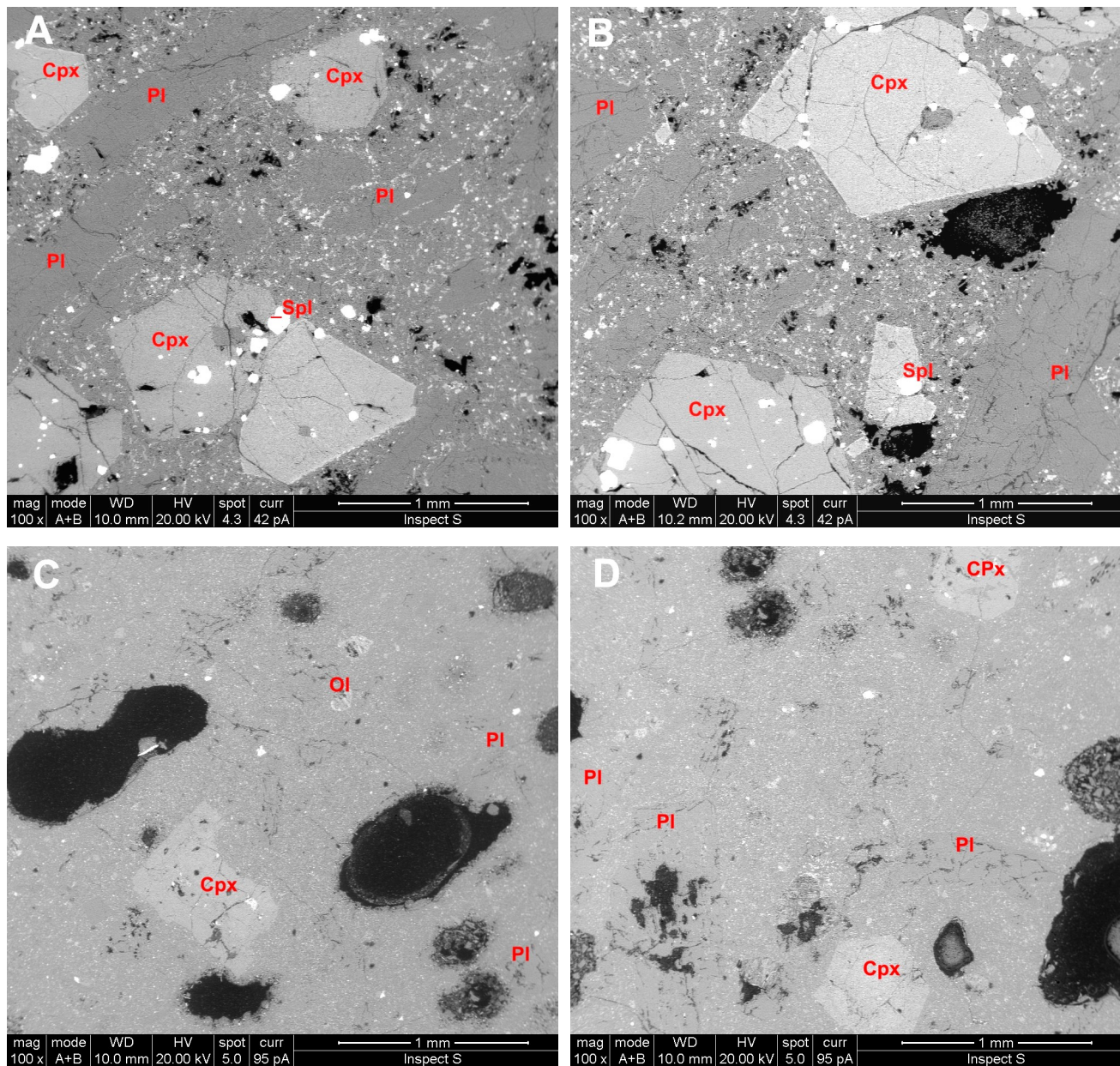


Fig. 7.12 - Immagini SEM-BSE dei campioni MIL10 (A-B) e MIL11 (C-D).

Tabella 7.1 – Analisi rappresentative dei pirosseni dei campioni di macine della serie MIL.

CAMPIONE	MIL1													
Na₂O	0.66	0.76	0.90	0.88	0.98	1.35	0.82	1.21	0.94	1.06	0.90	0.89	1.21	1.10
MgO	16.72	14.45	12.40	15.56	14.19	13.90	15.39	14.16	12.88	14.94	13.08	14.56	16.08	13.92
Al₂O₃	4.90	5.31	6.36	4.16	3.79	6.53	5.04	6.83	3.92	4.26	2.49	3.52	4.65	4.64
SiO₂	54.72	52.49	49.40	54.60	56.50	54.40	52.51	53.22	58.60	54.91	63.06	54.33	54.43	53.62
K₂O	0.00	0.00	0.00	0.13	0.32	0.19	0.13	0.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CaO	17.27	19.24	21.04	18.03	17.81	16.72	18.99	17.18	17.21	17.91	15.64	19.77	17.53	19.92
TiO₂	0.91	1.62	1.94	1.10	0.93	1.59	1.61	1.54	1.15	1.19	0.40	1.10	1.31	1.14
Mno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	4.82	6.12	7.95	5.54	5.48	5.33	5.69	5.44	5.30	5.72	4.43	5.83	4.79	5.65
TOTALE	100.00	99.99	99.99	100.00	100.00	100.01	100.18	100.00	100.00	99.99	100.00	100.00	100.00	99.99
Cationi	Cationi = 4													
Si	1.9593	1.9109	1.8352	1.9700	2.0291	1.9515	1.9062	1.9197	2.0824	1.9798	2.2003	1.9737	1.9558	1.9493
Ti	0.0245	0.0444	0.0542	0.0299	0.0251	0.0429	0.0440	0.0418	0.0307	0.0323	0.0105	0.0301	0.0354	0.0312
Al	0.2068	0.2278	0.2785	0.1769	0.1604	0.2761	0.2156	0.2904	0.1642	0.1810	0.1024	0.1507	0.1969	0.1988
Fe²⁺	0.1443	0.1863	0.2470	0.1672	0.1646	0.1599	0.1727	0.1641	0.1575	0.1725	0.1293	0.1771	0.1439	0.1718
Mg	0.8925	0.7842	0.6867	0.8369	0.7597	0.7433	0.8329	0.7614	0.6823	0.8030	0.6804	0.7885	0.8613	0.7544
Ca	0.6625	0.7504	0.8374	0.6970	0.6853	0.6426	0.7386	0.6640	0.6552	0.6919	0.5847	0.7695	0.6749	0.7759
Na	0.0458	0.0536	0.0648	0.0616	0.0682	0.0939	0.0577	0.0846	0.0648	0.0741	0.0609	0.0627	0.0843	0.0775
K	0.0000	0.0000	0.0000	0.0060	0.0147	0.0087	0.0060	0.0193	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
TOTALE	3.9357	3.9577	4.0038	3.9454	3.9071	3.9189	3.9738	3.9453	3.8372	3.9345	3.7684	3.9522	3.9525	3.9589
End Members														
Wo	38.99	43.61	47.59	40.97	42.58	41.57	42.35	41.77	43.83	41.49	41.93	44.35	40.17	45.59
En	52.52	45.57	39.02	49.20	47.20	48.09	47.75	47.90	45.64	48.16	48.80	45.44	51.27	44.32
Fs	8.49	10.83	13.39	9.83	10.23	10.34	9.90	10.32	10.54	10.34	9.27	10.21	8.57	10.09

Tabella 7.1 – Continua.

CAMPIONE	MIL2													
Na₂O	0.87	0.85	0.98	0.81	0.99	0.63	0.71	0.66	0.48	0.39	0.00	0.52	0.58	2.22
MgO	13.59	13.71	12.37	16.34	14.71	18.00	13.18	15.33	25.31	24.20	24.75	29.05	19.86	10.62
Al₂O₃	5.19	3.55	5.07	4.15	5.37	3.47	5.25	4.86	2.73	3.03	2.88	2.31	3.53	11.78
SiO₂	54.36	64.36	53.90	55.97	55.26	55.61	53.98	55.30	40.03	56.29	48.16	41.70	55.80	53.01
K₂O	0.29	0.40	0.64	0.44	0.55	0.32	0.68	0.62	0.21	0.26	0.23	0.17	0.19	0.53
CaO	15.67	4.20	8.99	5.56	5.40	4.52	5.81	4.81	1.07	2.17	1.62	1.14	4.33	7.42
TiO₂	0.42	0.24	0.51	0.39	0.39	0.33	0.38	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	0.26
Mno	0.30	0.41	0.64	0.62	0.57	0.61	0.66	0.43	0.60	0.43	0.51	0.49	0.47	0.48
FeO	9.32	12.28	16.91	15.73	16.77	16.51	19.35	17.63	29.58	13.23	21.40	24.62	14.98	13.68
TOTALE	100.01	100.00	100.01	100.01	100.01	100.00	100.00	100.00	100.01	100.00	99.55	100.00	100.00	100.00
Cationi	Cationi = 4													
Si	1.9809	2.2452	2.0007	2.0362	2.0201	2.0263	2.0048	2.0246	1.6054	2.0067	1.8229	1.6286	2.0158	1.9235
Ti	0.0115	0.0063	0.0142	0.0107	0.0107	0.0090	0.0106	0.0099	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0071	0.0071
Al	0.2229	0.1460	0.2218	0.1779	0.2314	0.1490	0.2298	0.2097	0.1290	0.1273	0.1285	0.1063	0.1503	0.5038
Fe²⁺	0.2840	0.3583	0.5249	0.4786	0.5127	0.5031	0.6010	0.5398	0.9921	0.3944	0.6774	0.8041	0.4526	0.4151
Mn	0.0093	0.0121	0.0201	0.0191	0.0176	0.0188	0.0208	0.0133	0.0204	0.0130	0.0164	0.0162	0.0144	0.0148
Mg	0.7383	0.7130	0.6845	0.8862	0.8016	0.9778	0.7297	0.8367	1.5132	1.2861	1.3965	1.6913	1.0696	0.5745
Ca	0.6118	0.1570	0.3575	0.2167	0.2115	0.1765	0.2312	0.1887	0.0460	0.0829	0.0657	0.0477	0.1676	0.2885
Na	0.0615	0.0575	0.0705	0.0571	0.0702	0.0445	0.0511	0.0468	0.0373	0.0270	0.0000	0.0394	0.0406	0.1562
K	0.0135	0.0178	0.0303	0.0204	0.0256	0.0149	0.0322	0.0290	0.0107	0.0118	0.0111	0.0085	0.0088	0.0245
TOTALE	3.9336	3.7131	3.9246	3.9029	3.9014	3.9199	3.9113	3.8985	4.3541	3.9491	4.1184	4.3422	3.9267	3.9079
End Members														
Wo	37.44	12.78	22.82	13.70	13.86	10.65	14.80	12.05	1.93	4.70	3.27	1.99	9.92	22.57
En	45.18	58.05	43.68	56.04	52.54	59.00	46.72	53.46	63.45	72.93	69.44	70.55	63.30	44.95
Fs	17.38	29.17	33.50	30.26	33.60	30.36	38.48	34.49	34.62	22.37	27.29	27.46	26.78	32.48

Tabella 7.1 – Continua

CAMPIONE		MIL3												
Na₂O	0.63	0.70	0.90	0.48	0.73	1.14	1.14	0.86	1.66	1.29	1.76	1.30	1.29	4.14
MgO	14.76	22.10	12.84	13.19	13.77	12.39	9.35	13.78	14.23	13.52	13.18	14.28	11.37	1.49
Al₂O₃	3.83	2.67	3.15	6.86	3.00	8.32	5.44	3.78	2.48	4.30	3.05	3.54	3.21	23.56
SiO₂	53.11	56.16	53.53	52.23	54.84	50.36	49.30	53.03	54.16	53.52	53.71	53.64	55.56	57.68
K₂O	0.28	0.45	0.58	0.30	0.37	0.44	0.98	0.23	0.71	0.33	0.53	0.54	0.52	1.26
CaO	19.88	1.96	19.45	19.75	18.38	19.78	24.19	20.39	18.36	18.97	19.12	19.22	18.99	9.47
TiO₂	0.67	0.30	0.59	0.93	0.47	1.20	0.79	0.57	0.42	0.84	0.53	0.00	0.47	0.00
Mno	0.15	0.89	0.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42	0.00	0.66	0.00	0.61	0.00
FeO	6.69	14.76	8.38	6.26	8.44	6.38	8.82	7.36	7.56	7.23	7.47	7.46	7.97	2.39
TOTALE	100.00	99.99	100.01	100.00	100.00	100.01	100.01	100.00	100.00	100.00	100.01	99.98	99.99	99.99
Cationi							Cationi = 4							
Si	1.9453	2.0226	1.9796	1.9027	2.0074	1.8467	1.8678	1.9505	1.9941	1.9593	1.9820	1.9713	2.0381	1.9642
Ti	0.0185	0.0081	0.0164	0.0255	0.0129	0.0331	0.0225	0.0158	0.0116	0.0231	0.0147	0.0000	0.0130	0.0000
Al	0.1653	0.1133	0.1373	0.2945	0.1294	0.3596	0.2429	0.1639	0.1076	0.1855	0.1326	0.1533	0.1388	0.9456
Fe²⁺	0.2049	0.4445	0.2592	0.1907	0.2584	0.1957	0.2795	0.2264	0.2328	0.2214	0.2305	0.2293	0.2445	0.0681
Mn	0.0047	0.0271	0.0185	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0131	0.0000	0.0206	0.0000	0.0190	0.0000
Mg	0.8059	1.1865	0.7079	0.7163	0.7514	0.6773	0.5281	0.7556	0.7811	0.7379	0.7251	0.7824	0.6218	0.0756
Ca	0.7801	0.0756	0.7706	0.7709	0.7208	0.7771	0.9819	0.8035	0.7243	0.7441	0.7560	0.7568	0.7464	0.3455
Na	0.0447	0.0489	0.0645	0.0339	0.0518	0.0811	0.0837	0.0613	0.1185	0.0916	0.1259	0.0926	0.0917	0.2733
K	0.0131	0.0207	0.0274	0.0139	0.0173	0.0206	0.0474	0.0108	0.0333	0.0154	0.0250	0.0253	0.0243	0.0547
TOTALE	3.9825	3.9474	3.9813	3.9485	3.9495	3.9912	4.0538	3.9878	4.0164	3.9783	4.0124	4.0110	3.9376	3.7271
End Members														
Wo	43.56	4.43	44.35	45.94	41.65	47.10	57.79	45.00	41.66	43.68	44.16	42.71	46.28	70.63
En	45.00	69.52	40.74	42.69	43.42	41.05	31.08	42.32	44.92	43.32	42.36	44.16	38.56	15.46
Fs	11.44	26.05	14.91	11.37	14.93	11.86	11.13	12.68	13.42	13.00	13.48	13.13	15.16	13.91

Tabella 7.1 – Continua

CAMPIONE	MIL4													
Na₂O	0.67	0.55	0.55	0.66	0.70	0.54	0.75	0.74	0.44	0.57	0.61	0.62	0.58	0.88
MgO	11.75	12.75	13.92	13.02	13.95	15.06	14.84	14.69	13.74	13.04	11.54	13.91	13.58	11.92
Al₂O₃	3.83	4.69	3.39	5.01	3.62	2.94	4.91	4.88	3.27	3.04	6.35	3.97	3.50	4.87
SiO₂	50.71	51.80	53.26	51.83	54.76	54.45	52.77	53.70	53.46	52.84	52.95	54.35	52.50	52.57
K₂O	0.21	0.32	0.22	0.40	0.41	0.34	0.29	0.30	0.34	0.23	0.59	0.32	20.17	0.51
CaO	21.50	21.55	18.46	21.85	18.69	21.72	20.30	18.16	19.59	19.67	18.22	18.24	0.88	18.74
TiO₂	1.17	0.88	0.60	0.86	0.50	0.37	0.68	0.79	0.77	0.74	0.71	0.86	0.28	0.83
Cr₂O₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.32	0.21	0.32	0.24	0.25	0.00	0.00	0.00	0.19	0.34	0.30	0.19	8.51	0.26
FeO	9.85	7.27	9.29	6.12	7.12	4.58	4.92	6.74	8.19	9.53	8.74	7.54	100.00	9.42
TOTALE	100.01	100.02	100.01	99.99	100.00	100.00	99.99	100.00	99.99	100.00	100.01	100.00	200.00	100.00
Cationi	Cationi = 4													
Si	1.9041	1.9149	1.9646	1.9096	1.9961	1.9806	1.9216	1.9513	1.9680	1.9614	1.9437	1.9816	1.3288	1.9456
Ti	0.0330	0.0245	0.0166	0.0238	0.0137	0.0101	0.0186	0.0216	0.0213	0.0207	0.0196	0.0236	0.0053	0.0231
Al	0.1695	0.2043	0.1474	0.2176	0.1555	0.1260	0.2107	0.2090	0.1419	0.1330	0.2747	0.1706	0.1044	0.2124
Cr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0153	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Fe²⁺	0.3093	0.2248	0.2866	0.1886	0.2171	0.1393	0.1498	0.2048	0.2521	0.2958	0.2683	0.2299	2.1166	0.2916
Mn	0.0102	0.0066	0.0100	0.0075	0.0077	0.0000	0.0000	0.0000	0.0059	0.0107	0.0093	0.0059	0.1824	0.0082
Mg	0.6577	0.7026	0.7655	0.7151	0.7581	0.8167	0.8056	0.7958	0.7540	0.7216	0.6315	0.7561	0.5124	0.6576
Ca	0.8649	0.8535	0.7296	0.8625	0.7299	0.8465	0.7920	0.7070	0.7727	0.7823	0.7166	0.7125	0.0239	0.7431
Na	0.0488	0.0394	0.0393	0.0471	0.0495	0.0381	0.0530	0.0521	0.0314	0.0410	0.0434	0.0438	0.0285	0.0631
K	0.0101	0.0151	0.0104	0.0188	0.0191	0.0158	0.0135	0.0139	0.0160	0.0109	0.0276	0.0149	0.6513	0.0241
TOTALE	4.0076	3.9857	3.9699	3.9907	3.9467	3.9731	3.9800	3.9556	3.9634	3.9774	3.9348	3.9389	4.9536	3.9687
End Members														
Wo	47.41	47.93	40.95	48.83	42.81	46.96	45.32	41.40	43.44	43.47	44.33	41.95	0.94	43.91
En	36.05	39.45	42.96	40.49	44.46	45.31	46.10	46.60	42.39	40.09	39.07	44.51	20.25	38.86
Fs	16.54	12.62	16.09	10.68	12.73	7.73	8.57	11.99	14.17	16.44	16.60	13.54	78.81	17.23

Tabella 7.1 – Continua

CAMPIONE	MIL5													
Na₂O	0.56	0.43	0.44	3.89	0.42	0.41	0.47	0.37	0.50	0.37	0.27	0.43	0.57	0.33
MgO	15.52	22.52	23.40	7.00	20.75	22.22	21.54	22.09	14.09	24.22	13.20	13.87	20.80	21.18
Al₂O₃	3.39	2.21	2.46	15.26	2.34	2.57	2.79	2.51	2.87	1.33	2.94	3.04	2.85	2.39
SiO₂	55.36	55.92	56.41	56.77	55.68	55.64	55.83	55.46	54.73	55.88	52.96	53.52	56.45	55.45
K₂O	0.23	0.15	2.01	0.53	0.17	0.20	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.17
CaO	20.07	1.52	0.39	4.85	2.43	2.18	2.40	2.34	16.92	1.97	18.89	18.51	2.02	2.27
TiO₂	0.00	0.00	0.00	0.25	0.33	0.11	0.27	0.29	0.41	0.21	0.52	0.45	0.00	0.38
Mno	0.00	0.30	0.00	0.00	0.50	0.46	0.41	0.39	0.35	0.42	0.38	0.15	0.46	0.41
FeO	4.88	16.95	14.88	11.44	17.37	16.20	16.13	16.54	10.13	15.61	10.84	10.03	16.64	17.42
TOTALE	100.01	100.00	99.99	99.99	99.99	99.99	100.02	99.99	100.00	100.01	100.00	100.00	100.01	100.00
Cationi	Cationi = 4													
Si	1.9995	2.0226	2.0313	2.0013	2.0248	2.0122	2.0169	2.0076	2.0080	2.0147	1.9680	1.9757	2.0390	2.0158
Ti	0.0000	0.0000	0.0000	0.0066	0.0090	0.0030	0.0073	0.0079	0.0113	0.0057	0.0145	0.0125	0.0000	0.0104
Al	0.1443	0.0942	0.1044	0.6340	0.1003	0.1095	0.1188	0.1071	0.1241	0.0565	0.1288	0.1323	0.1213	0.1024
Fe²⁺	0.1474	0.5127	0.4481	0.3373	0.5282	0.4899	0.4873	0.5007	0.3108	0.4707	0.3369	0.3096	0.5027	0.5296
Mn	0.0000	0.0092	0.0000	0.0000	0.0154	0.0141	0.0125	0.0120	0.0109	0.0128	0.0120	0.0047	0.0141	0.0126
Mg	0.8356	1.2143	1.2561	0.3679	1.1249	1.1979	1.1600	1.1920	0.7706	1.3018	0.7312	0.7633	1.1200	1.1478
Ca	0.7766	0.0589	0.0150	0.1832	0.0947	0.0845	0.0929	0.0908	0.6651	0.0761	0.7521	0.7321	0.0782	0.0884
Na	0.0392	0.0302	0.0307	0.2659	0.0296	0.0287	0.0329	0.0260	0.0356	0.0259	0.0195	0.0308	0.0399	0.0233
K	0.0106	0.0069	0.0923	0.0238	0.0079	0.0092	0.0083	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0101	0.0079
TOTALE	3.9533	3.9489	3.9780	3.8199	3.9348	3.9491	3.9370	3.9440	3.9364	3.9642	3.9628	3.9610	3.9253	3.9382
End Members														
Wo	44.14	3.30	0.88	20.62	5.42	4.77	5.34	5.09	38.08	4.12	41.32	40.56	4.60	5.01
En	47.49	67.99	73.06	41.41	64.36	67.59	66.66	66.84	44.12	70.42	40.17	42.29	65.85	65.00
Fs	8.38	28.71	26.06	37.97	30.22	27.64	28.00	28.07	17.80	25.46	18.51	17.15	29.55	29.99

Tabella 7.1 – Continua

CAMPIONE	MIL6													
Na₂O	0.41	0.64	0.55	0.32	0.30	0.39	0.26	0.74	0.27	0.47	0.55	0.34	0.39	0.36
MgO	14.32	11.92	12.88	21.64	20.67	13.22	20.54	13.39	20.28	13.45	13.74	15.71	12.08	13.22
Al₂O₃	2.94	2.90	3.07	1.78	1.82	2.16	1.66	3.30	1.81	2.74	2.75	2.59	3.11	2.34
SiO₂	53.73	51.57	53.07	54.75	55.43	52.70	54.46	54.11	54.15	53.31	53.48	54.57	52.34	52.87
K₂O	0.19	0.17	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CaO	16.28	18.16	18.33	2.11	2.22	18.31	2.39	16.72	2.44	18.23	17.95	20.24	20.05	19.95
TiO₂	0.62	0.62	0.52	0.32	0.36	0.49	0.39	0.46	0.00	0.60	0.58	0.00	0.51	0.44
Mno	0.39	0.31		0.63	0.41	0.37	0.57	0.00	0.61	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00
FeO	11.13	13.72	11.34	18.46	18.78	12.35	19.73	11.06	20.44	11.21	10.63	6.55	11.52	10.81
TOTALE	100.01	100.01	100.00	100.01	99.99	99.99	100.00	100.00	100.00	100.01	99.99	100.00	100.00	99.99
Cationi	Cationi = 4													
Si	1.9834	1.9474	1.9734	2.0039	2.0260	1.9725	2.0064	1.9951	2.0028	1.9771	1.9796	1.9888	1.9573	1.9702
Ti	0.0172	0.0176	0.0145	0.0088	0.0099	0.0138	0.0108	0.0128	0.0000	0.0167	0.0161	0.0000	0.0143	0.0123
Al	0.1279	0.1291	0.1345	0.0768	0.0784	0.0953	0.0721	0.1434	0.0789	0.1198	0.1200	0.1112	0.1371	0.1028
Fe²⁺	0.3436	0.4333	0.3526	0.5650	0.5740	0.3866	0.6079	0.3410	0.6322	0.3477	0.3291	0.1996	0.3603	0.3369
Mn	0.0122	0.0099	0.0000	0.0195	0.0127	0.0117	0.0178	0.0000	0.0191	0.0000	0.0097	0.0000	0.0000	0.0000
Mg	0.7880	0.6710	0.7140	1.1807	1.1263	0.7377	1.1281	0.7360	1.1182	0.7436	0.7582	0.8535	0.6734	0.7344
Ca	0.6439	0.7347	0.7303	0.0827	0.0869	0.7343	0.0943	0.6605	0.0967	0.7244	0.7119	0.7903	0.8033	0.7965
Na	0.0293	0.0469	0.0397	0.0227	0.0213	0.0283	0.0186	0.0529	0.0194	0.0338	0.0395	0.0240	0.0283	0.0260
K	0.0089	0.0082	0.0114	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0103	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
TOTALE	3.9546	3.9980	3.9703	3.9603	3.9355	3.9802	3.9560	3.9521	3.9674	3.9631	3.9640	3.9676	3.9740	3.9791
End Members														
Wo	36.26	39.95	40.64	4.53	4.86	39.51	5.15	38.01	5.23	39.90	39.57	42.87	43.73	42.64
En	44.38	36.49	39.73	64.57	63.02	39.69	61.63	42.36	60.54	40.96	42.14	46.30	36.66	39.32
Fs	19.35	23.56	19.63	30.90	32.12	20.80	33.21	19.63	34.23	19.15	18.29	10.83	19.61	18.04

Tabella 7.1 – Continua

CAMPIONE	MIL7													
Na₂O	0.43	0.52	0.60	0.47	0.56	0.53	0.47	0.66	0.57	0.46	0.42	0.33	0.38	1.55
MgO	15.58	10.69	10.82	13.22	19.68	18.16	13.41	13.49	14.94	12.13	13.35	19.38	19.79	15.82
Al₂O₃	2.35	2.22	2.10	2.73	2.45	3.86	2.88	2.54	5.01	2.05	2.18	1.85	2.11	4.12
SiO₂	49.80	54.49	60.47	56.15	55.51	53.89	52.74	54.86	54.22	53.77	55.22	55.12	55.60	53.93
K₂O	0.34	0.23	0.32	0.46	0.35	0.28	0.17	0.25	0.25	0.36	0.17	0.16	0.28	0.30
CaO	2.29	18.15	14.90	1.90	1.75	2.11	21.47	17.27	17.64	19.40	17.75	1.68	1.69	2.62
TiO₂	0.45	0.62	0.51	0.54	0.36	0.37	0.39	0.43	0.58	0.00	0.39	0.42	0.32	0.44
Mno	0.85	0.38	0.26	0.78	0.53	0.56	0.00	0.28	0.23	0.00	0.00	0.69	0.58	0.60
FeO	27.91	12.70	10.02	23.75	18.83	20.24	8.47	10.22	6.56	11.82	10.53	20.36	19.26	20.61
TOTALE	100.00	100.00	100.00	100.00	100.02	100.00	100.00	100.00	100.00	99.99	100.01	99.99	100.01	99.99
Cationi	Cationi = 4													
Si	1.9302	2.0330	2.1739	2.0931	2.0300	1.9887	1.9557	2.0187	1.9629	2.0089	2.0311	2.0306	2.0358	2.0019
Ti	0.0131	0.0174	0.0138	0.0151	0.0099	0.0103	0.0109	0.0119	0.0158	0.0000	0.0108	0.0116	0.0088	0.0123
Al	0.1073	0.0976	0.0890	0.1199	0.1056	0.1679	0.1259	0.1102	0.2138	0.0903	0.0945	0.0803	0.0911	0.1802
Fe²⁺	0.9046	0.3963	0.3012	0.7404	0.5759	0.6246	0.2627	0.3145	0.1986	0.3693	0.3239	0.6273	0.5897	0.6398
Mn	0.0279	0.0120	0.0079	0.0246	0.0164	0.0175	0.0000	0.0087	0.0071	0.0000	0.0000	0.0215	0.0180	0.0189
Mg	0.9002	0.5946	0.5799	0.7347	1.0729	0.9991	0.7413	0.7400	0.8063	0.6756	0.7320	1.0643	1.0802	0.8755
Ca	0.0951	0.7255	0.5739	0.0759	0.0686	0.0834	0.8530	0.6809	0.6842	0.7766	0.6995	0.0663	0.0663	0.1042
Na	0.0323	0.0376	0.0418	0.0340	0.0397	0.0379	0.0338	0.0471	0.0400	0.0333	0.0300	0.0236	0.0270	0.1116
K	0.0168	0.0109	0.0147	0.0219	0.0163	0.0132	0.0080	0.0117	0.0115	0.0172	0.0080	0.0075	0.0131	0.0142
TOTALE	4.0276	3.9250	3.7961	3.8597	3.9353	3.9426	3.9914	3.9437	3.9402	3.9712	3.9298	3.9331	3.9299	3.9585
End Members														
Wo	5.16	42.27	39.44	4.89	3.99	4.89	45.94	39.23	40.51	42.63	39.85	3.77	3.82	6.43
En	48.86	34.64	39.85	47.37	62.47	58.52	39.92	42.64	47.73	37.09	41.70	60.55	62.21	54.06
Fs	45.98	23.09	20.70	47.74	33.53	36.59	14.14	18.12	11.76	20.28	18.45	35.68	33.97	39.51

Tabella 7.1 – Continua

CAMPIONE	MIL8													
Na₂O	0.00	0.40	0.46	0.00	0.32	0.70	0.36	0.63	0.60	0.55	0.46	0.66	0.41	0.44
MgO	14.26	14.85	14.60	15.25	13.89	12.55	13.87	13.82	14.77	13.60	14.16	13.40	14.37	14.32
Al₂O₃	2.39	2.97	4.00	3.23	2.75	4.32	3.84	4.05	3.34	3.07	3.50	3.63	3.30	2.84
SiO₂	56.48	54.20	54.16	54.80	53.99	55.02	52.19	52.54	55.08	53.57	53.95	53.82	54.81	55.33
K₂O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.25	0.27	0.00	0.00	0.29	0.26	0.00
CaO	15.58	19.15	18.65	18.22	16.17	15.82	20.55	19.48	17.92	17.10	19.08	19.15	18.63	18.57
TiO₂	0.51	0.38	0.34		0.77	0.60	0.59	0.54	0.34	0.56	0.35	0.42	0.48	0.54
Mno	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	10.38	8.07	7.80	8.51	12.11	10.98	8.31	8.68	7.67	11.56	8.50	8.64	7.75	7.94
TOTALE	99.99	100.02	100.01	100.01	100.00	99.99	100.01	99.99	99.99	100.01	100.00	100.01	100.01	99.98
Cationi	Cationi = 4													
Si	2.0549	1.9828	1.9740	1.9966	1.9939	2.0117	1.9301	1.9393	2.0034	1.9816	1.9772	1.9783	1.9979	2.0144
Ti	0.0140	0.0105	0.0093	0.0000	0.0214	0.0165	0.0164	0.0150	0.0093	0.0156	0.0096	0.0116	0.0132	0.0148
Al	0.1025	0.1281	0.1718	0.1387	0.1197	0.1862	0.1674	0.1762	0.1432	0.1338	0.1512	0.1573	0.1418	0.1219
Fe²⁺	0.3158	0.2469	0.2378	0.2593	0.3740	0.3357	0.2570	0.2679	0.2333	0.3576	0.2605	0.2656	0.2362	0.2417
Mn	0.0120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Mg	0.7734	0.8099	0.7933	0.8283	0.7647	0.6841	0.7647	0.7604	0.8009	0.7499	0.7736	0.7343	0.7809	0.7772
Ca	0.6073	0.7506	0.7283	0.7112	0.6398	0.6197	0.8143	0.7704	0.6983	0.6777	0.7492	0.7542	0.7276	0.7244
Na	0.0000	0.0284	0.0325	0.0000	0.0229	0.0496	0.0258	0.0451	0.0423	0.0394	0.0327	0.0470	0.0290	0.0311
K	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0142	0.0118	0.0125	0.0000	0.0000	0.0136	0.0121	0.0000
TOTALE	3.8799	3.9569	3.9470	3.9341	3.9364	3.9035	3.9898	3.9861	3.9432	3.9557	3.9540	3.9618	3.9386	3.9254
End Members														
Wo	35.80	41.53	41.40	39.54	35.97	37.80	44.35	42.83	40.31	37.96	42.01	43.00	41.70	41.55
En	45.59	44.81	45.09	46.05	43.00	41.72	41.65	42.28	46.23	42.01	43.38	41.86	44.76	44.58
Fs	18.62	13.66	13.51	14.41	21.03	20.48	14.00	14.90	13.47	20.03	14.61	15.14	13.54	13.87

Tabella 7.1 – Continua

CAMPIONE	MIL9													
Na₂O	0.52	0.57	0.58	0.74	0.96	0.55	0.59	0.42	0.49	0.46	0.46	0.47	0.51	0.42
MgO	13.86	13.22	12.74	12.99	13.40	22.25	18.03	23.27	22.84	20.94	20.54	22.00	12.19	22.44
Al₂O₃	2.84	2.75	4.53	4.62	4.81	2.46	2.73	1.95	2.43	1.86	2.38	2.75	2.99	3.11
SiO₂	53.42	53.93	54.06	53.97	54.53	57.17	54.42	56.67	56.01	55.51	55.36	55.74	53.42	56.36
K₂O	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.42	0.25	0.25	0.28	0.28	0.32	0.00	0.18
CaO	19.58	20.12	20.11	19.02	17.82	1.70	1.98	1.35	1.63	1.54	1.69	1.91	21.08	2.05
TiO₂	0.53	0.46	0.26	0.50	0.62	0.24	0.27	0.20	0.00	0.21	0.39	0.00	0.58	0.66
Mno	0.51	0.00	0.00	0.39	0.00	0.68	0.95	0.66	0.72	0.85	0.90	0.64	0.34	0.00
FeO	8.59	8.96	7.72	7.78	7.87	14.63	20.60	15.23	15.62	18.36	17.99	16.17	8.88	14.78
TOTALE	100.01	100.01	100.00	100.01	100.01	100.01	99.99	100.00	99.99	100.01	99.99	100.00	99.99	100.00
Cationi	Cationi = 4													
Si	1.9722	1.9885	1.9769	1.9726	1.9820	2.0467	2.0162	2.0350	2.0194	2.0285	2.0207	2.0158	1.9789	2.0159
Ti	0.0147	0.0128	0.0072	0.0137	0.0170	0.0065	0.0075	0.0054	0.0000	0.0058	0.0107	0.0000	0.0162	0.0178
Al	0.1236	0.1195	0.1952	0.1990	0.2060	0.1038	0.1192	0.0825	0.1033	0.0801	0.1024	0.1172	0.1305	0.1311
Fe²⁺	0.2652	0.2763	0.2361	0.2378	0.2392	0.4380	0.6383	0.4574	0.4710	0.5611	0.5492	0.4890	0.2751	0.4421
Mn	0.0159	0.0000	0.0000	0.0121	0.0000	0.0206	0.0298	0.0201	0.0220	0.0263	0.0278	0.0196	0.0107	0.0000
Mg	0.7628	0.7267	0.6945	0.7078	0.7261	1.1875	0.9958	1.2457	1.2276	1.1408	1.1177	1.1861	0.6732	1.1966
Ca	0.7745	0.7948	0.7879	0.7448	0.6940	0.0652	0.0786	0.0519	0.0630	0.0603	0.0661	0.0740	0.8367	0.0786
Na	0.0372	0.0407	0.0411	0.0524	0.0677	0.0382	0.0424	0.0292	0.0343	0.0326	0.0326	0.0330	0.0366	0.0291
K	0.0075	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0151	0.0199	0.0115	0.0115	0.0131	0.0130	0.0148	0.0000	0.0082
TOTALE	3.9737	3.9593	3.9389	3.9403	3.9319	3.9215	3.9477	3.9387	3.9519	3.9485	3.9402	3.9495	3.9579	3.9194
End Members														
Wo	42.97	44.21	45.85	44.06	41.82	3.86	4.59	2.96	3.57	3.42	3.81	4.23	46.87	4.57
En	42.32	40.42	40.41	41.87	43.76	70.24	58.14	70.98	69.69	64.74	64.50	67.81	37.71	69.68
Fs	14.71	15.37	13.74	14.07	14.42	25.91	37.27	26.06	26.74	31.84	31.69	27.96	15.41	25.75

Tabella 7.1 – Continua

CAMPIONE	MIL10													
Na₂O	0.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.57	0.62	0.55	0.00	0.57	0.00	0.00	0.63	0.53
MgO	31.29	33.27	30.82	33.07	32.97	13.18	12.76	13.78	32.67	13.53	35.16	36.00	13.13	13.41
Al₂O₃	2.25	1.55	1.77	1.69	1.72	4.06	4.38	3.74	1.58	3.85	0.80		3.44	4.08
SiO₂	39.95	41.01	47.01	41.35	40.76	53.08	53.36	52.21	40.09	53.94	40.87	41.65	53.14	52.46
K₂O	0.41	0.29	0.45	0.30	0.31	0.26	0.00	0.00	0.32	0.29	0.00	0.00	0.21	0.00
CaO	0.86	0.72	0.68	0.72	0.79	20.05	20.53	20.73	0.74	19.54	0.61	0.79	20.25	20.39
TiO₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.73	0.00	0.63		0.52	0.00	0.00	0.68	0.66
Mno	0.61	0.54	0.36	0.52	0.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.46	0.00	0.28	0.28
FeO	24.15	22.63	18.91	22.36	22.81	8.06	8.35	8.34	24.60	7.77	22.09	21.57	8.26	8.18
TOTALE	99.99	100.01	100.00	100.01	100.01	99.99	100.00	99.98	100.00	100.01	99.99	100.01	100.02	99.99
Cationi	Cationi = 4													
Si	1.5679	1.5906	1.7604	1.5997	1.5841	1.9536	1.9634	1.9308	1.5696	1.9757	1.5812	1.6034	1.9616	1.9363
Ti	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0202	0.0000	0.0175	0.0000	0.0143	0.0000	0.0000	0.0189	0.0183
Al	0.1041	0.0709	0.0781	0.0771	0.0788	0.1761	0.1899	0.1630	0.0729	0.1662	0.0365	0.0000	0.1497	0.1775
Fe²⁺	0.7927	0.7340	0.5922	0.7234	0.7414	0.2481	0.2569	0.2579	0.8055	0.2380	0.7147	0.6945	0.2550	0.2525
Mn	0.0203	0.0177	0.0114	0.0170	0.0214	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0151	0.0000	0.0088	0.0088
Mg	1.8307	1.9237	1.7205	1.9073	1.9102	0.7231	0.6999	0.7597	1.9069	0.7388	2.0278	2.0661	0.7225	0.7379
Ca	0.0362	0.0299	0.0273	0.0298	0.0329	0.7906	0.8093	0.8214	0.0310	0.7668	0.0253	0.0326	0.8009	0.8064
Na	0.0358	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0407	0.0442	0.0394	0.0000	0.0405	0.0000	0.0000	0.0451	0.0379
K	0.0205	0.0143	0.0215	0.0148	0.0154	0.0122	0.0000	0.0000	0.0160	0.0136	0.0000	0.0000	0.0099	0.0000
TOTALE	4.4082	4.3812	4.2113	4.3692	4.3842	3.9646	3.9638	3.9899	4.4019	3.9539	4.4006	4.3966	3.9722	3.9756
End Members														
Wo	1.44	1.14	1.21	1.16	1.26	44.87	45.82	44.66	1.16	43.98	0.93	1.17	45.03	44.88
En	72.66	73.51	76.07	73.83	73.31	41.04	39.63	41.31	71.41	42.37	74.24	73.97	40.63	41.07
Fs	25.91	25.34	22.73	25.02	25.43	14.08	14.55	14.03	27.43	13.65	24.83	24.86	14.34	14.05

Tabella 7.1 – Continua

CAMPIONE	MIL11									
Na₂O	14.25	11.72	14.50	10.35	13.66	15.17	13.09	20.11	14.22	20.87
MgO	2.71	2.94	3.77	3.38	4.28	3.50	3.55	2.19	2.93	2.45
Al₂O₃	54.04	52.86	54.45	50.50	53.15	55.22	52.86	54.56	53.27	55.63
SiO₂	0.00	0.00	0.25	0.35	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22
K₂O	17.25	20.68	18.20	21.75	19.56	17.06	20.83	2.72	18.16	2.93
CaO	0.40	0.58	0.53	0.74	0.47	0.46	0.59	0.37	0.36	0.00
TiO₂	0.39	0.21	0.00	0.59	0.00	0.00	0.00	0.43	0.50	0.38
Mno	10.96	11.00	7.88	11.76	8.65	8.59	9.07	19.62	10.56	17.51
FeO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTALE	100.00	99.99	100.00	100.00	100.01	100.00	99.99	100.00	100.00	99.99
Cationi	Cationi = 4									
Si	1.9929	1.9724	1.9844	1.9184	1.9531	2.0032	1.9542	2.0057	1.9709	2.0235
Ti	0.0111	0.0163	0.0145	0.0211	0.0130	0.0126	0.0164	0.0102	0.0100	0.0000
Al	0.1178	0.1293	0.1619	0.1513	0.1854	0.1496	0.1547	0.0949	0.1278	0.1050
Fe²⁺	0.3380	0.3433	0.2402	0.3736	0.2658	0.2606	0.2804	0.6032	0.3267	0.5327
Mn	0.0122	0.0066	0.0000	0.0190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0134	0.0157	0.0117
Mg	0.7834	0.6519	0.7878	0.5861	0.7483	0.8204	0.7214	1.1021	0.7843	1.1317
Ca	0.6816	0.8268	0.7107	0.8853	0.7701	0.6631	0.8250	0.1071	0.7199	0.1142
Na	0.0000	0.0000	0.0297	0.0427	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
K	0.0000	0.0000	0.0116	0.0170	0.0113	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0102
TOTALE	3.9371	3.9466	3.9408	4.0146	3.9469	3.9094	3.9521	3.9366	3.9552	3.9290
End Members										
Wo	37.83	45.40	40.88	48.46	43.18	38.10	45.16	5.92	39.34	6.43
En	43.48	35.80	45.32	32.09	41.96	47.14	39.49	60.93	42.86	63.76
Fs	18.70	18.81	13.80	19.45	14.87	14.76	15.35	33.15	17.80	29.80

Tabella 7.2 – Analisi rappresentative dei plagioclasti dei campioni di macine della serie MIL.

CAMPIONE	MIL1											
SiO₂	54.38	54.01	51.96	51.48	59.99	53.51	52.82	54.30	52.09	49.86	53.48	51.98
Al₂O₃	29.80	31.52	31.71	31.48	25.24	32.16	27.97	30.17	30.55	33.13	31.01	31.10
FeO	0.52	0.31	0.47	0.74	0.53		1.06	0.47	0.51	0.28	0.46	0.52
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.32	0.05	0.09	0.00	0.00	0.00
CaO	10.61	9.90	12.77	12.64	6.44	10.79	13.60	10.68	13.21	14.71	10.71	13.60
Na₂O	4.40	4.03	3.03	3.20	7.25	3.52	3.91	4.34	3.19	1.88	4.30	2.73
K₂O	0.30	0.23	0.06	0.46	0.56		0.33		0.36	0.14	0.06	0.07
TOTALE	100.01	100.00	100.00	100.00	100.01	100.00	100.01	100.01	100.00	100.00	100.02	100.00
Cationi	O = 8											
Si	2.4362	2.4114	2.3377	2.3214	2.6630	2.3931	2.3901	2.4290	2.3533	2.2578	2.3953	2.3427
Al	1.5734	1.6586	1.6814	1.6731	1.3205	1.6952	1.4917	1.5906	1.6267	1.7682	1.6369	1.6519
Ti	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Fe³⁺	0.0390	0.0231	0.0354	0.0558	0.0393	0.0000	0.0802	0.0352	0.0385	0.0212	0.0345	0.0392
Mg	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0013	0.0216	0.0033	0.0061	0.0000	0.0000	0.0000
Ca	0.5093	0.4736	0.6156	0.6107	0.3063	0.5170	0.6594	0.5119	0.6394	0.7137	0.5140	0.6567
Na	0.3822	0.3489	0.2643	0.2798	0.6240	0.3052	0.3430	0.3764	0.2794	0.1651	0.3734	0.2385
K	0.0171	0.0131	0.0034	0.0265	0.0317	0.0000	0.0190	0.0000	0.0207	0.0081	0.0034	0.0040
Z	4.048628	4.093156	4.054473	4.050305	4.02289	4.088297	3.961975	4.054733	4.018508	4.047201	4.06666	4.03378
X	0.908614	0.835541	0.883317	0.916945	0.962005	0.823596	1.043031	0.891614	0.945665	0.886854	0.890783	0.89929
End Members												
Ab	42.06	41.75	29.92	30.51	64.86	37.12	33.58	42.37	29.74	18.61	41.92	26.53
An	56.05	56.68	69.69	66.60	31.84	62.88	64.55	57.63	68.05	80.48	57.70	73.03
Or	1.89	1.57	0.39	2.89	3.30	0.00	1.86	0.00	2.21	0.91	0.38	0.45

Tab. 7.2 – Continua.

CAMPIONE	MIL2							
SiO ₂	45.75	48.81	49.64	49.86	49.19	48.55	48.89	56.6
Al ₂ O ₃	30.79	30.41	29.41	31.14	31.26	32	31.55	25.03
FeO	1.51	1.34	1.86	1.19	1.28	1.34	1.26	2.39
MgO	0.36	0.29	0.47	0.16				0.63
CaO	19.55	17.16	16	15.49	16.08	16.35	16.38	10.94
Na ₂ O	1.56	1.69	2.04	1.82	1.88	1.49	1.71	3.67
K ₂ O	0.48	0.3	0.57	0.33	0.3	0.28	0.21	0.74
TOTALE	100.0	100.0	99.99	99.99	99.99	100.0	100.0	100.0
	0	0				1	0	0
Cationi	O = 8							
Si	2.1153	2.2263	2.2548	2.2591	2.2347	2.2046	2.2215	2.5137
Al	1.6779	1.6348	1.5744	1.6629	1.6737	1.7126	1.6896	1.3101
Ti	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Fe ³⁺	0.1168	0.1022	0.1413	0.0902	0.0973	0.1018	0.0958	0.1775
Mg	0.0248	0.0197	0.0318	0.0108	0.0000	0.0000	0.0000	0.0417
Ca	0.9685	0.8386	0.7787	0.7520	0.7827	0.7955	0.7975	0.5206
Na	0.1398	0.1495	0.1797	0.1599	0.1656	0.1312	0.1507	0.3160
K	0.02831	0.01746	0.03303	0.01907	0.01739	0.01622	0.01217	0.04193
Z	3.9100	3.9634	3.9705	4.0121	4.0057	4.0190	4.0069	4.0013
X	1.1615	1.0253	1.0232	0.9417	0.9657	0.9429	0.9603	0.9202
End Members								
Ab	12.30	14.86	18.12	17.17	17.15	13.91	15.69	35.97
An	85.21	83.40	78.55	80.78	81.05	84.37	83.04	59.26
Or	2.49	1.74	3.33	2.05	1.80	1.72	1.27	4.77

Tab. 7.2 – Continua.

CAMPIONE	MIL3											
SiO₂	57.41	56.93	51.87	56.15	57.00	55.35	53.67	55.40	57.40	59.55	56.86	57.14
Al₂O₃	26.06	27.03	30.31	27.28	26.69	26.96	25.76	26.65	25.74	24.97	26.93	25.86
FeO	0.45	0.39	0.63	0.86	0.45	0.85	1.43	1.14	0.71	0.46	0.54	0.57
MgO	0	0	0	0	0	0.31	0.36	0.44	0	0	0	0
CaO	8.71	9.26	13.6	10	9.9	11.2	13.36	11	9.44	6.89	9.67	10.34
Na₂O	6.12	5.52	3.04	4.78	5.07	4.61	4.3	4.51	5.4	6.85	5.12	4.94
K₂O	1.25	0.87	0.54	0.93	0.9	0.74	1.12	0.86	1.31	1.27	0.89	1.16
TOTALE	100	100	99.99	100	100.01	100.02	100	100	100	99.99	100.01	100.01
Cationi	O = 8											
Si	2.5790	2.5522	2.3475	2.5147	2.5559	2.4891	2.4368	2.4880	2.5759	2.6580	2.5473	2.5676
Al	1.3798	1.4282	1.6167	1.4400	1.4105	1.4289	1.3784	1.4106	1.3614	1.3136	1.4219	1.3695
Ti	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Fe³⁺	0.0338	0.0292	0.0477	0.0644	0.0337	0.0639	0.1086	0.0856	0.0533	0.0343	0.0405	0.0428
Mg	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0208	0.0244	0.0295	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Ca	0.4192	0.4448	0.6595	0.4799	0.4756	0.5396	0.6499	0.5293	0.4539	0.3295	0.4642	0.4978
Na	0.5330	0.4798	0.2668	0.4151	0.4408	0.4019	0.3785	0.3927	0.4698	0.5928	0.4447	0.4304
K	0.0716	0.0498	0.0312	0.0531	0.0515	0.0425	0.0649	0.0493	0.0750	0.0723	0.0509	0.0665
Z	4.0486	4.0932	4.0545	4.0503	4.0229	4.0883	3.9620	4.0547	4.0185	4.0472	4.0667	4.0338
X	0.9086	0.8355	0.8833	0.9169	0.9620	0.8236	1.0430	0.8916	0.9457	0.8869	0.8908	0.8993
End Members												
Ab	42.06	41.75	29.92	30.51	64.86	37.12	33.58	42.37	29.74	18.61	41.92	26.53
An	56.05	56.68	69.69	66.60	31.84	62.88	64.55	57.63	68.05	80.48	57.70	73.03
Or	1.89	1.57	0.39	2.89	3.30	0.00	1.86	0.00	2.21	0.91	0.38	0.45

Tab. 7.2 – Continua.

CAMPIONE	MIL4								
SiO₂	48.61	51.51	50.34	55.04	53.85	57.29	50.44	51.1	57.73
Al₂O₃	30.22	29.5	30.32	27.21	27.12	26.16	29.95	30.19	25.31
FeO	0.77	1.15	0.74	1.04	1.27	0.88	0.89	0.74	0.98
MgO	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CaO	17.82	14.58	15.85	11.14	12.93	9.01	15.58	15.18	9.48
Na₂O	1.83	2.6	2.09	4.2	3.62	5.32	2.49	2.23	4.73
K₂O	0.76	0.65	0.65	1.03	1.21	1.35	0.65	0.55	1.77
TOTALE	100.01	99.99	99.99	99.66	100.00	100.01	100.00	99.99	100.00
Cationi	O = 8								
Si	2.2359	2.3332	2.2939	2.4813	2.4344	2.5646	2.2982	2.3200	2.5868
Al	1.6382	1.5749	1.6284	1.4457	1.4449	1.3802	1.6083	1.6154	1.3367
Ti	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Fe³⁺	0.0592	0.0871	0.0564	0.0784	0.0960	0.0659	0.0678	0.0562	0.0734
Mg	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Ca	0.8782	0.7076	0.7739	0.5381	0.6263	0.4322	0.7606	0.7384	0.4551
Na	0.1632	0.2283	0.1847	0.3671	0.3173	0.4617	0.2200	0.1963	0.4109
K	0.0446	0.0376	0.0378	0.0592	0.0698	0.0771	0.0378	0.0319	0.1012
Z	3.9333	3.9952	3.9787	4.0054	3.9753	4.0107	3.9743	3.9917	3.9969
X	1.0860	0.9735	0.9963	0.9644	1.0133	0.9710	1.0183	0.9666	0.9673
End Members									
Ab	15.03	23.46	18.53	38.06	31.31	47.55	21.60	20.31	42.48
An	80.87	72.69	77.67	55.79	61.80	44.51	74.69	76.40	47.05
Or	4.11	3.86	3.79	6.14	6.89	7.94	3.71	3.30	10.46

Tab. 7.2 – Continua.

CAMPIONE	MIL5											
SiO₂	50.18	51.39	50.5	51.64	50.63	50.61	51.18	52.92	50.71	50.33	49.07	50.02
Al₂O₃	30.51	30.4	30.65	29.82	30.91	31.21	30.55	29.43	30.7	30.8	30.38	30.66
FeO	1.03	0.9	1.01	1.28	0.83	0.9	0.87	2.3	0.85	1.05	1.16	1.16
MgO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CaO	15.97	14.72	15.18	14.32	15.04	14.79	14.65	12.59	14.96	15.15	17.36	15.84
Na₂O	1.98	2.23	2.36	2.58	2.28	2.21	2.38	2.1	2.57	2.28	1.71	2.04
K₂O	0.32	0.36	0.29	0.36	0.31	0.28	0.38	0.67	0.2	0.39	0.33	0.27
TOTALE	99.99	100	99.99	100	100	100	100.01	100.01	99.99	100	100.01	99.99
Cationi	O = 8											
Si	2.2794	2.3234	2.2895	2.3303	2.2947	2.2898	2.3159	2.3574	2.2988	2.2821	2.2403	2.2701
Al	1.6334	1.6199	1.6377	1.5860	1.6511	1.6642	1.6292	1.5451	1.6402	1.6459	1.6347	1.6400
Ti	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Fe³⁺	0.0783	0.0681	0.0766	0.0966	0.0629	0.0681	0.0658	0.1714	0.0644	0.0796	0.0886	0.0880
Mg	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Ca	0.7773	0.7131	0.7374	0.6924	0.7304	0.7170	0.7103	0.6009	0.7266	0.7360	0.8492	0.7702
Na	0.1744	0.1955	0.2074	0.2257	0.2004	0.1939	0.2088	0.1814	0.2259	0.2004	0.1514	0.1795
K	0.0185	0.0208	0.0168	0.0207	0.0179	0.0162	0.0219	0.0381	0.0116	0.0226	0.0192	0.0156
Z	3.9911	4.0114	4.0038	4.0128	4.0088	4.0221	4.0110	4.0738	4.0035	4.0076	3.9636	3.9981
X	0.9702	0.9293	0.9616	0.9388	0.9486	0.9270	0.9410	0.8203	0.9641	0.9590	1.0198	0.9654
End Members												
Ab	17.97	21.04	21.57	24.04	21.12	20.91	22.19	22.11	23.43	20.90	14.84	18.59
An	80.11	76.73	76.68	73.75	76.99	77.34	75.48	73.25	75.37	76.75	83.27	79.79
Or	1.91	2.23	1.74	2.21	1.89	1.74	2.33	4.64	1.20	2.35	1.88	1.62

Tab. 7.2 – Continua.

CAMPIONE	MIL6											
SiO₂	52.75	52.88	53.46	51.99	53.29	50.91	53.96	55.59	51.94	51.16	52.61	52.46
Al₂O₃	28.34	27.71	28.84	29.46	29.13	30.09	27.95	26.01	29.47	29.85	29.60	29.99
FeO	1.39	1.61	1.32	1.23	1.01	1.40	1.10	1.74	1.19	1.02	1.07	1.04
MgO	0.85	0.86	0.30	0.12	0.30	0.24	0.23	0.46	0.30			
CaO	13.05	13.28	12.31	14.04	12.59	14.30	12.57	11.16	13.79	14.85	13.51	13.18
Na₂O	3.24	3.16	3.15	2.62	3.05	2.51	3.47	3.93	2.77	2.59	2.81	2.88
K₂O	0.38	0.50	0.61	0.54	0.63	0.55	0.72	1.11	0.54	0.53	0.40	0.46
TOTALE	100.00	100.00	99.99	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.01
Cationi	O = 8											
Si	2.3745	2.3809	2.3987	2.3465	2.3963	2.3011	2.4289	2.4888	2.3447	2.3201	2.3687	2.3610
Al	1.5035	1.4704	1.5251	1.5671	1.5438	1.6030	1.4828	1.3724	1.5679	1.5954	1.5707	1.5908
Ti	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Fe³⁺	0.1046	0.1212	0.0991	0.0928	0.0760	0.1058	0.0828	0.1303	0.0898	0.0774	0.0806	0.0783
Mg	0.0570	0.0577	0.0201	0.0081	0.0201	0.0162	0.0154	0.0307	0.0202	0.0000	0.0000	0.0000
Ca	0.6294	0.6406	0.5918	0.6789	0.6066	0.6925	0.6062	0.5353	0.6670	0.7215	0.6517	0.6356
Na	0.2828	0.2759	0.2740	0.2293	0.2659	0.2200	0.3028	0.3411	0.2424	0.2277	0.2453	0.2513
K	0.0218	0.0287	0.0349	0.0311	0.0361	0.0317	0.0413	0.0634	0.0311	0.0307	0.0230	0.0264
Z	3.9827	3.9726	4.0229	4.0064	4.0161	4.0099	3.9945	3.9915	4.0025	3.9928	4.0199	4.0301
X	0.9910	1.0029	0.9208	0.9474	0.9287	0.9604	0.9659	0.9706	0.9607	0.9799	0.9200	0.9133
End Members												
Ab	30.28	29.18	30.42	24.41	29.27	23.30	31.86	36.30	25.78	23.24	26.66	27.52
An	67.39	67.78	65.70	72.28	66.76	73.34	63.79	56.96	70.92	73.63	70.84	69.59
Or	2.34	3.04	3.88	3.31	3.98	3.36	4.35	6.75	3.31	3.13	2.50	2.89

Tab. 7.2 – Continua.

CAMPIONE	MIL7											
SiO₂	55.03	56.73	56.26	55.25	57.22	56.09	57.63	56.16	55.69	67.24	60.74	67.92
Al₂O₃	27.15	26.58	26.3	27.74	26.51	27.34	25.97	27.09	28.03	17.87	23.28	17.92
FeO	0.83	0.71	1.13	0.72	0.86	0.64	0.68	0.65	0.63	1.11	0.9	1.24
MgO	0.24	0.16	0.14	0.17	0.16							
CaO	11.89	10.58	11.06	11.7	11.55	10.39	10.03	10.95	10.82	1.71	7.66	3.9
Na₂O	4.13	4.41	3.75	3.62	3.11	4.85	4.8	4.47	4.17	4.24	4.67	5.33
K₂O	0.73	0.83	0.96	0.79	0.58	0.69	0.9	0.69	0.65	7.82	2.74	3.69
TOTALE	100	100	99.6	99.99	99.99	100	100.01	100.01	99.99	99.99	99.99	100
Cationi	O = 8											
Si	2.4773	2.5410	2.5263	2.4811	2.5507	2.5153	2.5778	2.5191	2.4950	2.9920	2.7089	2.9801
Al	1.4405	1.4031	1.3919	1.4682	1.3928	1.4450	1.3691	1.4322	1.4801	0.9372	1.2237	0.9267
Ti	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Fe³⁺	0.0625	0.0532	0.0849	0.0541	0.0641	0.0480	0.0509	0.0488	0.0472	0.0826	0.0671	0.0910
Mg	0.0161	0.0107	0.0094	0.0114	0.0106	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Ca	0.5735	0.5077	0.5321	0.5629	0.5517	0.4992	0.4807	0.5263	0.5194	0.0815	0.3660	0.1833
Na	0.3605	0.3830	0.3265	0.3152	0.2688	0.4217	0.4163	0.3888	0.3622	0.3658	0.4038	0.4534
K	0.0419	0.0474	0.0550	0.0453	0.0330	0.0395	0.0514	0.0395	0.0372	0.4439	0.1559	0.2065
Z	3.9803	3.9973	4.0031	4.0033	4.0076	4.0083	3.9977	4.0000	4.0223	4.0118	3.9998	3.9978
X	0.9920	0.9488	0.9230	0.9348	0.8641	0.9604	0.9483	0.9545	0.9188	0.8912	0.9257	0.8433
End Members												
Ab	36.94	40.82	35.74	34.13	31.50	43.91	43.90	40.73	39.43	41.04	43.62	53.77
An	58.77	54.12	58.24	60.97	64.64	51.98	50.69	55.13	56.53	9.15	39.54	21.74
Or	4.30	5.06	6.02	4.90	3.86	4.11	5.42	4.14	4.04	49.81	16.84	24.49

Tab. 7.2 – Continua.

CAMPIONE	MIL8									
SiO₂	49.02	47.83	49.67	49.07	48.72	49.80	48.48	50.47	49.98	50.22
Al₂O₃	31.67	31.85	31.86	30.88	29.76	31.01	31.38	30.25	31.07	28.71
FeO	1.23	1.57	0.99	1.23	1.69	1.25	1.15	1.50	1.17	2.22
MgO	0.44					0.40				0.86
CaO	15.64	16.50	15.22	16.65	17.46	14.97	16.97	15.05	15.67	15.25
Na₂O	1.67	1.58	1.90	1.68	1.84	2.22	1.58	2.41	1.64	2.00
K₂O	0.33	0.67	0.35	0.49	0.52	0.36	0.43	0.33	0.47	0.74
TOTALE	100.00	100.00	99.99	100.00	99.99	100.01	99.99	100.01	100.00	100.00
Cationi	O = 8									
Si	2.2237	2.1797	2.2511	2.2356	2.2257	2.2563	2.2123	2.2830	2.2654	2.2724
Al	1.6932	1.7107	1.7018	1.6581	1.6024	1.6559	1.6877	1.6127	1.6597	1.5311
Ti	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Fe³⁺	0.0933	0.1197	0.0750	0.0937	0.1291	0.0947	0.0878	0.1135	0.0887	0.1680
Mg	0.0298	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0270	0.0000	0.0000	0.0000	0.0580
Ca	0.7602	0.8057	0.7391	0.8127	0.8546	0.7267	0.8297	0.7294	0.7610	0.7394
Na	0.1469	0.1396	0.1670	0.1484	0.1630	0.1950	0.1398	0.2114	0.1441	0.1755
K	0.0191	0.0390	0.0202	0.0285	0.0303	0.0208	0.0250	0.0190	0.0272	0.0427
Z	4.0102	4.0101	4.0279	3.9874	3.9572	4.0068	3.9878	4.0092	4.0138	3.9716
X	0.9559	0.9842	0.9262	0.9896	1.0479	0.9695	0.9946	0.9598	0.9323	1.0155
End Members										
Ab	15.86	14.18	18.02	15.00	15.55	20.69	14.06	22.02	15.46	18.32
An	82.08	81.86	79.79	82.13	81.56	77.10	83.43	75.99	81.63	77.21
Or	2.06	3.96	2.18	2.88	2.89	2.21	2.52	1.98	2.92	4.46

Tab. 7.2 – Continua.

CAMPIONE	MIL9											
SiO₂	53.71	55.08	50.98	53.85	51.95	52.29	50.92	50.87	53.48	52.02	50.34	53.38
Al₂O₃	29.25	28.00	30.03	28.95	29.78	29.78	30.43	31.64	28.86	29.65	30.70	28.86
FeO	0.62	0.79	1.04	0.84	0.82	0.66	0.90	0.78	0.78	0.80	0.92	0.66
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CaO	12.48	11.72	14.17	12.47	14.33	13.80	14.78	14.14	13.59	14.55	15.75	12.93
Na₂O	3.63	3.97	3.32	3.38	2.70	3.18	2.62	2.36	2.87	2.52	1.95	3.73
K₂O	0.31	0.43	0.45	0.51	0.42	0.29	0.34	0.22	0.42	0.46	0.34	0.44
TOTALE	100.00	99.99	99.99	100.00	100.00	100.00	99.99	100.01	100.00	100.00	100.00	100.00
Cationi	O = 8											
Si	2.4170	2.4710	2.3127	2.4209	2.3501	2.3642	2.3082	2.2965	2.4097	2.3540	2.2850	2.4101
Al	1.5513	1.4805	1.6056	1.5339	1.5878	1.5869	1.6257	1.6834	1.5326	1.5813	1.6424	1.5357
Ti	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Fe³⁺	0.0467	0.0593	0.0789	0.0632	0.0620	0.0499	0.0682	0.0589	0.0588	0.0605	0.0698	0.0498
Mg	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Ca	0.6017	0.5633	0.6887	0.6007	0.6946	0.6685	0.7178	0.6839	0.6561	0.7054	0.7660	0.6255
Na	0.3167	0.3453	0.2920	0.2946	0.2368	0.2788	0.2303	0.2066	0.2507	0.2211	0.1716	0.3265
K	0.0178	0.0246	0.0260	0.0292	0.0242	0.0167	0.0197	0.0127	0.0241	0.0266	0.0197	0.0253
Z	4.0150	4.0108	3.9972	4.0180	3.9999	4.0011	4.0021	4.0388	4.0011	3.9958	3.9972	3.9957
X	0.9362	0.9333	1.0068	0.9245	0.9556	0.9640	0.9677	0.9032	0.9310	0.9531	0.9573	0.9774
End Members												
Ab	33.83	37.00	29.00	31.87	24.78	28.92	23.79	22.87	26.93	23.20	17.93	33.41
An	64.27	60.36	68.41	64.97	72.68	69.35	74.17	75.73	70.47	74.02	80.02	64.00
Or	1.90	2.64	2.59	3.16	2.54	1.74	2.03	1.40	2.59	2.79	2.06	2.59

Tab. 7.2 – Continua.

CAMPIONE	MIL10											
SiO₂	54.65	55.49	54.77	54.83	55.12	54.99	54.52	56.15	54.26	54.26	54.16	54.01
Al₂O₃	27.99	27.21	27.83	27.45	27.35	27.77	27.61	26.83	27.42	27.78	27.09	27.30
FeO	0.90	1.16	1.32	1.11	1.14	0.96	1.29	0.99	1.42	1.21	1.24	1.54
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CaO	11.52	11.05	11.12	11.36	11.41	11.10	11.80	10.58	12.25	12.05	12.46	11.98
Na₂O	3.85	3.97	3.88	4.05	3.84	4.04	3.63	4.31	3.61	3.59	3.71	3.89
K₂O	1.09	1.13	1.08	1.20	1.14	1.13	1.16	1.14	1.04	1.11	1.34	1.28
TOTALE	100.00	100.01	100.00	100.00	100.00	99.99	100.01	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Cationi	O = 8											
Si	2.4588	2.4883	2.4558	2.4665	2.4756	2.4713	2.4505	2.5171	2.4408	2.4419	2.4462	2.4333
Al	1.4842	1.4381	1.4707	1.4554	1.4477	1.4709	1.4626	1.4175	1.4537	1.4734	1.4421	1.4496
Ti	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Fe³⁺	0.0677	0.0870	0.0990	0.0835	0.0856	0.0722	0.0970	0.0742	0.1068	0.0911	0.0937	0.1160
Mg	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Ca	0.5553	0.5309	0.5342	0.5475	0.5491	0.5345	0.5683	0.5082	0.5904	0.5810	0.6030	0.5783
Na	0.3358	0.3452	0.3373	0.3532	0.3344	0.3520	0.3163	0.3746	0.3148	0.3132	0.3249	0.3398
K	0.0626	0.0646	0.0618	0.0689	0.0653	0.0648	0.0665	0.0652	0.0597	0.0637	0.0772	0.0736
Z	4.0107	4.0134	4.0255	4.0054	4.0089	4.0143	4.0100	4.0089	4.0013	4.0064	3.9819	3.9989
X	0.9537	0.9407	0.9333	0.9696	0.9487	0.9513	0.9511	0.9480	0.9649	0.9580	1.0051	0.9916
End Members												
Ab	35.21	36.69	36.14	36.43	35.24	37.00	33.26	39.52	32.63	32.70	32.32	34.27
An	58.23	56.44	57.24	56.47	57.87	56.19	59.75	53.61	61.19	60.65	59.99	58.32
Or	6.56	6.87	6.62	7.10	6.88	6.81	6.99	6.88	6.19	6.65	7.68	7.42

Tab. 7.2 – Continua.

CAMPIONE	MIL11											
SiO₂	48.51	49.02	53.00	50.25	48.81	49.43	49.61	49.93	53.71	50.38	49.70	49.31
Al₂O₃	32.04	31.45	28.62	30.80	30.66	30.82	29.60	31.31	28.11	30.88	30.71	31.75
FeO	1.23	1.20	1.60	1.46	1.56	1.58	1.75	1.40	1.41	1.29	1.44	1.44
MgO	0.21	0.16	0.38	0.29	0.40	0.30	0.36	0.26	0.37	0.13	0.36	0.12
CaO	16.43	16.14	12.88	14.56	16.54	15.81	16.26	15.06	12.63	15.07	15.93	15.45
Na₂O	1.25	1.72	2.90	2.10	1.51	1.53	1.94	1.66	3.20	1.93	1.56	1.63
K₂O	0.33	0.30	0.62	0.54	0.51	0.54	0.48	0.38	0.57	0.32	0.29	0.31
TOTALE	100.00	99.99	100.00	100.00	99.99	100.01	100.00	100.00	100.00	100.00	99.99	100.01
Cationi	O = 8											
Si	2.2039	2.2277	2.3796	2.2709	2.2206	2.2402	2.2539	2.2555	2.4112	2.2770	2.2513	2.2303
Al	1.7156	1.6844	1.5144	1.6405	1.6440	1.6462	1.5850	1.6669	1.4873	1.6449	1.6395	1.6925
Ti	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Fe³⁺	0.0935	0.0912	0.1201	0.1103	0.1187	0.1198	0.1330	0.1058	0.1059	0.0975	0.1091	0.1089
Mg	0.0142	0.0108	0.0254	0.0195	0.0271	0.0203	0.0244	0.0175	0.0248	0.0088	0.0243	0.0081
Ca	0.7998	0.7859	0.6196	0.7050	0.8062	0.7677	0.7915	0.7289	0.6075	0.7298	0.7732	0.7487
Na	0.1101	0.1515	0.2524	0.1840	0.1332	0.1344	0.1709	0.1454	0.2785	0.1691	0.1370	0.1429
K	0.0191	0.0174	0.0355	0.0311	0.0296	0.0312	0.0278	0.0219	0.0326	0.0185	0.0168	0.0179
Z	4.0130	4.0033	4.0141	4.0217	3.9833	4.0061	3.9719	4.0282	4.0044	4.0194	4.0000	4.0317
X	0.9432	0.9656	0.9330	0.9397	0.9962	0.9536	1.0146	0.9137	0.9434	0.9261	0.9512	0.9176
End Members												
Ab	11.85	15.87	27.82	20.00	13.75	14.40	17.26	16.22	30.32	18.44	14.78	15.72
An	86.09	82.31	68.27	76.62	83.20	82.25	79.93	81.33	66.13	79.55	83.41	82.32
Or	2.06	1.82	3.91	3.38	3.05	3.34	2.81	2.44	3.55	2.01	1.81	1.97

Tabella 7.3 – Analisi rappresentative delle olivine dei campioni della serie MIL.

CAMPIONE	MIL1											
SiO₂	40.40	46.96	43.99	44.33	45.45	45.01	48.14	44.32	45.18	45.01	45.32	43.32
FeO	23.77	8.59	13.39	17.27	10.71	13.30	13.25	13.75	10.19	9.92	10.91	15.60
MgO	35.41	44.03	42.45	37.69	43.55	41.34	37.98	41.68	44.25	44.49	43.34	40.72
CaO	0.30	0.43	0.42	0.28	0.70	0.17	0.35	0.63	0.24	0.00	0.00	0.00
TOTALE	99.88	100.01	100.25	99.57	100.41	99.82	99.72	100.38	99.86	99.42	99.57	99.64
Si	1.01	1.18	1.10	1.11	1.14	1.13	1.21	1.11	1.13	1.13	1.14	1.09
Fe(ii)	0.50	0.18	0.28	0.36	0.22	0.28	0.28	0.29	0.21	0.21	0.23	0.33
Mg	1.33	1.65	1.59	1.41	1.63	1.55	1.42	1.56	1.66	1.67	1.62	1.52
Ca	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.00	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00
TOTALE	2.85	3.02	2.99	2.89	3.02	2.96	2.92	2.98	3.01	3.00	2.99	2.94
End-Members												
Fo	72.65	90.14	84.97	79.55	87.88	84.71	83.63	84.39	88.56	88.88	87.63	82.31
Fa	27.35	9.86	15.03	20.45	12.12	15.29	16.37	15.61	11.44	11.12	12.37	17.69
Tp	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabella 7.3 – Continua.

CAMPIONE	MIL10				
SiO₂	40.76	41.35	47.01	41.01	39.95
Al₂O₃	1.72	1.69	1.77	1.55	2.25
FeO	22.81	22.36	18.91	22.63	24.15
MnO	0.65	0.52	0.36	0.54	0.61
MgO	32.97	33.07	30.82	33.27	31.29
CaO	0.79	0.72	0.68	0.72	0.86
TOTALE	99.70	99.71	99.55	99.72	99.11
Si	1.02	1.04	1.18	1.03	1.00
Al	0.05	0.05	0.05	0.05	0.07
Fe(ii)	0.48	0.47	0.40	0.48	0.51
Mn	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Mg	1.23	1.24	1.15	1.25	1.17
Ca	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
TOTALE	2.82	2.83	2.81	2.83	2.78
End-Members					
Fo	71.47	72.04	74.03	71.90	69.25
Fa	27.73	27.32	25.48	27.43	29.98
Tp	0.80	0.64	0.49	0.66	0.77

7.2 Macine di Epoca Romana

Clinopiroseno

Il clinopiroseno rappresenta la fase femica principale dei campioni vulcanici studiati. Tale fase è spesso presente in quantità variabili, spesso in diverse generazioni di cristalli, in grani diffusi tra i microliti di plagioclasio nella massa di fondo, ed anche in fenocristalli di varie dimensioni. Le analisi rappresentative dei clinopiroseni dei campioni di macine di epoca romana sono mostrate in Tabella 4. Come per i campioni della serie preistorica, anche in questo caso è stato utilizzato il diagramma classificativo di Morimoto et al (1989) per definire la composizione dei piroseni analizzati, osservabile nei diagrammi riportati nelle figure 7.13, 7.14, 7.15 e 7.16.

In particolare, nelle figure 7.13 e 7.14 è possibile osservare la composizione dei piroseni di campioni scelti della serie VCT. Solo alcuni dei campioni di tale serie sono stati analizzati in quanto risultati assolutamente simili sia dal punto di vista petrografico che da quello geochimico. Per i campioni analizzati VCT1, VCT2, VCT5 e VCT6, non è stata riscontrata la presenza di ortopiroseno ma solo di clinopiroseno con composizione sia diopsidica che augitica mentre il VCT7 è caratterizzato da piroseno augitico arricchito in Fe. Sono stati rilevati valori medi composizionali degli end-members di $Wo_{42}En_{43}Fs_{15}$ per il clinopiroseno dei campioni VCT1-2-5-6, mentre per il campione VCT7 sono state osservate composizioni medie di $Wo_{40}En_{29}Fs_{31}$. I campioni provenienti dal relitto di Capo Rasocolmo, in particolare CR1 e CR2 (Fig. 7.15) mostrano composizioni più arricchite in componente diopsidica, con minori termini augitici, mentre nel campione CR3 (Fig. 7.15), i rari cristalli rinvenuti mostrano una composizione diopsidica e augitica. Il valore medio composizionale degli end-members di clinopiroseno dei 3 campioni CR-1-2-3 sono $Wo_{45}En_{40}Fs_{13}$. Tra i campioni provenienti dal relitto di Briga Marina, il BRM1 (Fig. 7.16) è risultato privo di piroseno, il BRM2 (Fig. 7.16) è caratterizzato dalla presenza di clinopiroseno augitico arricchito in Fe simile a quello del campione VCT7 mentre il BRM3 (Fig. 7.16) mostra composizioni augitiche e contiene anche ortopiroseno. Il valore medio degli end-members per il clinopiroseno del campione BRM2 è di $Wo_{41}En_{30}Fs_{27}$, mentre quelli rilevati per il campione BRM3 sono $Wo_{42}En_{46}Fs_{11}$ per il clinopiroseno e $Wo_{1}En_{80}Fs_{19}$ per l'ortopiroseno. Per il campione GZ proveniente da Ganzirri non è stata rilevata la presenza di piroseno.

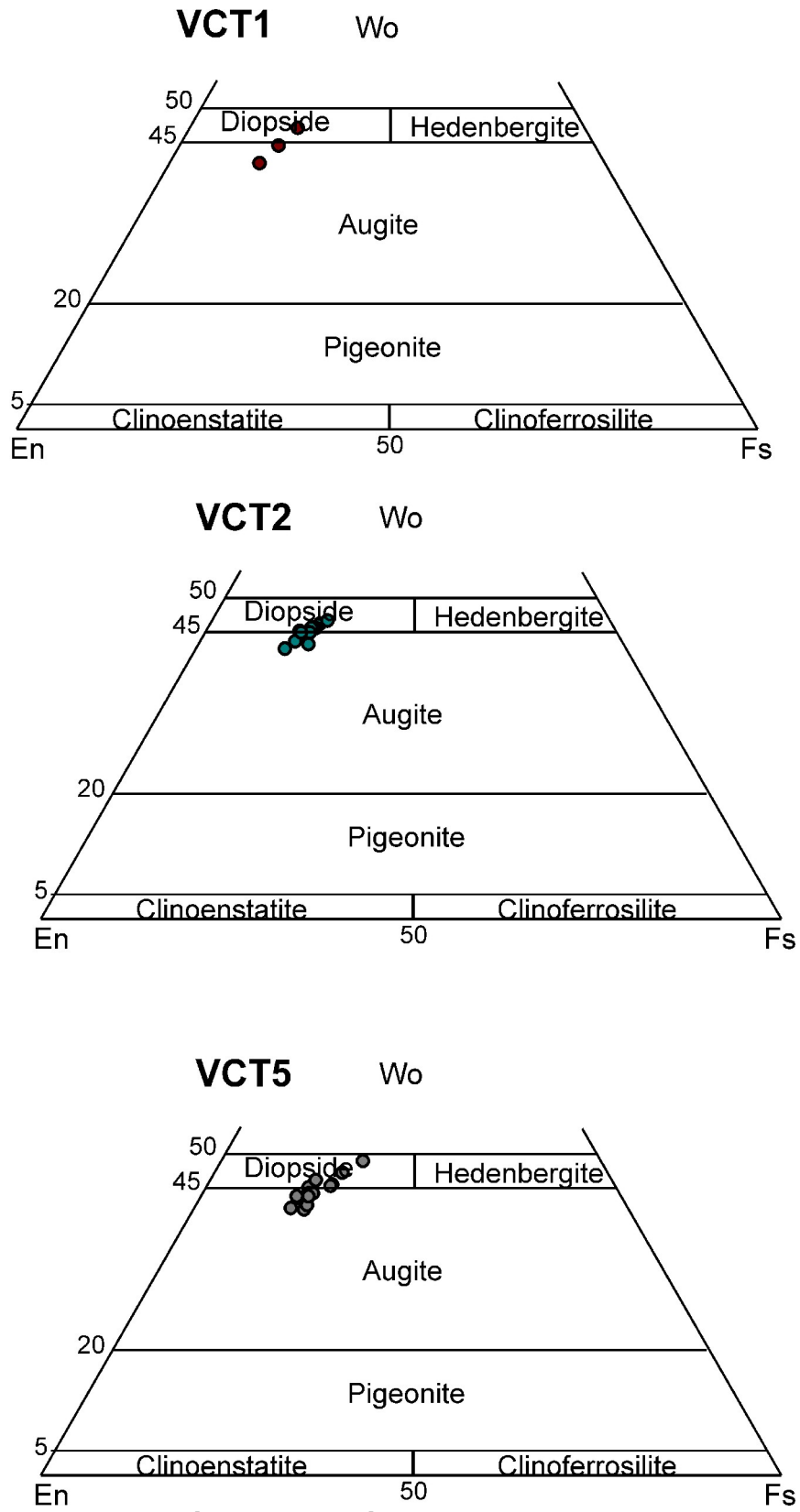


Fig. 7.13 - Composizione dei pirosseni analizzati per i campioni VCT1-VCT2-VCT5.

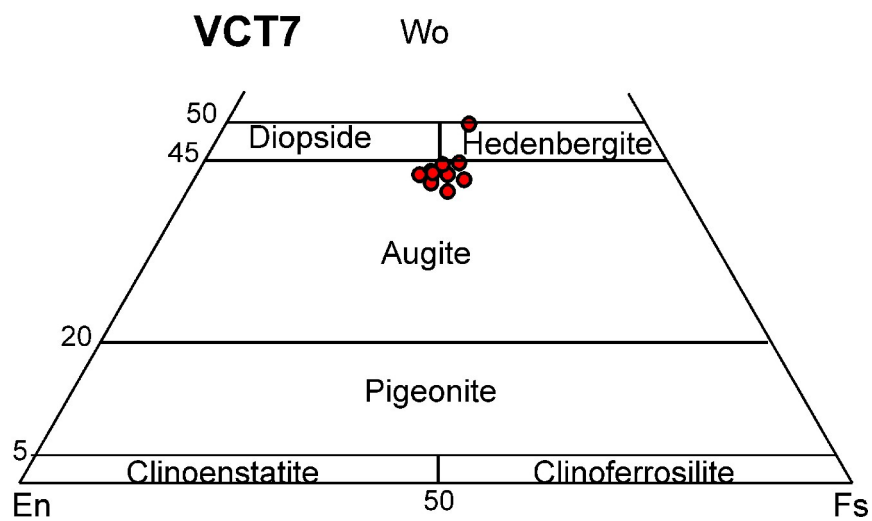
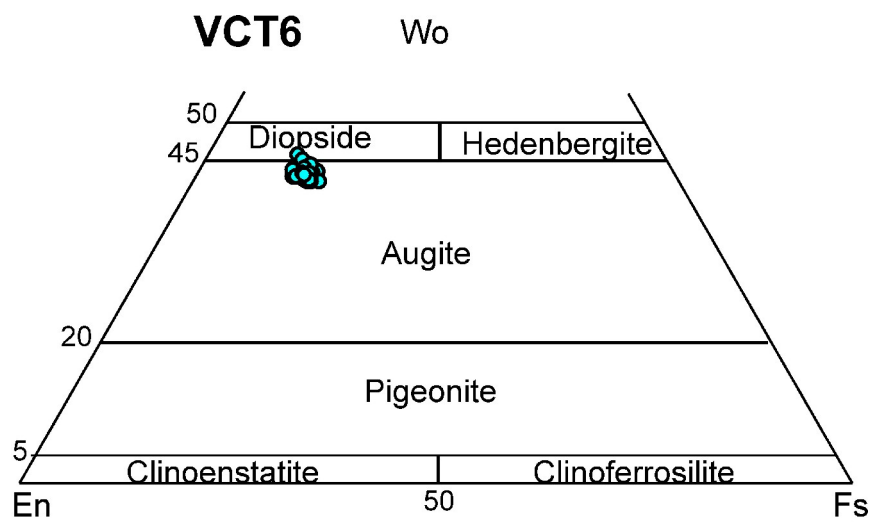


Fig. 7.14 - Composizione dei pirosseni analizzati per i campioni VCT6 e VCT7.

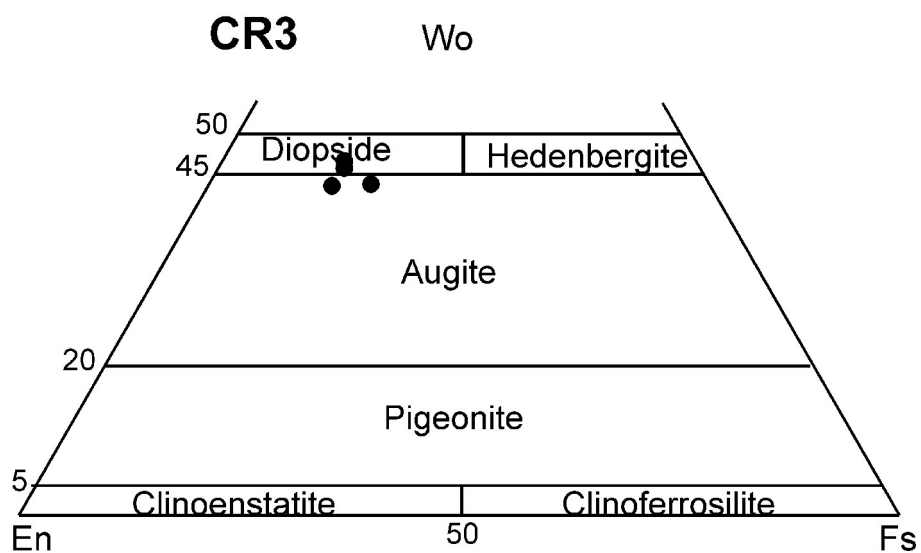
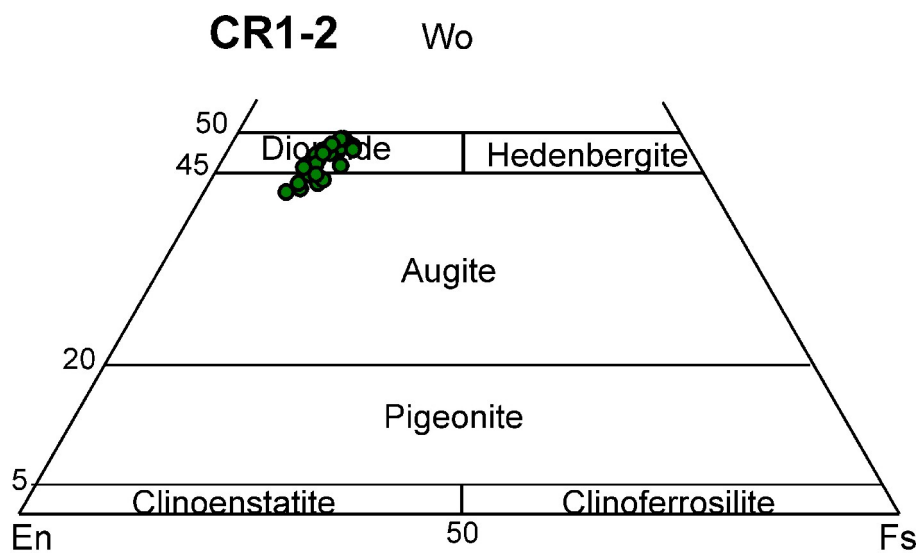


Fig. 7.15 - Composizione dei pirosseni analizzati per i campioni VCT1-VCT2-VCT5.

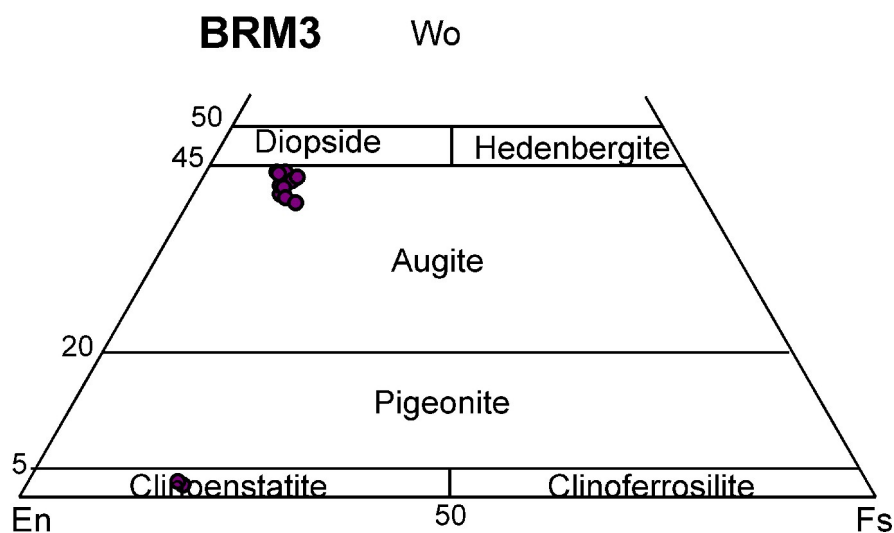
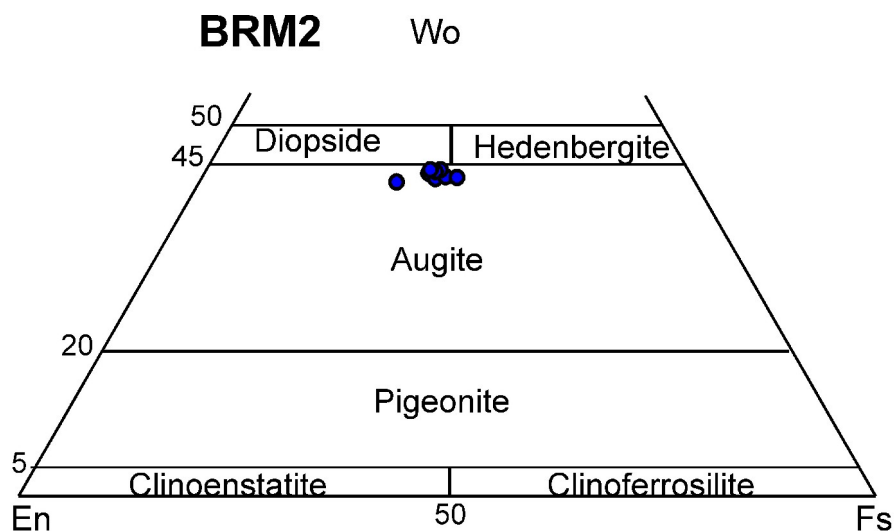


Fig. 7.16 - Composizione dei pirosseni analizzati per i campioni BRM2 e BRM3.

Plagioclasio

Il plagioclasio rappresenta il costituente fondamentale dei campioni esaminati ed è la fase principale sia in fenocristalli che nella massa di fondo, insieme a minori olivina e clinopirosseno. Dallo studio petrografico è emersa la presenza di varie tipologie di plagioclasio, variamente zonato e geminato, con strutture instabili e spesso cribroso. La composizione dei feldspati è mostrata in Tabella 5 e nelle figure 7.17, 7.18, 7.19, 7.20

I plagioclasti dei campioni appartenenti alla serie di macine VCT, in particolare i VCT1, VCT2, VCT5 (Fig. 7.17) sono abbastanza omogenei e sul diagramma classificativo dei feldspati di Fig. 7.17 mostrano composizione da bitownitica (range An86-70) a labradoritica (An69-43), il VCT6 (Fig. 7.18) composizioni labradoritiche (An52-50) e andesiniche (An49-41), mentre il

VCT7 (Fig. 7.18) è caratterizzato da composizioni oligoclasiche (An22) e anortoclasiche tipiche di rocce differenziate. Il plagioclasio dei campioni di macine CR1 e CR2 (Fig. 7.19) mostra prevalente composizione labradoritica (range An54-50) e andesinica (An49-34), con minori termini ad anortoclasio e sanidino, mentre il plagioclasio del campione CR3 (Fig. 7.19) è caratterizzato unicamente da composizioni labradoritiche (range An63-53). Tra i campioni della serie BRM (Fig. 7.20), il plagioclasio del BRM1 ha composizione andesinica (range An59-29), oligoclasica (An32-22) e minore anortoclasica, quello del BRM2 è oligoclasio (An22-23) e anortoclasio, mentre quello del BRM3 mostra composizione bitownitica (An71-81) e labradoritica (An69-61). Il plagioclasio del campione GZ (Fig. 7.19) è invece labradoritico (An69-49) e andesinico (An34).

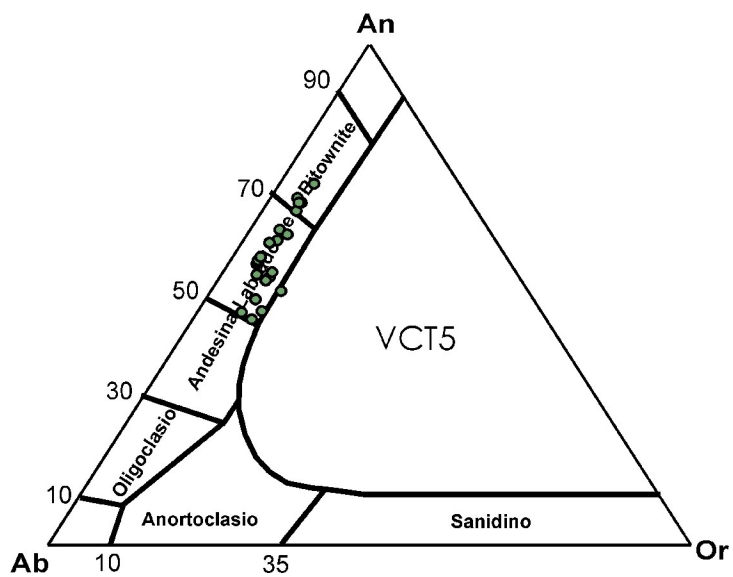
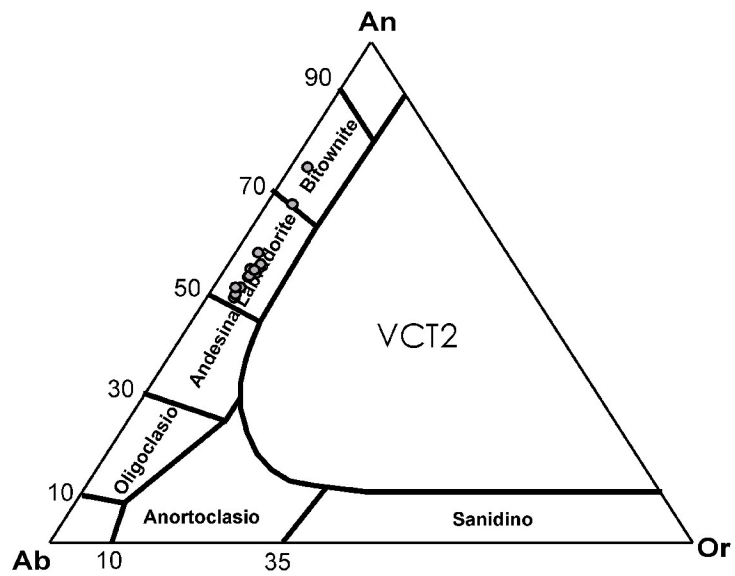
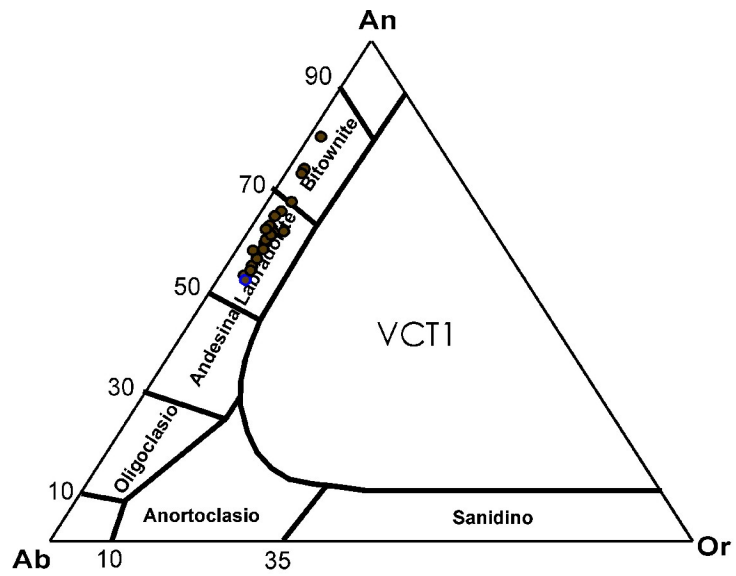


Fig. 7.17 - Composizione dei plagioclasii analizzati per i campioni VCT1, VCT2 e VCT5.

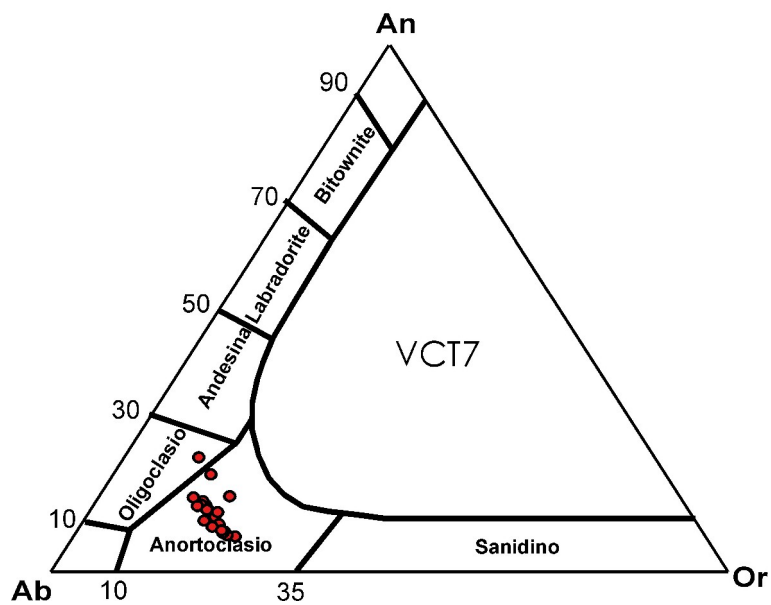
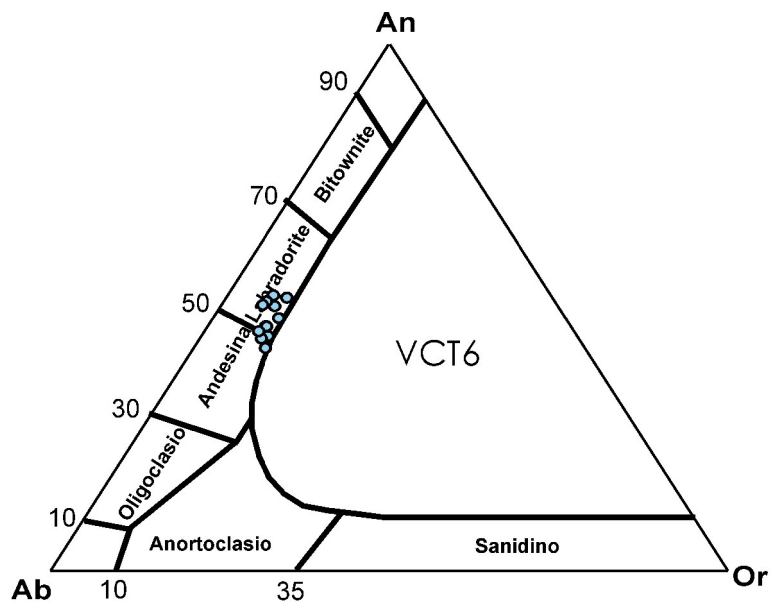


Fig. 7.18 - Composizione dei plagioclasii analizzati per i campioni VCT6 e VCT7.

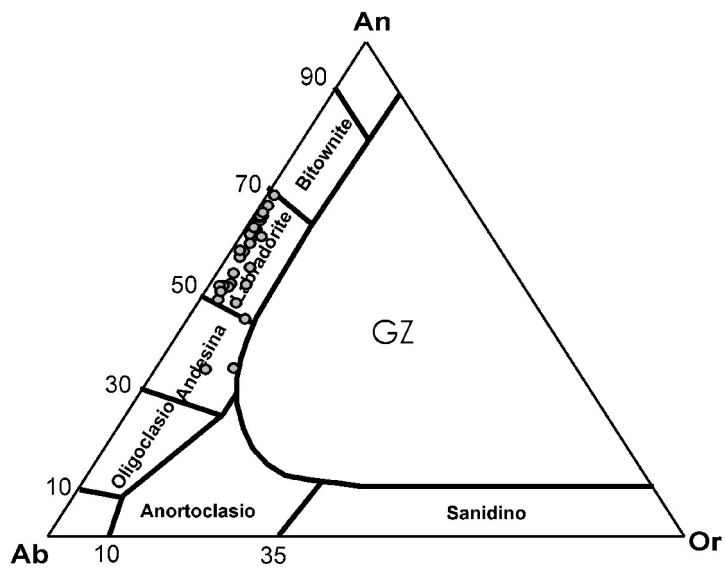
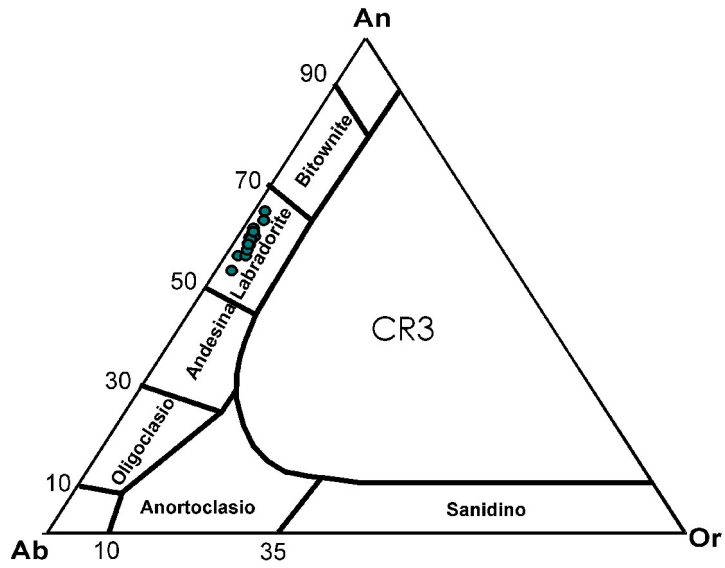
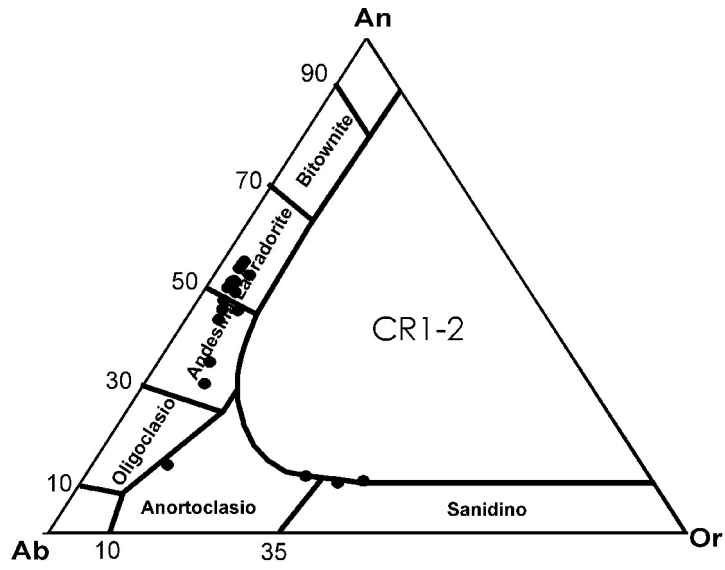


Fig. 7.19 - Composizione dei plagioclasti analizzati per i campioni CR1, CR2, CR3 e GZ.

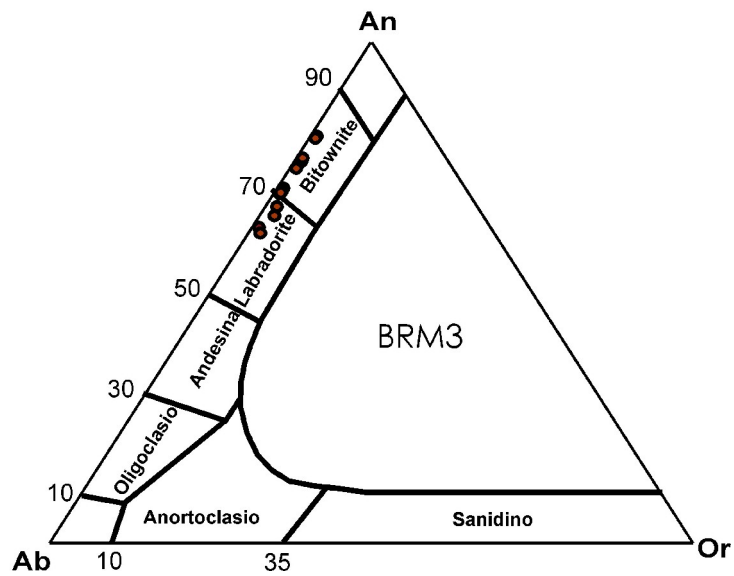
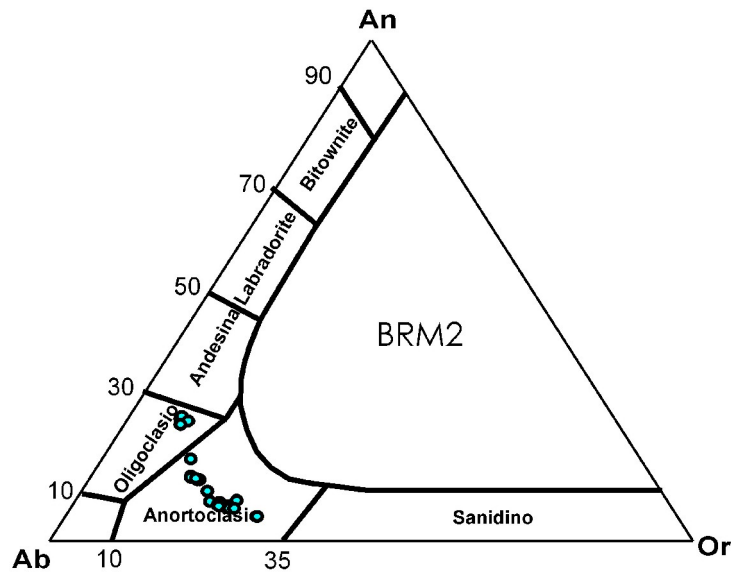
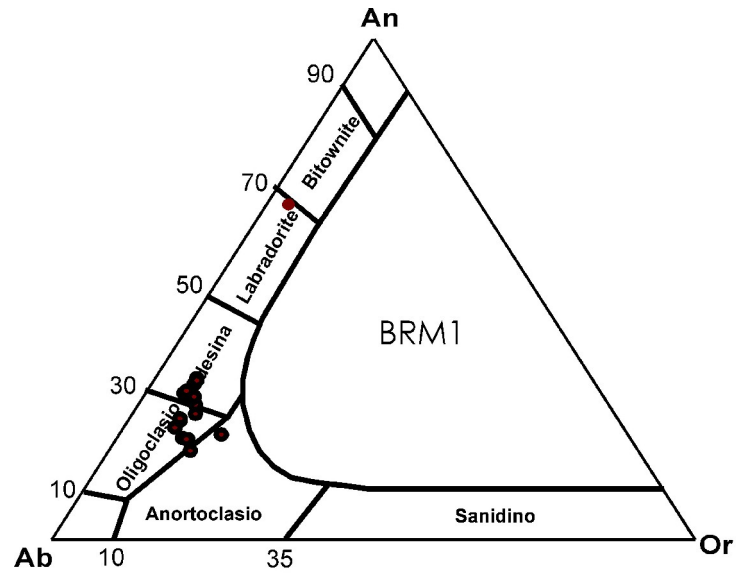


Fig. 7.20 - Composizione dei plagioclasti analizzati per i campioni BRM1, BRM2 e BRM3.

Olivina

Buona parte dei litotipi analizzati contengono cristalli di olivina. Solo i campioni della serie VCT e CR1 e CR2 contengono modeste quantità di cristalli di olivina, negli altri litotipi è scarsa o addirittura rara e se presente è in forma relitta parzialmente o totalmente riassorbita e alterata. Come già discusso nel capitolo 6, i fenocristalli generalmente hanno una forma euedrale o subedrale con una dimensione media compresa tra 0,2 e 1 mm, frequenti sono inoltre gli xenocristalli facilmente distinguibili dai fenocristalli per l'habitus anedrale e per le anse di riassorbimento.

In tabella 6 sono state riportate le composizioni di olivine rappresentative dei campioni studiati. Nel diagramma classificativo (Fayalite-Forsterite) di Figura 7.21 sono state riportate le concentrazioni relative ai cristalli analizzati, dai quali è possibile osservare la generale omogeneità compositiva per i campioni della serie VCT caratterizzati da valori compresi nel range di Fo80-58, con bordi e microliti più arricchiti in componente fayalitica; le olivine dei campioni CR1 e CR2 sono composizionalmente simili alle precedenti con valori di forsterite compresi nel range di Fo80-63; il campione GZ contiene olivine scarsamente zonate con valori della componente forsteritica di Fo78-72; infine il campione BRM2 caratterizzato da bassi contenuti in molecola forsteritica con valori pari a Fo27-22 ed il BRM3 caratterizzato da valori compresi nel range Fo83-66.

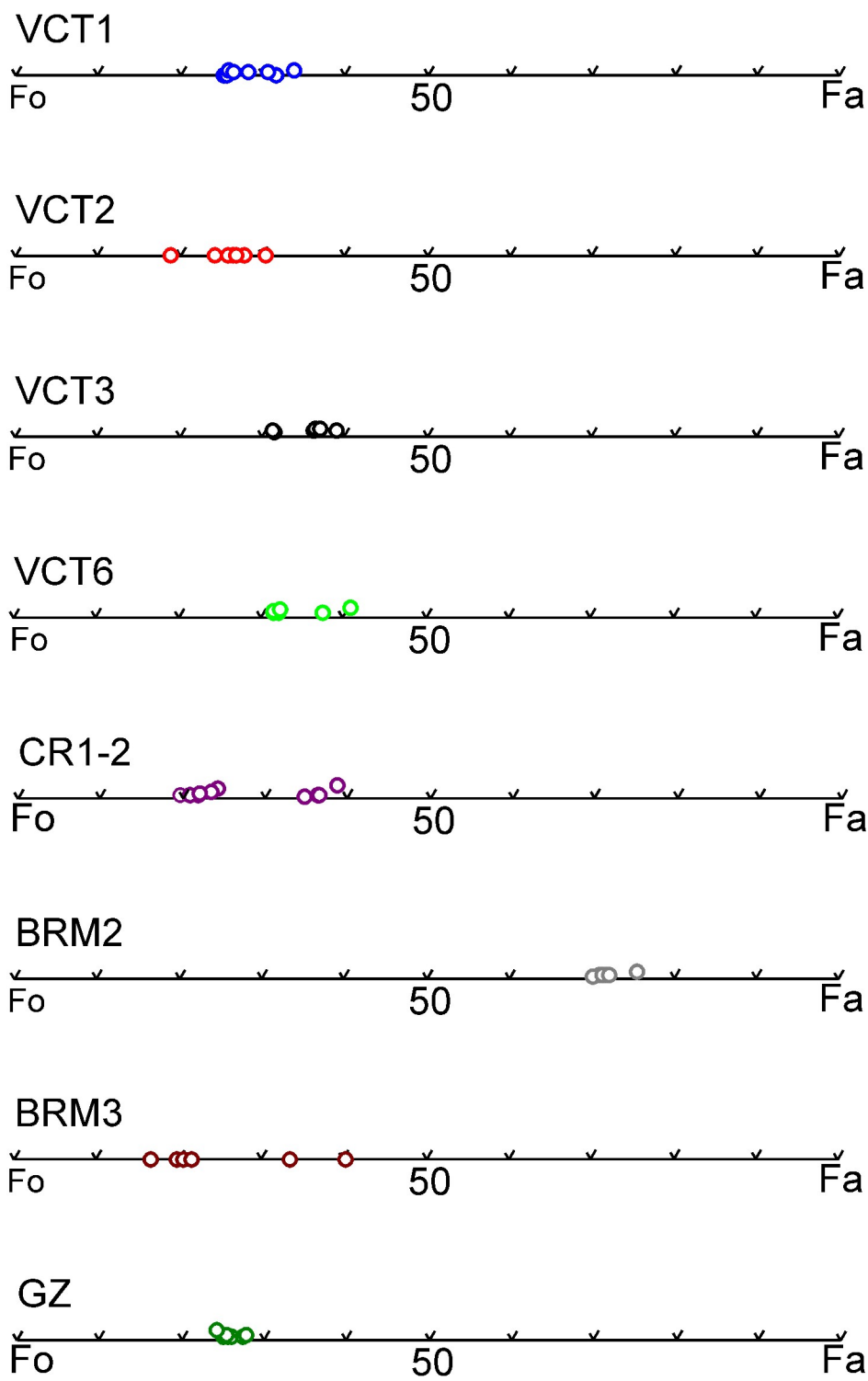


Fig. 7.21 – Composizione delle olivine analizzate per i campioni di Epoca Romana.

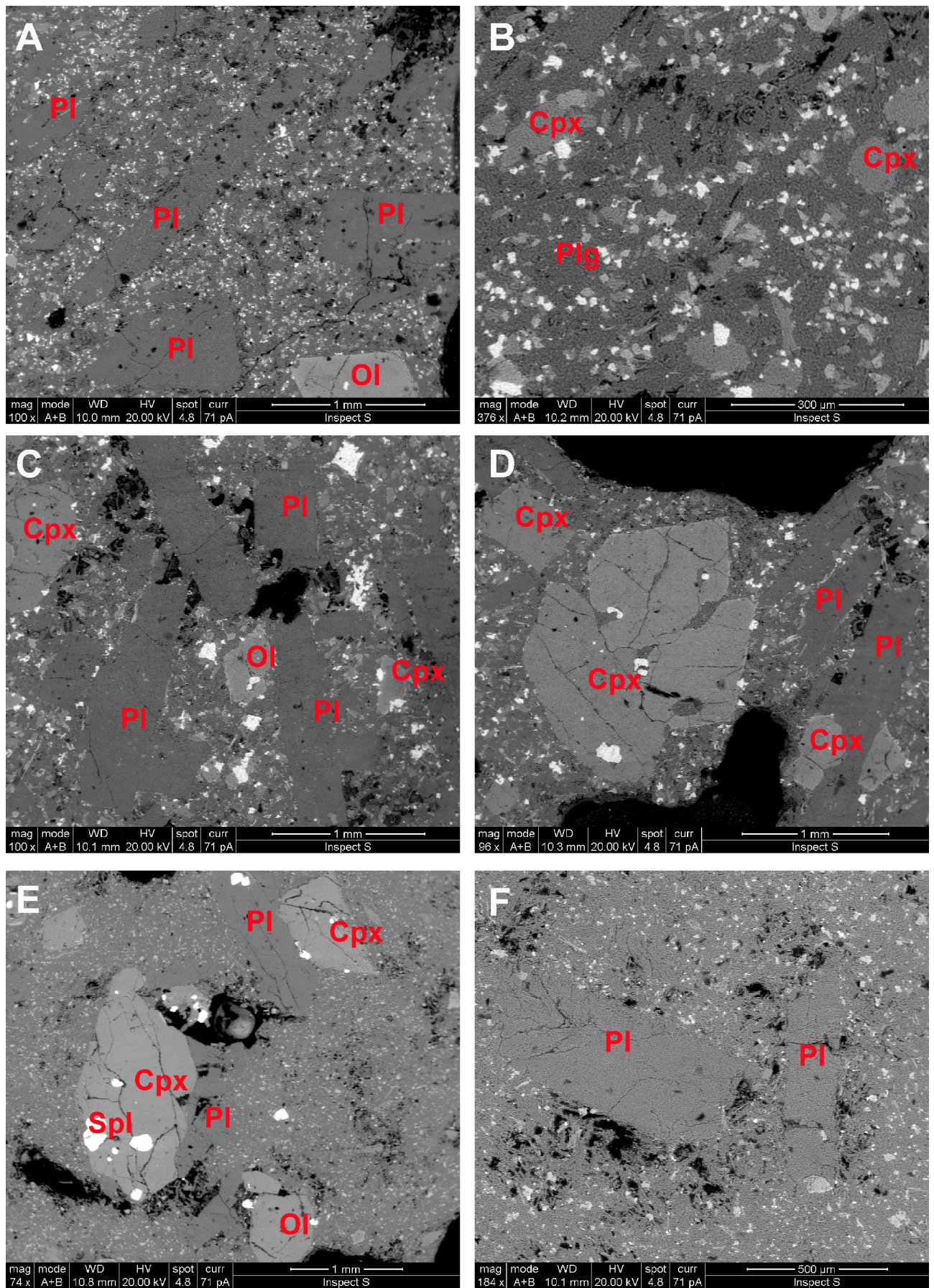


Fig. 7.22 - Immagini SEM-BSE dei campioni VCT1 (A-B), VCT2 (C-D) e VCT53 (E-F).

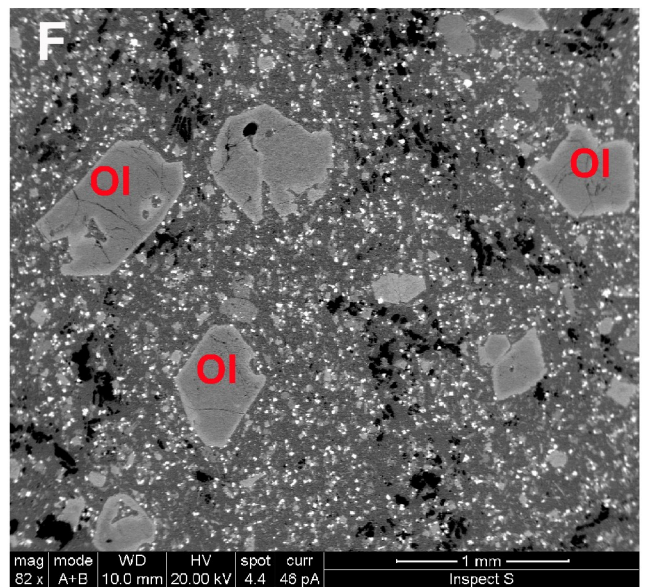
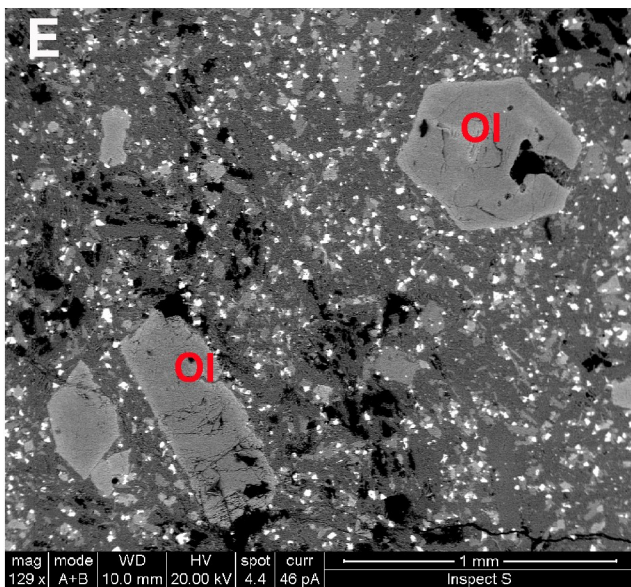
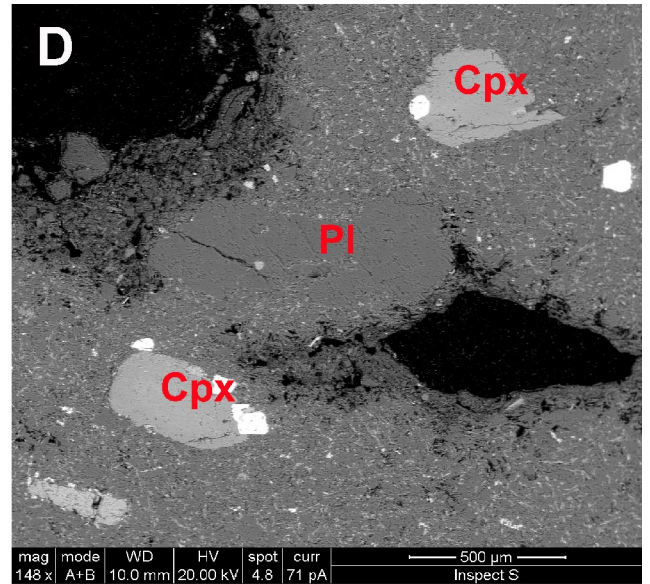
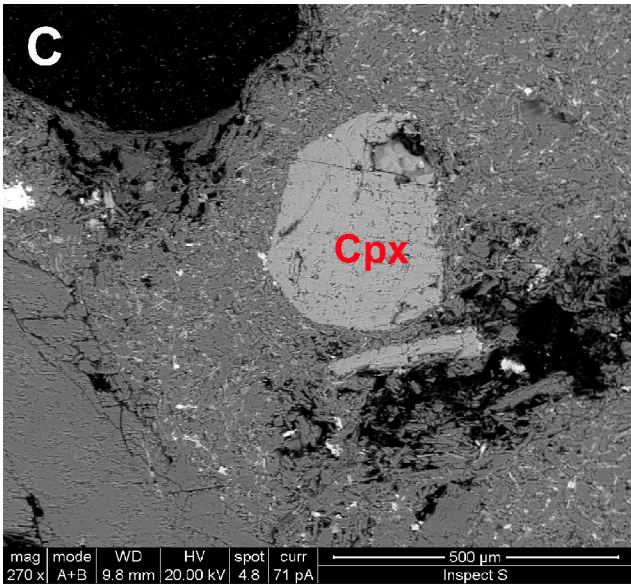
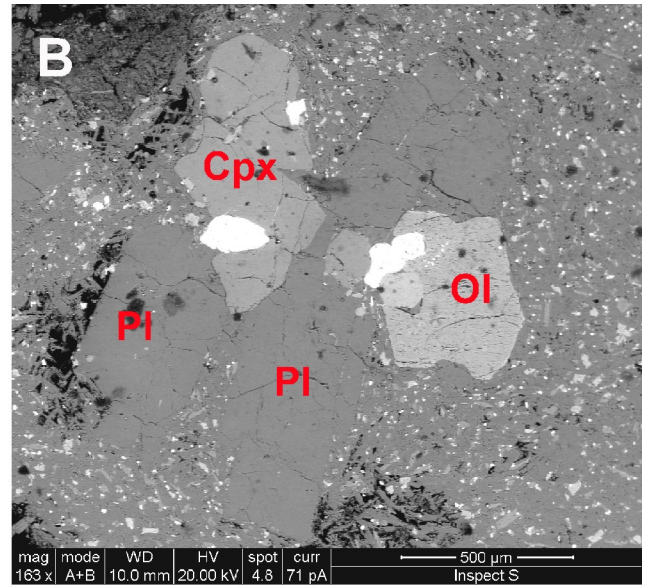
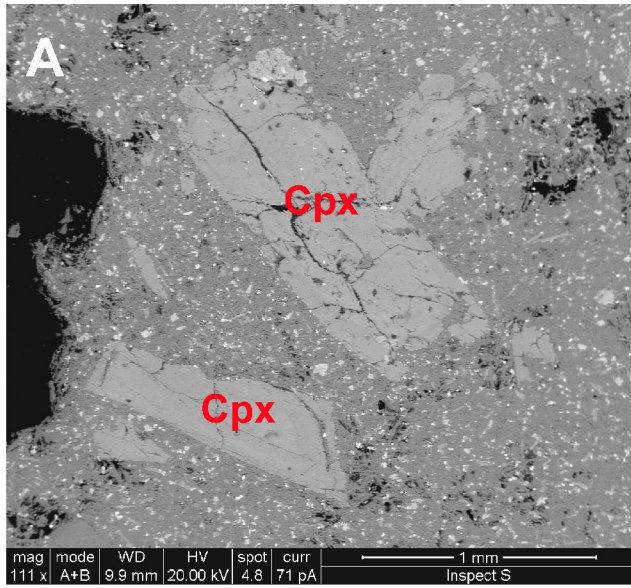


Fig. 7.23 - Immagini SEM-BSE dei campioni VCT6 (A-B), VCT7 (C-D) e CR1 (E-F).

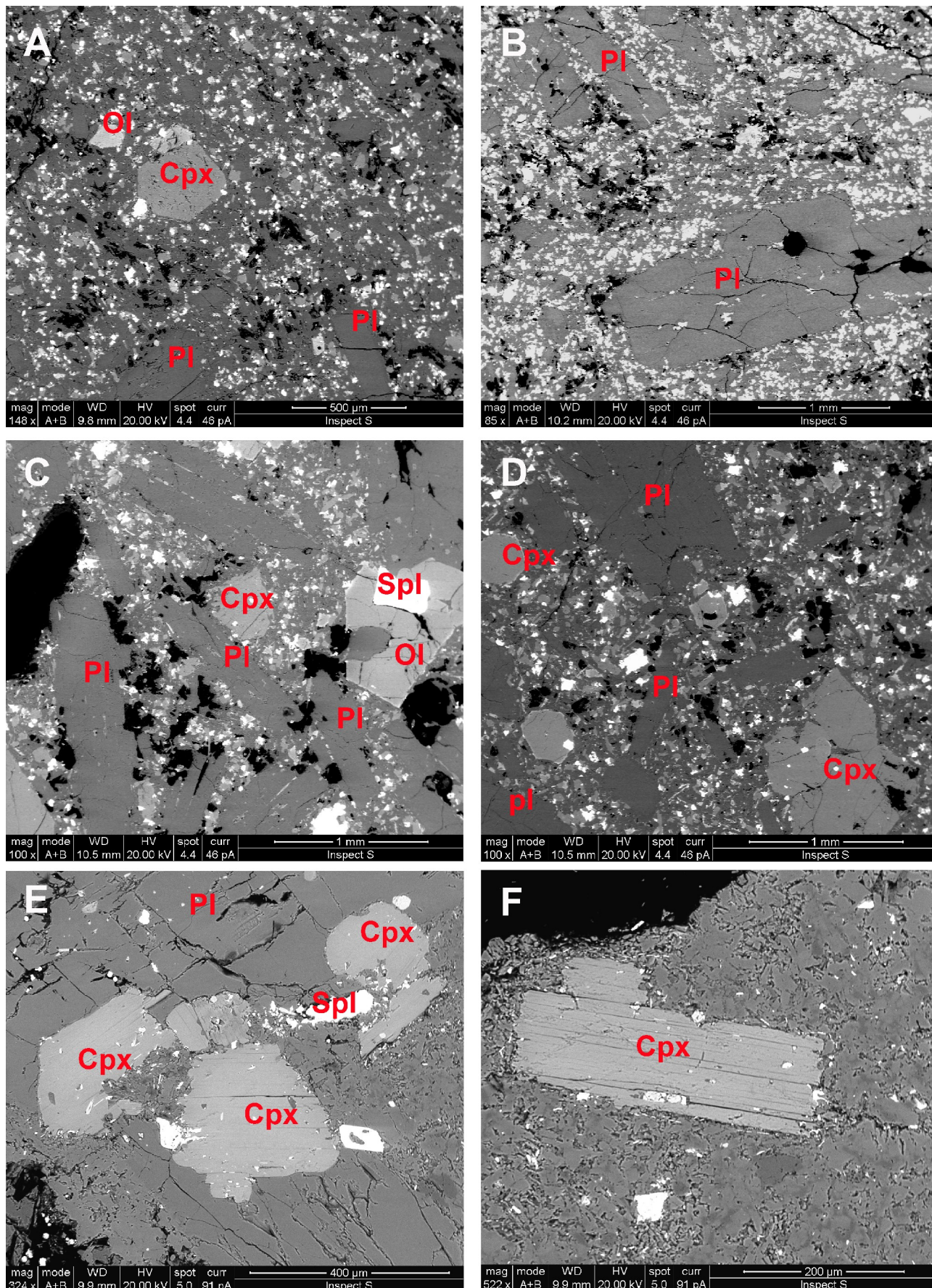


Fig. 7.24 - Immagini SEM-BSE dei campioni CR3 (A-B), GZ (C-D) e BRM1 (E-F).

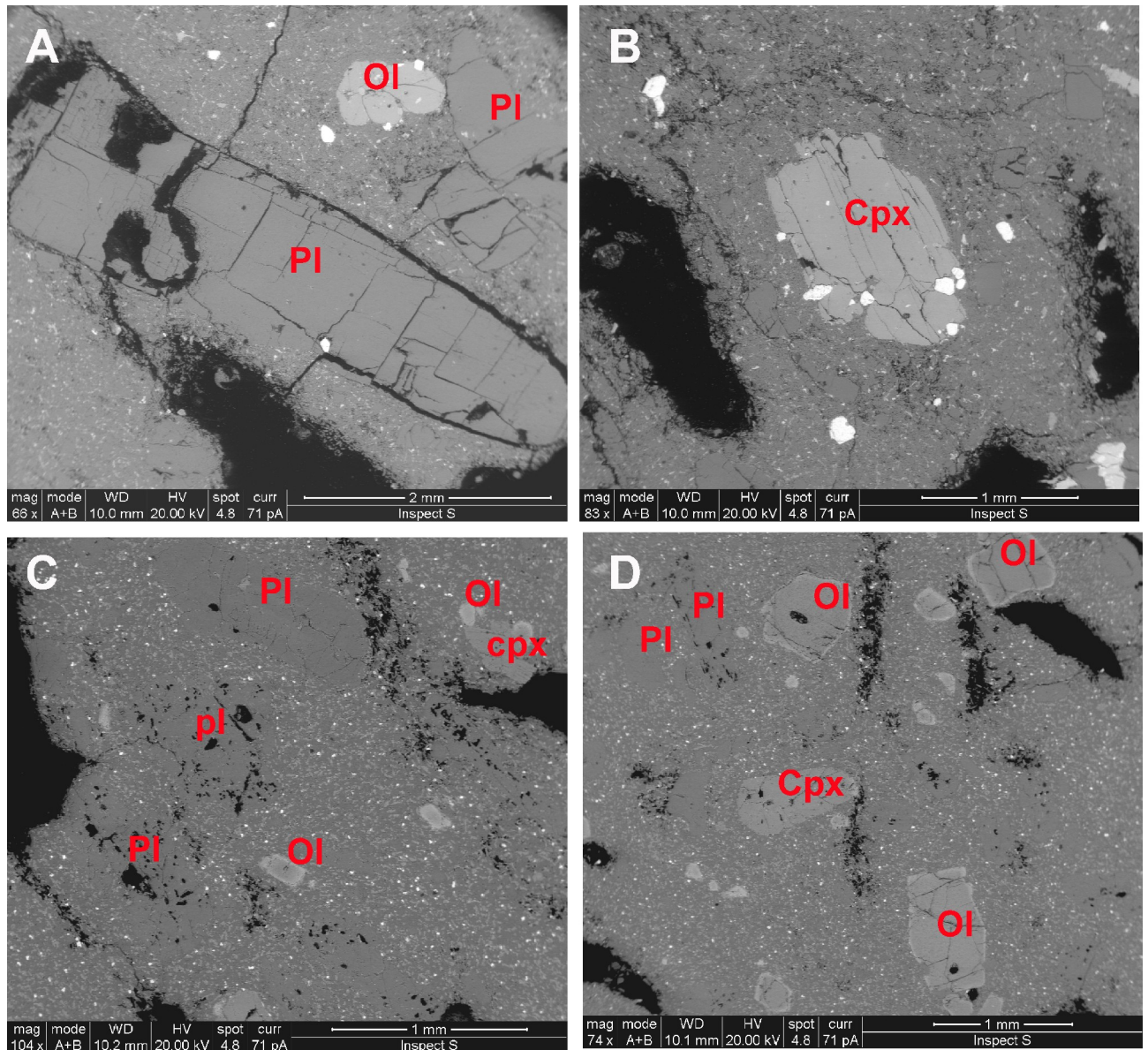


Fig. 7.25 - Immagini SEM-BSE dei campioni BRM2 (A-B), BRM3 (C-D).

Tabella 4 – Analisi rappresentative dei pirosseni dei campioni di macine della serie di Epoca Romana.

CAMPIONE	CR1											
Na₂O	1.11	0.81	0.92	0.84	0.64	0.69	0.93	0.78	0.9	0.64	0.57	1.01
MgO	13.91	12.31	13.42	12.49	13.33	14.99	14.87	14.34	11.79	12.62	13.3	13.99
Al₂O₃	5.33	6.39	4.65	4.87	4.26	5.74	4.88	5.14	7.71	5.13	5.12	4.96
SiO₂	53.05	50.25	52.88	51.18	52.55	51.81	52.94	51.75	49.22	50.07	50.7	52.07
K₂O	0	0.26	0.22	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CaO	19.03	20.73	20.07	21.85	21.11	18.89	19.1	19.39	20.56	21.65	20.54	19.38
TiO₂	1.23	1.92	1.48	1.65	1.2	1.47	1.28	1.61	2.26	1.75	1.82	1.39
Mno	0.46	0.4	0.37	0.09	0.24	0.51	0.26	0	0	0	0	0
FeO	5.87	6.92	5.98	7.03	6.67	5.91	5.73	6.98	7.56	8.13	7.95	7.2
TOTALE	99.99	99.99	99.99	100.00	100.00	100.01	99.99	99.99	100.00	99.99	100.00	100.00
Cationi												
Si	1.9287	1.8558	1.9324	1.8923	1.9295	1.8865	1.9243	1.8961	1.8199	1.8628	1.8752	1.9094
Ti	0.0336	0.0533	0.0407	0.0459	0.0331	0.0403	0.0350	0.0444	0.0629	0.0490	0.0506	0.0383
Al	0.2284	0.2781	0.2003	0.2122	0.1843	0.2463	0.2091	0.2220	0.3360	0.2249	0.2232	0.2144
Fe²⁺	0.0132	0.0117	0.0107	0.0026	0.0070	0.0147	0.0075	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Mn	0.1785	0.2137	0.1828	0.2174	0.2048	0.1800	0.1742	0.2139	0.2338	0.2530	0.2459	0.2208
Mg	0.7539	0.6778	0.7311	0.6884	0.7296	0.8137	0.8058	0.7833	0.6499	0.6999	0.7333	0.7648
Ca	0.7413	0.8203	0.7858	0.8655	0.8305	0.7369	0.7438	0.7612	0.8145	0.8630	0.8139	0.7614
Na	0.0782	0.0580	0.0652	0.0602	0.0456	0.0487	0.0655	0.0554	0.0645	0.0462	0.0409	0.0718
K	0.0000	0.0123	0.0103	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
TOTALE	3.9559	3.9810	3.9591	3.9845	3.9645	3.9671	3.9652	3.9762	3.9815	3.9988	3.9830	3.9810
End Members												
Wo	44.29	47.92	46.23	48.86	47.05	42.58	43.15	43.29	47.96	47.52	45.39	43.58
En	45.05	39.59	43.01	38.86	41.34	47.02	46.74	44.55	38.27	38.55	40.90	43.78
Fs	10.66	12.49	10.75	12.27	11.60	10.40	10.10	12.16	13.77	13.93	13.71	12.64

Tabella 4 – Continua.

CAMPIONE	CR3				VCT1		
Na₂O	0.68	0.87	0.93	0.41	1.12	0.89	0.69
MgO	12.58	13.92	12.57	32.92	12.51	15.05	13.73
Al₂O₃	5.64	3.74	5.40	2.66	4.18	4.45	4.47
SiO₂	51.96	52.93	51.83	40.43	51.24	52.90	52.33
K₂O	0.36	0.28	0.23	0.15	0.00	0.00	0.00
CaO	19.16	18.88	19.76	1.08	20.93	18.47	19.65
TiO₂	1.50	1.14	1.43	0.09	1.61	1.17	1.47
FeO	8.11	8.25	7.85	22.27	8.41	7.06	7.65
Totale	99.99	100.01	100.00	100.01	100.00	99.99	99.99
Cationi							
Si	1.9115	1.9473	1.9092	1.5645	1.9038	1.9304	1.9220
Ti	0.0415	0.0315	0.0396	0.0026	0.0450	0.0321	0.0406
Al	0.2445	0.1622	0.2344	0.1213	0.1830	0.1914	0.1935
Fe²⁺	0.2495	0.2538	0.2418	0.7207	0.2613	0.2155	0.2350
Mg	0.6899	0.7634	0.6903	1.8991	0.6929	0.8187	0.7518
Ca	0.7552	0.7442	0.7799	0.0448	0.8332	0.7221	0.7733
Na	0.0485	0.0621	0.0664	0.0308	0.0807	0.0630	0.0491
K	0.0169	0.0131	0.0108	0.0074	0.0000	0.0000	0.0000
Totale	3.9575	3.9777	3.9725	4.3913	4.0000	3.9732	3.9652
End Members							
Wo	44.56	42.25	45.55	1.76	46.61	41.12	43.93
En	40.71	43.34	40.32	74.43	38.77	46.62	42.71
Fs	14.73	14.41	14.13	23.81	14.62	12.26	13.35

Tabella 4 – Continua.

CAMPIONE	VCT2											
Na2O	0.8	1.15	1.27	1.01	1.14	0.9	0	0	0.84	1.05	0.96	0.91
MgO	10.78	12.38	12.68	13.7	13.92	12.79	13.19	13.37	14.6	13.4	14.23	13.36
Al2O3	5.39	5.19	5.34	5.22	4.45	4.54	5.76	4.95	4.7	6.16	4.2	3.43
SiO2	49.63	51.86	51.67	51.68	51.46	53.17	51.94	53.06	53.67	51.31	53.17	54.88
K2O	0	0	0	0	0	0	0	0	0.32	0	0	0.3
CaO	22.54	19.75	19.58	19.33	20.07	19.56	20.08	19.62	18.33	18.37	19.12	19.16
TiO2	1.72	1.6	1.53	1.4	1.5	1.32	1.22	1.2	1.02	1.66	1.25	1.03
FeO	9.12	8.08	7.93	7.67	7.45	7.73	7.81	7.8	6.52	8.04	7.06	6.92
Totale	99.98	100.01	100	100.01	99.99	100.01	100	100	100	99.99	99.99	99.99
Cationi												
Si	1.8611	1.9114	1.9040	1.8997	1.8985	1.9487	1.9048	1.9394	1.9509	1.8840	1.9431	1.9995
Ti	0.0485	0.0444	0.0424	0.0387	0.0416	0.0364	0.0337	0.0330	0.0279	0.0458	0.0344	0.0282
Al	0.2382	0.2254	0.2319	0.2262	0.1935	0.1961	0.2490	0.2132	0.2014	0.2666	0.1809	0.1473
Cr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Fe2+	0.2860	0.2491	0.2444	0.2358	0.2299	0.2369	0.2395	0.2384	0.1982	0.2469	0.2158	0.2109
Mg	0.6026	0.6802	0.6966	0.7508	0.7656	0.6988	0.7211	0.7285	0.7912	0.7335	0.7753	0.7257
Ca	0.9056	0.7799	0.7730	0.7613	0.7933	0.7681	0.7890	0.7684	0.7139	0.7227	0.7486	0.7479
Na	0.0582	0.0822	0.0907	0.0720	0.0815	0.0640	0.0000	0.0000	0.0592	0.0748	0.0680	0.0643
K	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0148	0.0000	0.0000	0.0139
Totale	4.0003	3.9726	3.9830	3.9845	4.0039	3.9489	3.9371	3.9210	3.9575	3.9742	3.9661	3.9377
End Members												
Wo	50.50	45.63	45.10	43.56	44.64	45.08	45.09	44.28	41.92	42.44	43.04	44.40
En	33.60	39.80	40.64	42.95	43.08	41.01	41.21	41.98	46.45	43.07	44.57	43.08
Fs	15.90	14.57	14.26	13.49	12.28	13.91	13.69	13.74	11.63	14.49	12.40	12.52

Tabella 4 – Continua.

CAMPIONE	VCT5											
Na2O	0	0	0	0	0.91	0	0	0	0	0	0	0
MgO	12.22	6.87	14.35	10.88	12.33	9.98	13.87	13.88	13.82	14.28	12.73	13.67
Al2O3	2.73	2.44	3.4	2.48	3.46	7.03	4.35	2.95	3.25	3.01	3.81	2.79
SiO2	51.35	66.09	54.13	62.95	53.02	49.91	54.51	53.98	54.08	53.83	51.88	54
K2O	0	0	0	0	0	1.14	0	0	0	0	0	0
CaO	22.72	17.08	19.02	16.47	20.62	21.43	19.24	20.3	19.99	19.58	21.02	20.31
TiO2			0.52	0.47			0.61	0.58	0.55	0.58	0.77	0.56
FeO	10.97	7.52	8.59	6.75	9.66	10.51	7.42	8.31	8.3	8.73	9.78	8.66
Totale	99.99	100	100.01	100	100	100	100	100	99.99	100.01	99.99	99.99
Cationi												
Si	1.9346	2.3146	1.9803	2.2152	1.9687	1.8763	1.9807	1.9817	1.9822	1.9764	1.9294	1.9858
Ti	0.0000	0.0000	0.0143	0.0124	0.0000	0.0000	0.0167	0.0160	0.0152	0.0160	0.0215	0.0155
Al	0.1212	0.1007	0.1466	0.1029	0.1514	0.3115	0.1863	0.1276	0.1404	0.1302	0.1670	0.1209
Fe2+	0.3456	0.2202	0.2628	0.1986	0.3000	0.3304	0.2255	0.2551	0.2544	0.2680	0.3042	0.2663
Mg	0.6863	0.3587	0.7826	0.5708	0.6825	0.5593	0.7513	0.7596	0.7552	0.7816	0.7058	0.7494
Ca	0.9171	0.6409	0.7455	0.6210	0.8203	0.8632	0.7490	0.7985	0.7850	0.7702	0.8376	0.8002
Na	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0655	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
K	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0547	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Totale	4.0048	3.6351	3.9321	3.7209	3.9884	3.9953	3.9095	3.9385	3.9324	3.9425	3.9655	3.9382
End Members												
Wo	47.41	53.04	41.63	44.97	45.50	49.23	43.40	44.04	43.75	42.33	45.33	44.07
En	35.48	29.68	43.70	41.34	37.85	31.90	43.53	41.89	42.08	42.95	38.20	41.27
Fs	17.12	17.28	14.67	13.69	16.65	18.88	13.06	14.07	14.17	14.72	16.47	14.67

Tabella 4 – Continua.

CAMPIONE	VCT6											
Na2O	0.71	0.81	0.62	0.66	0.00	0.76	0.00	0.00	0.83	0.00	0.99	0.94
MgO	14.12	13.93	14.34	15.08	14.44	13.86	14.93	14.81	14.22	14.61	14.7	14.01
Al2O3	3.42	2.44	3.39	3.16	3.23	3.94	3.83	3.11	3.42	2.92	3.56	4.12
SiO2	54.5	55.05	54.64	55.23	54.13	54.04	55.3	54.39	54.71	54.76	53.88	54.07
K2O	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.61	0.41
CaO	19.35	19.5	19.43	19.09	19.64	18.48	19.57	19.1	19.52	18.99	18.91	18.82
TiO2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.44	0.00	0.00	0.53	0.00	0.53	0.00	0.61
FeO	7.58	8.26	7.59	6.78	8.11	8.42	6.37	8.05	7.29	8.19	7.35	7.02
Totale	99.99	99.99	100.01	100	99.99	100	100	99.99	99.99	100	100	100
Cationi												
Si	1.9933	2.0169	1.9940	2.0048	1.9806	1.9819	1.9997	1.9856	1.9957	1.9979	1.9745	1.9729
Ti	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0121	0.0000	0.0000	0.0146	0.0000	0.0145	0.0000	0.0167
Al	0.1474	0.1054	0.1458	0.1352	0.1393	0.1703	0.1632	0.1338	0.1470	0.1256	0.1538	0.1772
Fe2+	0.2318	0.2531	0.2316	0.2058	0.2482	0.2582	0.1926	0.2458	0.2224	0.2499	0.2253	0.2142
Mg	0.7699	0.7608	0.7801	0.8160	0.7876	0.7578	0.8048	0.8060	0.7733	0.7946	0.8031	0.7621
Ca	0.7582	0.7655	0.7597	0.7425	0.7699	0.7261	0.7582	0.7471	0.7629	0.7423	0.7425	0.7358
Na	0.0503	0.0575	0.0439	0.0465	0.0000	0.0540	0.0000	0.0000	0.0587	0.0000	0.0703	0.0665
K	0.0145	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0234	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0285	0.0191
Totale	3.9654	3.9592	3.9551	3.9508	3.9377	3.9717	3.9187	3.9329	3.9601	3.9248	3.9980	3.9645
End Members												
Wo	43.08	43.07	42.89	42.17	42.64	41.68	43.19	41.53	43.38	41.55	41.93	42.98
En	43.74	42.81	44.04	46.35	43.62	43.49	45.84	44.81	43.97	44.48	45.35	44.51
Fs	13.18	14.13	13.08	11.48	13.74	14.83	10.97	13.66	12.64	13.98	12.72	12.51

Tabella 4 – Continua.

CAMPIONE	VCT7											
Na2O	1.02	0	1.03	2.27	1.32	0.81	1.07	1.37	1.09	1	0	0.85
MgO	8.26	9.02	8.73	4.88	8.8	7.92	9.2	8.64	8.69	7.79	8.54	9.52
Al2O3	1.73	1.64	2.02	7.87	2.04	1.51	1.84	1.7	1.91	1.9	2.33	1.7
SiO2	53.38	54.6	54.24	44.8	53.82	53.27	53.48	53.33	54.34	52.08	52.66	53.54
K2O	0.36	0.38	0.47	1.54	0.37	0	0.43	0.33	0	0	0.34	0
CaO	17.79	17.98	17.53	15.65	17.36	17.76	17.47	16.8	17.71	18.91	18.95	18.23
TiO2	0.75	0.54	0.53	0	0.55	0.64	0.52	0.6	0.71	0.6	0.64	0.54
MnO	1.11	0.85	1.15	1.07	1.03	1.12	0.93	0.9	0.97	1.14	0.94	1.18
FeO	15.59	14.98	14.29	21.93	14.7	16.97	15.06	16.34	14.59	16.58	15.61	14.44
Totale	99.99	99.99	99.99	100.01	99.99	100	100	100.01	100.01	100	100.01	100
Cationi												
Si	2.0333	2.0589	2.0485	1.7922	2.0377	2.0367	2.0293	2.0327	2.0488	2.0018	2.0060	2.0265
Ti	0.0215	0.0153	0.0151	0.0000	0.0157	0.0184	0.0148	0.0172	0.0201	0.0173	0.0183	0.0154
Al	0.0777	0.0729	0.0899	0.3711	0.0910	0.0680	0.0823	0.0764	0.0849	0.0861	0.1046	0.0758
Fe2+	0.4966	0.4724	0.4513	0.7337	0.4654	0.5426	0.4779	0.5209	0.4600	0.5330	0.4973	0.4571
Mn	0.0358	0.0271	0.0368	0.0363	0.0330	0.0363	0.0299	0.0291	0.0310	0.0371	0.0303	0.0378
Mg	0.4690	0.5071	0.4915	0.2910	0.4967	0.4514	0.5204	0.4909	0.4884	0.4464	0.4850	0.5372
Ca	0.7260	0.7264	0.7093	0.6708	0.7042	0.7275	0.7102	0.6861	0.7154	0.7788	0.7734	0.7393
Na	0.0753	0.0000	0.0754	0.1761	0.0969	0.0600	0.0787	0.1012	0.0797	0.0745	0.0000	0.0624
K	0.0175	0.0183	0.0226	0.0786	0.0179	0.0000	0.0208	0.0160	0.0000	0.0000	0.0165	0.0000
Totale	3.9528	3.8985	3.9405	4.1496	3.9585	3.9409	3.9645	3.9705	3.9284	3.9750	3.9316	3.9514
End Members												
Wo	42.32	42.34	42.54	49.16	41.90	41.60	41.07	39.91	42.76	43.85	43.68	42.29
En	27.34	29.55	29.48	21.33	29.55	25.81	30.09	28.56	29.20	25.14	27.39	30.73
Fs	30.33	28.11	27.98	29.51	28.55	32.58	28.85	31.52	28.04	31.01	28.93	26.99

Tabella 4 – Continua.

CAMPIONE	BRM2							
Na2O	1.06	0.82	1.04	1.43	1.47	1.25	0.59	0.79
MgO	9.44	9.34	10.68	8.77	8.66	9.31	9.61	9.83
Al2O3	2.37	2.31	3.06	2.36	2.59	1.73	1.05	0.92
SiO2	53.82	53.26	53.99	53.44	52.4	53.13	53.5	53.25
CaO	17.94	17.77	17.32	17.47	18.51	18.84	19.05	19.13
TiO2	0.57	0.81	0.89	0.79	0.68	0	0.57	0.51
Cr2O3	0.87	1.02	0.66	0.82	1.2	0.91	0.77	1.06
FeO	13.94	14.68	12.36	14.93	14.5	14.83	14.87	14.5
Fe2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totale	100.01	100.01	100.00	100.01	100.01	100.00	100.01	99.99
Cationi								
Si	2.0221	2.0090	2.0079	2.0182	1.9884	2.0166	2.0269	2.0197
Ti	0.0161	0.0230	0.0249	0.0224	0.0194	0.0000	0.0162	0.0146
Al	0.1049	0.1027	0.1341	0.1050	0.1158	0.0774	0.0469	0.0411
Cr	0.0258	0.0304	0.0194	0.0245	0.0360	0.0273	0.0231	0.0318
Fe2+	0.4380	0.4631	0.3844	0.4715	0.4601	0.4707	0.4711	0.4599
Mg	0.5287	0.5252	0.5921	0.4937	0.4899	0.5268	0.5428	0.5558
Ca	0.7222	0.7182	0.6901	0.7069	0.7525	0.7662	0.7733	0.7774
Na	0.0772	0.0600	0.0750	0.1047	0.1082	0.0920	0.0433	0.0581
Totale	3.9350	3.9315	3.9280	3.9470	3.9704	3.9770	3.9436	3.9584
End Members								
Wo	42.39	41.84	41.24	42.02	44.17	42.95	42.79	42.97
En	31.04	30.60	35.38	29.35	28.75	29.53	30.04	30.72
Fs	26.57	27.56	23.38	28.63	27.08	27.51	27.17	26.31

Tabella 4 – Continua.

CAMPIONE	BRM3											
Na2O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.1	2.1
MgO	15.39	38.69	37.86	36.89	16.73	15.89	16.52	15.48	16.47	16.43	1.16	1.01
Al2O3	3.59	1.32	1.1	2.38	2.25	3.66	2.47	3.22	2.02	2.54	29.61	29.94
SiO2	54.69	41.56	42.78	42.08	55.43	54.78	55.3	55.28	54.94	55.13	50.62	50.91
CaO	19.59	0.6		0.85	19.03	19.92	19.6	19.39	19.5	18.56	15.67	15.36
TiO2	0.47					0.52			0.66	0.42		
Cr2O3	0.58											
FeO	5.69	17.83	18.26	17.79	6.56	5.23	6.1	6.63	6.4	6.91	0.83	0.68
Totale	100	100	100	99.99	100	100	99.99	100	99.99	99.99	99.99	100
Cationi												
Si	1.9790	1.5714	1.6122	1.5864	2.0077	1.9774	2.0025	2.0023	1.9949	1.9982	1.7372	1.7423
Ti	0.0128	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0141	0.0000	0.0000	0.0180	0.0115	0.0000	0.0000
Al	0.1531	0.0588	0.0489	0.1057	0.0960	0.1557	0.1054	0.1375	0.0864	0.1085	1.1976	1.2076
Cr	0.0166	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Fe2+	0.1722	0.5638	0.5755	0.5609	0.1987	0.1579	0.1847	0.2008	0.1943	0.2095	0.0238	0.0195
Mg	0.8302	2.1808	2.1269	2.0733	0.9033	0.8551	0.8918	0.8359	0.8915	0.8878	0.0593	0.0515
Ca	0.7595	0.0243	0.0000	0.0343	0.7385	0.7704	0.7604	0.7525	0.7586	0.7208	0.5762	0.5632
Na	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1397	0.1393
Totale	3.9234	4.3992	4.3634	4.3607	3.9443	3.9306	3.9448	3.9290	3.9439	3.9361	3.7339	3.7235
End Members												
Wo	43.11	0.89	0.00	1.33	40.18	43.20	41.41	42.11	41.13	39.65	87.39	88.81
En	47.12	80.07	79.62	80.55	49.15	47.95	48.57	46.78	48.34	48.84	9.00	8.13
Fs	9.77	19.03	20.38	18.11	10.67	8.85	10.02	11.11	10.53	11.51	3.61	3.07

Tabella 5 – Analisi rappresentative dei plagioclasti dei campioni di macine della serie di Epoca Romana.

CAMPIONE	CR1-2											
SiO₂	54.42	55.09	55.82	55.46	57.43	56.18	57.41	56.76	55.97	55.38	54.95	56.35
TiO₂	0.76	0.56	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00
Al₂O₃	25.91	26.82	26.83	27.79	25.23	26.93	25.88	24.07	26.21	27.56	28.10	26.61
FeO	1.91	1.94	1.74	1.08	1.59	1.03	1.54	2.46	1.28	1.24	0.88	1.21
MgO	0.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.33	0.00	0.00	0.00	0.00
CaO	10.96	10.44	9.69	10.06	9.28	10.72	8.61	3.28	9.77	10.17	10.36	10.20
Na₂O	4.60	4.63	5.07	4.95	5.66	4.63	5.69	9.73	5.58	5.09	5.15	5.01
K₂O	0.58	0.53	0.57	0.67	0.81	0.52	0.86	2.37	0.69	0.57	0.56	0.62
Totale	100.00	100.01	99.99	100.01	100.00	100.01	99.99	100.00	100.00	100.01	100.00	100.00
Cationi												
Si	2.4399	2.4578	2.4877	2.4819	2.5610	2.5128	2.5555	2.5412	2.5077	2.4780	2.4664	2.5190
Al	1.3691	1.4102	1.4093	1.4657	1.3260	1.4196	1.3577	1.2701	1.3840	1.4534	1.4865	1.4020
Ti	0.0256	0.0188	0.0090	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0168	0.0000	0.0000	0.0000
Fe³⁺	0.1432	0.1448	0.1297	0.0808	0.1186	0.0771	0.1146	0.1842	0.0959	0.0928	0.0661	0.0905
Mg	0.0575	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0888	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Ca	0.5265	0.4990	0.4627	0.4824	0.4434	0.5137	0.4106	0.1573	0.4690	0.4876	0.4982	0.4885
Na	0.3999	0.4005	0.4381	0.4295	0.4894	0.4015	0.4911	0.8446	0.4847	0.4416	0.4482	0.4342
K	0.0332	0.0302	0.0324	0.0383	0.0461	0.0297	0.0488	0.1354	0.0394	0.0325	0.0321	0.0354
Z	4.020	4.023	4.019	4.019	4.026	4.004	4.011	4.011	4.005	4.028	4.031	3.974
X	0.923	0.935	0.942	0.937	0.908	0.972	0.950	0.979	0.952	0.907	0.909	1.020
End Members												
Wo	41.67	43.08	46.94	45.20	49.99	42.49	51.66	74.26	48.81	45.92	45.80	45.32
En	54.87	53.68	49.58	50.77	45.30	54.37	43.20	13.83	47.22	50.70	50.92	50.99
Fs	3.46	3.24	3.47	4.03	4.71	3.14	5.14	11.90	3.97	3.38	3.28	3.69

Tabella 5 – Continua.

CAMPIONE	CR3											
SiO2	54.97	54.63	55.50	55.76	54.28	54.76	54.67	54.39	54.88	54.54	54.46	53.16
Al2O3	28.19	27.40	27.07	27.40	28.36	27.92	28.44	28.37	27.74	28.19	27.77	29.30
FeO	1.07	1.54	1.20	1.06	1.08	1.15	0.90	0.93	0.99	0.81	1.28	0.77
CaO	11.32	11.36	11.18	10.51	11.59	11.48	11.57	11.90	11.49	11.86	11.92	12.87
Na2O	4.00	4.67	4.44	4.79	4.23	4.20	4.05	4.02	4.37	4.13	4.06	3.59
K2O	0.45	0.39	0.60	0.48	0.46	0.50	0.37	0.39	0.54	0.47	0.51	0.31
Totale	100.00	99.99	99.99	100.00	100.00	100.01	100.00	100.00	100.01	100.00	100.00	100.00
Cationi												
Si	2.4601	2.4483	2.4869	2.4944	2.4366	2.4549	2.4511	2.4423	2.4641	2.4518	2.4441	2.3957
Al	1.4869	1.4472	1.4296	1.4446	1.5004	1.4752	1.5028	1.5014	1.4679	1.4936	1.4688	1.5562
Fe3+	0.0801	0.1154	0.0899	0.0793	0.0811	0.0862	0.0675	0.0698	0.0743	0.0609	0.0961	0.0580
Ca	0.5428	0.5455	0.5368	0.5038	0.5574	0.5514	0.5558	0.5725	0.5527	0.5712	0.5732	0.6214
Na	0.3471	0.4058	0.3857	0.4155	0.3681	0.3651	0.3521	0.3500	0.3804	0.3600	0.3533	0.3137
K	0.0257	0.0223	0.0343	0.0274	0.0263	0.0286	0.0212	0.0223	0.0309	0.0270	0.0292	0.0178
Z	4.0272	4.0109	4.0065	4.0184	4.0180	4.0162	4.0214	4.0135	4.0064	4.0063	4.0090	4.0100
X	0.9156	0.9735	0.9568	0.9466	0.9519	0.9451	0.9290	0.9448	0.9641	0.9582	0.9556	0.9529
End Members												
Ab	37.91	41.68	40.32	43.89	38.67	38.63	37.90	37.04	39.46	37.57	36.97	32.92
An	59.29	56.03	56.10	53.22	58.56	58.35	59.83	60.59	57.33	59.62	59.98	65.21
Or	2.81	2.29	3.58	2.89	2.77	3.03	2.28	2.36	3.21	2.81	3.06	1.87

Tabella 5 – Continua.

CAMPIONE	GZ											
SiO2	51.99	51.89	51.12	51.16	51.99	52.51	53.16	50.39	50.12	50.11	51.46	50.62
TiO2	0.16	0.14	0.15	0.14	0.16	0.17	0.23	0.09	0.08	0.09	0.09	0.09
Al2O3	30.84	30.96	30.46	30.78	30.84	28.52	28.26	30.01	29.98	30.24	30.47	30.89
FeO	0.51	0.56	0.55	0.51	0.51	0.85	0.67	0.73	0.60	0.63	0.61	0.60
MgO	0.07	0.07	0.07	0.12	0.07	0.11	0.11	0.26	0.12	0.19	0.15	0.17
CaO	11.00	10.87	12.11	12.33	11.00	11.04	10.04	12.31	12.30	12.98	12.99	13.50
Na2O	4.28	4.33	4.21	4.00	4.28	5.09	4.97	4.00	3.78	3.76	3.91	3.60
K2O	0.34	0.32	0.31	0.30	0.34	0.45	0.57	0.23	0.21	0.24	0.25	0.21
Totale	99.18	99.14	98.96	99.33	99.18	98.75	98.00	98.00	97.20	98.22	99.92	99.68
Cationi												
Si	2.3598	2.3550	2.3366	2.3298	2.3598	2.4000	2.4385	2.3251	2.3308	2.3123	2.3320	2.3032
Al	1.6495	1.6561	1.6406	1.6519	1.6495	1.5362	1.5280	1.6320	1.6431	1.6444	1.6272	1.6567
Ti	0.0054	0.0046	0.0051	0.0047	0.0054	0.0059	0.0079	0.0030	0.0029	0.0029	0.0032	0.0030
Fe3+	0.0384	0.0423	0.0417	0.0387	0.0384	0.0647	0.0511	0.0561	0.0467	0.0487	0.0459	0.0454
Mg	0.0048	0.0044	0.0048	0.0084	0.0048	0.0077	0.0075	0.0175	0.0085	0.0130	0.0103	0.0117
Ca	0.5349	0.5288	0.5929	0.6016	0.5349	0.5405	0.4935	0.6086	0.6126	0.6416	0.6306	0.6581
Na	0.3768	0.3812	0.3728	0.3527	0.3768	0.4512	0.4419	0.3575	0.3410	0.3366	0.3436	0.3172
K	0.0194	0.0187	0.0180	0.0175	0.0194	0.0264	0.0332	0.0138	0.0127	0.0138	0.0142	0.0123
Z	4.0531	4.0580	4.0240	4.0251	4.0531	4.0067	4.0255	4.0162	4.0235	4.0084	4.0084	4.0082224
X	0.9359	0.9331	0.9885	0.9802	0.9359	1.0257	0.9762	0.9974	0.9748	1.0050	0.9986	0.999358
End Members												
Ab	40.47	41.05	37.90	36.30	40.47	44.32	45.62	36.49	35.29	33.93	34.76	32.12
An	57.45	56.94	60.27	61.90	57.45	53.09	50.95	62.11	63.40	64.68	63.81	66.63
Or	2.08	2.01	1.83	1.80	2.08	2.59	3.43	1.41	1.31	1.39	1.43	1.25

Tabella 5 – Continua.

CAMPIONE	VCT1											
SiO2	56.10	53.66	50.05	51.29	54.47	54.36	54.86	52.77	53.84	54.45	54.32	55.94
Al2O3	26.70	27.09	30.09	29.95	28.10	27.39	26.96	27.62	27.57	27.45	27.97	26.53
FeO	1.12	1.51	1.43	1.02	1.14	1.23	0.86	1.26	1.08	0.95	1.08	1.06
CaO	10.50	12.82	15.13	14.44	11.50	11.84	13.34	13.93	12.46	12.35	12.27	11.03
Na2O	4.97	4.19	2.83	2.85	4.18	4.47	3.33	3.87	4.40	3.84	3.91	4.79
K2O	0.62	0.73	0.46	0.45	0.61	0.71	0.65	0.55	0.65	0.94	0.45	0.66
Totale	100.01	100.00	99.99	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	99.98	100.00	100.01
Cationi												
Si	2.5118	2.4217	2.2733	2.3233	2.4448	2.4473	2.4729	2.3911	2.4313	2.4559	2.4411	2.5096
Al	1.4089	1.4409	1.6108	1.5990	1.4865	1.4533	1.4323	1.4750	1.4673	1.4592	1.4814	1.4027
Fe3+	0.0839	0.1140	0.1086	0.0773	0.0856	0.0926	0.0648	0.0955	0.0816	0.0717	0.0812	0.0795
Ca	0.5037	0.6199	0.7363	0.7008	0.5530	0.5711	0.6443	0.6763	0.6028	0.5968	0.5908	0.5302
Na	0.4314	0.3666	0.2492	0.2503	0.3638	0.3902	0.2910	0.3400	0.3852	0.3358	0.3407	0.4166
K	0.0354	0.0420	0.0267	0.0260	0.0349	0.0408	0.0374	0.0318	0.0374	0.0541	0.0258	0.0378
Z	4.0046	3.9766	3.9927	3.9996	4.0168	3.9932	3.9700	3.9615	3.9801	3.9868	4.0036	3.9919
X	0.9706	1.0286	1.0122	0.9771	0.9517	1.0021	0.9727	1.0481	1.0255	0.9867	0.9573	0.9846
End Members												
Ab	44.45	35.64	24.62	25.62	38.22	38.94	29.92	32.44	37.56	34.03	35.59	42.32
An	51.90	60.27	72.74	71.72	58.11	56.99	66.24	64.53	58.78	60.49	61.72	53.85
Or	3.65	4.09	2.63	2.66	3.67	4.07	3.84	3.03	3.65	5.48	2.69	3.84

Tabella 5 – Continua.

CAMPIONE	VCT2											
SiO2	55.99	55.34	56.27	54.91	54.87	55.69	55.80	54.47	55.58	55.67	55.77	54.80
Al2O3	27.11	27.65	26.60	26.66	26.69	26.78	26.65	27.76	27.20	26.45	27.14	28.53
FeO	1.28	1.06	1.50	1.22	1.50	1.19	1.27	1.11	1.11	1.45	0.82	0.74
CaO	9.77	10.07	10.06	11.57	11.45	10.89	11.00	11.26	10.65	11.20	10.50	11.25
Na2O	5.17	5.21	4.88	4.82	4.80	4.59	4.50	4.54	4.72	4.39	5.19	4.14
K2O	0.67	0.67	0.69	0.82	0.69	0.85	0.77	0.87	0.73	0.85	0.58	0.54
Totale	99.99	100.00	100.00	100.00	100.00	99.99	99.99	100.01	99.99	100.01	100.00	100.00
Cationi												
Si	2.5020	2.4804	2.5110	2.4734	2.4654	2.4977	2.5003	2.4506	2.4912	2.4945	2.5033	2.4587
Al	1.4278	1.4606	1.3990	1.4153	1.4134	1.4156	1.4074	1.4719	1.4369	1.3968	1.4358	1.5086
Fe3+	0.0957	0.0795	0.1119	0.0919	0.1127	0.0893	0.0952	0.0835	0.0832	0.1087	0.0616	0.0555
Ca	0.4678	0.4836	0.4810	0.5584	0.5512	0.5233	0.5281	0.5428	0.5115	0.5377	0.5050	0.5408
Na	0.4479	0.4528	0.4222	0.4209	0.4182	0.3991	0.3909	0.3960	0.4102	0.3814	0.4517	0.3601
K	0.0382	0.0383	0.0393	0.0471	0.0396	0.0486	0.0440	0.0499	0.0417	0.0486	0.0332	0.0309
Z	4.0254	4.0205	4.0219	3.9806	3.9915	4.0026	4.0029	4.0060	4.0113	4.0000	4.0006	4.0229
X	0.9539	0.9747	0.9425	1.0265	1.0089	0.9711	0.9631	0.9887	0.9634	0.9677	0.9899	0.9319
End Members												
Ab	46.96	46.45	44.80	41.01	41.45	41.10	40.59	40.05	42.58	39.41	45.63	38.65
An	49.04	49.62	51.03	54.40	54.63	53.89	54.84	54.90	53.09	55.57	51.01	58.04
Or	4.00	3.93	4.17	4.59	3.92	5.01	4.57	5.05	4.33	5.02	3.36	3.32

Tabella 5 – Continua.

CAMPIONE	VCT5											
SiO2	57.30	58.09	56.99	57.97	56.27	57.59	55.07	55.68	56.20	54.61	53.98	55.10
Al2O3	25.61	25.19	26.34	25.40	26.53	25.68	27.03	27.22	26.87	26.62	27.46	27.19
FeO	1.07	1.20	0.89	0.95	1.09	1.36	0.98	0.98	0.89	1.21	1.04	1.66
CaO	9.27	9.38	9.19	9.62	10.40	8.70	12.32	10.88	11.41	12.62	13.47	10.86
Na2O	4.96	4.78	5.33	4.20	4.34	5.07	3.71	4.41	3.69	3.74	3.04	4.35
K2O	1.79	1.36	1.25	1.86	1.37	1.61	0.88	0.82	0.95	1.21	1.01	0.84
Totale	100.00	100.00	99.99	100.00	100.00	100.01	99.99	99.99	100.01	100.01	100.00	100.00
Cationi												
Si	2.5689	2.5922	2.5529	2.5938	2.5233	2.5702	2.4786	2.4969	2.5182	2.4650	2.4379	2.4650
Al	1.3532	1.3248	1.3906	1.3395	1.4021	1.3507	1.4339	1.4386	1.4190	1.4161	1.4616	1.4336
Fe3+	0.0802	0.0896	0.0667	0.0711	0.0817	0.1015	0.0738	0.0735	0.0667	0.0913	0.0786	0.1242
Ca	0.4453	0.4485	0.4411	0.4612	0.4997	0.4160	0.5941	0.5228	0.5478	0.6103	0.6518	0.5206
Na	0.4311	0.4136	0.4629	0.3644	0.3773	0.4387	0.3238	0.3834	0.3206	0.3273	0.2662	0.3773
K	0.1024	0.0774	0.0714	0.1062	0.0784	0.0917	0.0505	0.0469	0.0543	0.0697	0.0582	0.0479
Z	4.0023	4.0066	4.0102	4.0044	4.0072	4.0225	3.9863	4.0091	4.0038	3.9725	3.9781	4.0229
X	0.9788	0.9395	0.9754	0.9317	0.9554	0.9464	0.9684	0.9531	0.9226	1.0073	0.9762	0.9458
End Members												
Ab	44.05	44.02	47.46	39.11	39.50	46.36	33.43	40.23	34.74	32.49	27.27	39.89
An	45.49	47.74	45.22	49.50	52.30	43.96	61.35	54.85	59.37	60.59	66.77	55.04
Or	10.46	8.24	7.32	11.40	8.20	9.69	5.22	4.92	5.89	6.92	5.96	5.07

Tabella 5 – Continua.

CAMPIONE	VCT6											
SiO2	57.84	57.20	57.15	58.07	57.83	58.38	56.59	57.01	56.05	55.86	57.29	56.33
Al2O3	25.64	25.93	24.33	25.20	25.57	25.27	26.71	26.05	26.89	27.22	25.88	26.23
FeO	0.92	1.29	1.44	1.03	1.00	0.82	1.03	1.11	0.86	1.02	1.06	1.11
CaO	9.33	9.89	10.34	8.89	8.79	9.09	9.95	9.85	10.44	10.10	9.23	10.30
Na2O	4.56	4.13	4.14	5.05	5.16	4.90	4.58	4.55	4.51	4.64	4.96	4.89
K2O	1.70	1.55	2.59	1.76	1.65	1.53	1.14	1.43	1.26	1.16	1.59	1.14
Totale	99.99	99.99	99.99	100.00	100.00	99.99	100.00	100.00	100.01	100.00	100.01	100.00
Cationi												
Si	2.5877	2.5555	2.5733	2.5980	2.5868	2.6098	2.5318	2.5517	2.5169	2.5041	2.5647	2.5272
Al	1.3519	1.3653	1.2912	1.3287	1.3480	1.3314	1.4084	1.3742	1.4231	1.4381	1.3655	1.3869
Fe3+	0.0688	0.0964	0.1084	0.0771	0.0748	0.0613	0.0771	0.0831	0.0646	0.0765	0.0794	0.0833
Ca	0.4472	0.4734	0.4988	0.4261	0.4213	0.4354	0.4770	0.4724	0.5023	0.4851	0.4427	0.4951
Na	0.3955	0.3577	0.3614	0.4380	0.4475	0.4247	0.3973	0.3949	0.3927	0.4033	0.4305	0.4253
K	0.0970	0.0883	0.1488	0.1004	0.0942	0.0873	0.0651	0.0817	0.0722	0.0663	0.0908	0.0652
Z	4.0084	4.0172	3.9729	4.0038	4.0097	4.0025	4.0173	4.0090	4.0046	4.0187	4.0095	3.9973
X	0.9398	0.9195	1.0091	0.9646	0.9629	0.9473	0.9393	0.9489	0.9671	0.9547	0.9640	0.9857
End Members												
Ab	42.09	38.91	35.82	45.41	46.47	44.83	42.30	41.61	40.60	42.24	44.66	43.15
An	47.59	51.49	49.44	44.18	43.75	45.96	50.78	49.78	51.94	50.81	45.92	50.23
Or	10.32	9.61	14.74	10.41	9.78	9.21	6.93	8.61	7.46	6.95	9.42	6.62

Tabella 5 – Continua.

CAMPIONE	VCT7											
SiO2	66.16	67.92	66.57	64.92	66.43	65.70	67.17	67.35	67.92	67.62	66.35	68.08
Al2O3	20.64	19.26	20.86	21.61	20.57	21.15	19.83	20.03	19.67	19.20	20.65	19.39
CaO	2.40	1.49	2.67	4.32	2.51	3.59	2.06	1.73	1.27	1.41	2.82	1.42
Na2O	7.98	7.79	6.97	7.43	7.83	7.31	7.86	7.66	7.42	8.01	7.94	7.65
K2O	2.82	3.53	2.94	1.71	2.67	2.25	3.08	3.23	3.73	3.75	2.24	3.46
Totale	100.00	99.99	100.01	99.99	100.01	100.00	100.00	100.00	100.01	99.99	100.00	100.00
Cationi												
Si	2.9256	2.9972	2.9340	2.8699	2.9328	2.9013	2.9658	2.9694	2.9929	2.9912	2.9269	2.9994
Al	1.0757	1.0017	1.0836	1.1259	1.0703	1.1008	1.0319	1.0408	1.0216	1.0010	1.0736	1.0068
Ca	0.1137	0.0704	0.1261	0.2046	0.1187	0.1699	0.0975	0.0817	0.0600	0.0668	0.1333	0.0670
Na	0.6842	0.6665	0.5956	0.6368	0.6702	0.6259	0.6729	0.6548	0.6339	0.6870	0.6791	0.6535
K	0.1591	0.1987	0.1653	0.0964	0.1504	0.1268	0.1735	0.1817	0.2097	0.2116	0.1261	0.1945
Z	4.0013	3.9989	4.0176	3.9959	4.0031	4.0021	3.9977	4.0102	4.0145	3.9922	4.0005	4.0062
X	0.9570	0.9357	0.8870	0.9379	0.9393	0.9225	0.9438	0.9182	0.9036	0.9654	0.9384	0.9150
End Members												
Ab	71.49	71.23	67.15	67.90	71.35	67.85	71.29	71.31	70.16	71.16	72.36	71.42
An	11.88	7.53	14.21	21.82	12.64	18.41	10.33	8.90	6.64	6.92	14.20	7.33
Or	16.62	21.24	18.64	10.28	16.01	13.74	18.38	19.79	23.21	21.92	13.43	21.25

Tabella 5 – Continua.

CAMPIONE	BRM1											
SiO2	63.00	64.31	62.70	63.14	63.04	62.87	64.41	61.44	64.56	64.08	63.10	63.60
Al2O3	22.68	21.96	23.16	23.03	23.08	23.35	22.16	24.05	21.22	22.50	22.70	22.37
FeO	0.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.00	0.00	0.00
CaO	5.28	5.02	5.73	5.65	6.31	6.09	4.08	6.52	4.15	4.03	4.98	4.70
Na2O	6.87	7.09	7.12	6.88	6.52	6.63	7.64	6.88	6.79	7.53	7.80	7.95
K2O	1.43	1.63	1.29	1.30	1.04	1.07	1.71	1.11	2.60	1.86	1.41	1.38
Totale	100.00	100.01	100.00	100.00	99.99	100.01	100.00	100.00	100.00	100.00	99.99	100.00
Cationi												
Si	2.7817	2.8466	2.7834	2.7977	2.7920	2.7841	2.8490	2.7343	2.8530	2.8363	2.8025	2.8209
Al	1.1803	1.1456	1.2117	1.2027	1.2048	1.2187	1.1552	1.2614	1.1052	1.1737	1.1882	1.1694
Fe3+	0.0546	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0503	0.0000	0.0000	0.0000
Ca	0.2498	0.2381	0.2725	0.2682	0.2994	0.2890	0.1934	0.3109	0.1965	0.1911	0.2370	0.2234
Na	0.5881	0.6085	0.6128	0.5911	0.5599	0.5692	0.6552	0.5936	0.5818	0.6462	0.6717	0.6837
K	0.0806	0.0920	0.0731	0.0735	0.0588	0.0604	0.0965	0.0630	0.1466	0.1050	0.0799	0.0781
Z	4.0167	3.9922	3.9952	4.0004	3.9968	4.0028	4.0042	3.9957	4.0085	4.0101	3.9907	3.9902
X	0.9185	0.9386	0.9584	0.9328	0.9181	0.9186	0.9451	0.9676	0.9249	0.9424	0.9885	0.9851
End Members												
Ab	64.03	64.83	63.94	63.37	60.98	61.97	69.33	61.36	62.90	68.57	67.95	69.40
An	27.20	25.37	28.44	28.76	32.62	31.45	20.46	32.13	21.25	20.28	23.97	22.67
Or	8.77	9.81	7.62	7.88	6.40	6.58	10.21	6.51	15.85	11.15	8.08	7.93

Tabella 5 – Continua.

CAMPIONE	BRM2											
SiO2	66.86	67.84	68.62	67.18	67.69	65.79	65.64	66.92	66.9	65.83	67.52	66.09
Al2O3	19.91	18.24	18.95	19.16	18.88	20.66	20.78	19.58	19.51	20.38	19.24	20.61
FeO	0.78								0.42			
CaO	1.94	0.87	1.23	1.38	1.48	2.46	2.61	1.56	1.49	2.51	1.35	2.42
Na2O	8	7.3	7.34	8.2	8.05	8.15	8.3	8.3	8.19	8.2	8.05	8.07
K2O	3.3	4.97	3.85	4.09	3.9	2.95	2.67	3.64	3.91	2.66	3.84	2.82
Totale	100.79	99.22	99.99	100.01	100	100.01	100	100	100.42	99.58	100	100.01
Cationi												
Si	2.9258	3.0302	3.0224	2.9813	2.9979	2.9155	2.9083	2.9661	2.9508	2.9254	2.9884	2.9238
Al	1.0269	0.9602	0.9837	1.0021	0.9855	1.0791	1.0851	1.0228	1.0142	1.0674	1.0036	1.0746
Fe3+	0.0571	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0310	0.0000	0.0000	0.0000
Ca	0.0910	0.0416	0.0580	0.0656	0.0702	0.1168	0.1239	0.0741	0.0704	0.1195	0.0640	0.1147
Na	0.6788	0.6322	0.6268	0.7055	0.6912	0.7003	0.7130	0.7133	0.7004	0.7065	0.6908	0.6922
K	0.1842	0.2832	0.2163	0.2316	0.2203	0.1668	0.1509	0.2058	0.2200	0.1508	0.2168	0.1592
Z	4.0098	3.9904	4.0061	3.9834	3.9834	3.9946	3.9933	3.9889	3.9960	3.9928	3.9920	3.9985
X	0.9539	0.9570	0.9012	1.0027	0.9818	0.9838	0.9878	0.9932	0.9908	0.9768	0.9716	0.9661
End Members												
Ab	71.15	66.06	69.55	70.36	70.40	71.18	72.18	71.82	70.69	72.33	71.10	71.65
An	9.54	4.35	6.44	6.54	7.15	11.87	12.54	7.46	7.11	12.23	6.59	11.87
Or	19.31	29.59	24.00	23.09	22.44	16.95	15.28	20.72	22.21	15.44	22.31	16.47

Tabella 5 – Continua.

CAMPIONE	BRM3											
SiO2	52.51	52.42	52.03	51.71	51.27	53.13	54.49	54.04	55.02	51.10	50.65	50.68
Al2O3	30.06	29.87	30.54	30.57	30.88	29.67	28.44	29.23	28.18	31.09	30.91	31.14
FeO	1.04	0.82	0.78	0.73	0.77	0.77	0.85	0.93	0.70	0.87	0.72	0.86
CaO	13.30	13.22	13.65	13.88	14.64	13.37	12.46	12.02	11.93	14.51	15.20	14.85
Na2O	3.09	3.37	2.99	3.10	2.44	3.07	3.39	3.77	3.87	2.43	2.52	2.48
K2O	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.37	0.00	0.29	0.00	0.00	0.00
Totale	100.00	100.01	99.99	99.99	100.00	100.01	100.00	99.99	99.99	100.00	100.00	100.01
Cationi												
Si	2.3598	2.3648	2.3446	2.3349	2.3158	2.3886	2.4454	2.4203	2.4682	2.3064	2.2960	2.2921
Al	1.5921	1.5882	1.6220	1.6269	1.6439	1.5721	1.5042	1.5429	1.4899	1.6538	1.6514	1.6599
Fe3+	0.0782	0.0619	0.0588	0.0551	0.0582	0.0579	0.0638	0.0697	0.0525	0.0657	0.0546	0.0651
Ca	0.6404	0.6390	0.6590	0.6715	0.7085	0.6440	0.5991	0.5768	0.5734	0.7017	0.7383	0.7196
Na	0.2692	0.2948	0.2612	0.2714	0.2137	0.2676	0.2950	0.3274	0.3366	0.2126	0.2215	0.2175
K	0.0000	0.0178	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0212	0.0000	0.0166	0.0000	0.0000	0.0000
Z	4.0301	4.0149	4.0254	4.0169	4.0178	4.0186	4.0134	4.0329	4.0106	4.0259	4.0020	4.0171
X	0.9096	0.9516	0.9203	0.9429	0.9222	0.9116	0.9153	0.9042	0.9266	0.9143	0.9597	0.9371
End Members												
Ab	29.60	30.98	28.39	28.78	23.17	29.35	32.23	36.21	36.33	23.26	23.08	23.21
An	70.40	67.15	71.61	71.22	76.83	70.65	65.46	63.79	61.88	76.74	76.92	76.79
Or	0.00	1.87	0.00	0.00	0.00	0.00	2.31	0.00	1.79	0.00	0.00	0.00

Tabella 6 – Analisi rappresentative delle olivine dei campioni di macine della serie di Epoca Romana.

CAMPIONE	VCT1									
SiO₂	39.50	41.17	41.20	40.85	39.76	41.15	39.14	41.22	40.99	41.71
Al₂O₃		1.09	1.24	1.75	2.05	1.45	0.75	0.50	1.26	1.45
FeO	26.78	21.21	21.62	23.00	26.41	21.37	26.04	22.27	23.75	22.57
MgO	32.49	35.46	35.16	33.05	29.15	34.74	33.10	35.05	32.71	33.13
CaO	0.84	0.77	0.78		0.91	0.78	0.65	0.48	0.69	0.68
TOTALE	99.61	99.70	100.00	100.01	98.88	100.01	100.00	100.00	99.99	99.99
Si	1.0545	1.0991	1.0999	1.0906	1.0615	1.0986	1.0449	1.1004	1.0943	1.1135
Al	0.0000	0.0343	0.0390	0.0551	0.0645	0.0456	0.0236	0.0157	0.0396	0.0456
Fe(ii)	0.5978	0.4735	0.4826	0.5134	0.5896	0.4771	0.5813	0.4971	0.5302	0.5038
Mn	0.0000	0.0000	0.0000	0.0099	0.0136	0.0118	0.0072	0.0109	0.0133	0.0102
Mg	1.2931	1.4113	1.3994	1.3154	1.1602	1.3827	1.3174	1.3950	1.3019	1.3186
Ca	0.0240	0.0220	0.0223	0.0000	0.0260	0.0223	0.0186	0.0137	0.0197	0.0194
TOTALE	2.9695	3.0402	3.0433	3.0029	2.9153	3.0380	2.9930	3.0329	2.9991	3.0112
End Members										
Fo	68.38	74.88	74.36	71.54	65.80	73.88	69.12	73.31	70.55	71.95
Fa	31.62	25.12	25.64	27.92	33.44	25.49	30.50	26.12	28.73	27.49
Tp	0.00	0.00	0.00	0.54	0.77	0.63	0.38	0.57	0.72	0.56

Tabella 6 – Continua.

CAMPIONE	VCT2									
SiO2	41.45	42.20	41.02	42.58	40.94	41.28	41.37	43.86	42.84	42.38
Al2O3	1.51	1.41	1.32	1.41	0.00	2.51	2.02	1.80	1.58	0.00
FeO	21.76	20.19	22.00	15.84	23.84	24.14	22.06	18.89	22.13	21.22
MgO	33.60	34.97	35.00	37.55	34.37	30.74	33.34	32.73	30.56	35.77
CaO	0.89	0.00	0.00	1.15	0.00	1.33	1.20	1.42	1.56	0.63
TOTALE	99.21	98.77	99.34	98.53	99.15	100.00	99.99	98.70	98.67	100.00
Si	1.0776	1.0971	1.0665	1.1070	1.0644	1.0732	1.0755	1.1403	1.1138	1.1018
Al	0.0463	0.0432	0.0404	0.0432	0.0000	0.0769	0.0619	0.0552	0.0484	0.0000
Fe(ii)	0.4730	0.4389	0.4783	0.3444	0.5183	0.5248	0.4796	0.4107	0.4811	0.4613
Mg	1.3023	1.3554	1.3566	1.4554	1.3321	1.1914	1.2922	1.2686	1.1845	1.3864
Ca	0.0248	0.0000	0.0000	0.0320	0.0000	0.0370	0.0334	0.0396	0.0435	0.0175
TOTALE	2.9240	2.9346	2.9417	2.9820	2.9148	2.9034	2.9427	2.9142	2.8712	2.9671
End Members										
Fo	73.35	75.54	73.93	80.87	71.99	69.42	72.93	75.54	71.12	75.03
Fa	26.65	24.46	26.07	19.13	28.01	30.58	27.07	24.46	28.88	24.97
Tp	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabella 6 – Continua.

CAMPIONE	VCT5									
SiO2	39.54	39.13	39.59	40.93	39.60	40.66	40.86	41.23	40.89	40.78
Al2O3	1.83	1.77	1.70	1.06	2.35	1.80	1.42	2.08	1.97	2.17
FeO	28.49	30.28	28.50	25.21	28.32	24.92	24.82	22.93	24.85	26.95
MnO	0.71	0.67	0.88	0.75	0.83	0.63	0.75	0.57	0.73	0.55
MgO	28.41	26.69	28.15	31.40	27.29	30.75	30.94	31.99	30.46	28.37
CaO	0.61	0.99	0.87	0.64	1.03	0.83	0.89	1.20	1.11	1.16
TOTALE	99.59	99.53	99.69	99.99	99.42	99.59	99.68	100.00	100.01	99.98
Si	1.0608	1.0498	1.0622	1.0981	1.0624	1.0909	1.0962	1.1062	1.0970	1.0941
Al	0.0579	0.0560	0.0538	0.0335	0.0743	0.0569	0.0449	0.0658	0.0623	0.0686
Fe(ii)	0.6391	0.6793	0.6394	0.5656	0.6353	0.5591	0.5568	0.5144	0.5575	0.6046
Mn	0.0161	0.0152	0.0200	0.0170	0.0189	0.0143	0.0170	0.0130	0.0166	0.0125
Mg	1.1363	1.0675	1.1259	1.2559	1.0915	1.2299	1.2375	1.2795	1.2183	1.1347
Ca	0.0175	0.0285	0.0250	0.0184	0.0296	0.0239	0.0256	0.0345	0.0319	0.0333
TOTALE	2.9278	2.8963	2.9262	2.9885	2.9120	2.9749	2.9781	3.0133	2.9836	2.9478
Fo	63.42	60.58	63.07	68.31	62.53	68.20	68.32	70.81	67.97	64.77
Fa	35.67	38.55	35.81	30.76	36.39	31.00	30.74	28.47	31.10	34.51
Tp	0.90	0.86	1.12	0.93	1.08	0.79	0.94	0.72	0.93	0.71

Tabella 6 – Continua.

CAMPIONE	VCT6								
SiO2	41.45	41.81	42.03	41.29	42.66	41.32	41.30	40.46	41.69
Al2O3	1.50	2.60	1.90	1.59	1.52	1.97	1.31	1.71	2.29
FeO	25.02	23.84	27.53	24.62	24.33	30.11	24.70	26.74	24.64
MnO	0.54	0.53	0.57	0.75	0.78	1.03	0.85	0.63	0.56
MgO	30.52	29.97	26.53	30.76	30.71	25.07	30.14	30.05	29.57
CaO	0.55	0.64	0.79	0.56	0.00	0.00	1.14	0.00	0.63
TOTALE	99.58	99.39	99.35	99.57	100.00	99.50	99.44	99.59	99.38
Si	1.0877	1.0972	1.1029	1.0835	1.1195	1.0843	1.0838	1.0617	1.0940
Al	0.0464	0.0804	0.0588	0.0492	0.0470	0.0609	0.0405	0.0529	0.0708
Fe(ii)	0.5490	0.5231	0.6041	0.5402	0.5339	0.6607	0.5420	0.5868	0.5407
Mn	0.0120	0.0118	0.0127	0.0167	0.0173	0.0229	0.0189	0.0140	0.0124
Mg	1.1940	1.1725	1.0379	1.2034	1.2014	0.9808	1.1791	1.1756	1.1568
Ca	0.0155	0.0180	0.0222	0.0157	0.0000	0.0000	0.0320	0.0000	0.0177
TOTALE	2.9046	2.9029	2.8385	2.9087	2.9191	2.8096	2.8963	2.8910	2.8925
End Members									
Fo	68.03	68.67	62.73	68.36	68.55	58.93	67.77	66.18	67.65
Fa	31.28	30.64	36.51	30.69	30.46	39.70	31.15	33.03	31.62
Tp	0.68	0.69	0.77	0.95	0.99	1.38	1.09	0.79	0.73

Tabella 6 – Continua.

CAMPIONE	CR1									
SiO2	41.55	40.37	42.13	41.72	42.11	40.74	41.23	40.77	42.14	42.46
Al2O3	1.09	2.72	0.00	2.75	1.02	2.35	1.09	3.45	1.55	2.40
FeO	16.99	26.94	18.79	26.89	16.86	27.11	17.98	30.48	17.55	17.87
MnO	0.33	0.22	0.36	0.39	0.00	0.00	0.41	0.00	0.00	0.51
MgO	39.36	28.41	37.80	26.53	39.16	27.08	38.55	23.66	37.76	35.84
CaO	0.68	1.06	0.93	1.31	0.84	1.20	0.74	1.07	1.00	0.92
TOTALE	100.00	99.72	100.01	99.59	99.99	98.48	100.00	99.43	100.00	100.00
Si	1.0506	1.0208	1.0653	1.0549	1.0648	1.0301	1.0425	1.0309	1.0655	1.0064
Al	0.0325	0.0811	0.0000	0.0819	0.0304	0.0700	0.0325	0.1028	0.0462	0.0769
Fe(ii)	0.3592	0.5696	0.3973	0.5686	0.3565	0.5732	0.3802	0.6445	0.3711	0.5525
Mn	0.0071	0.0047	0.0077	0.0084	0.0000	0.0000	0.0088	0.0000	0.0000	0.0118
Mg	1.4837	1.0710	1.4249	1.0001	1.4762	1.0208	1.4532	0.8919	1.4234	1.0638
Ca	0.0184	0.0287	0.0252	0.0355	0.0228	0.0325	0.0200	0.0290	0.0271	0.0377
TOTALE	2.9516	2.7758	2.9204	2.7493	2.9506	2.7267	2.9372	2.6991	2.9333	2.7490
End Members										
Fo	80.20	65.09	77.87	63.42	80.55	64.04	78.89	58.05	79.32	65.34
Fa	19.42	34.62	21.71	36.05	19.45	35.96	20.64	41.95	20.68	33.94
Tp	0.38	0.29	0.42	0.53	0.00	0.00	0.48	0.00	0.00	0.72

Tabella 6 – Continua.

CAMPIONE	BRM3											
SiO2	43.04	42.47	43.70	42.12	41.99	42.38	42.85	42.18	42.34	42.63	42.30	43.24
Al2O3	2.25	5.29	2.88	3.56	1.98	1.67	1.78	1.10	2.12	1.24	2.42	1.94
FeO	16.46	27.40	16.42	24.58	18.13	17.45	17.17	14.64	22.19	14.92	20.77	16.46
MgO	37.58	22.94	35.80	27.64	37.11	37.89	37.45	41.56	32.54	40.85	33.48	37.47
CaO	0.66	1.63	1.19	1.32	0.79	0.60	0.75	0.52	0.82	0.37	1.03	0.89
TOTALE	99.99	99.73	99.99	99.22	100.00	99.99	100.00	100.00	100.01	100.01	100.00	100.00
Si	1.0770	1.0628	1.0936	1.0540	1.0508	1.0605	1.0723	1.0555	1.0595	1.0668	1.0585	1.0820
Al	0.0664	0.1560	0.0849	0.1050	0.0584	0.0492	0.0525	0.0324	0.0625	0.0366	0.0714	0.0572
Fe(ii)	0.3444	0.5733	0.3436	0.5143	0.3794	0.3651	0.3593	0.3063	0.4643	0.3122	0.4346	0.3444
Mg	1.4020	0.8558	1.3356	1.0311	1.3844	1.4135	1.3971	1.5505	1.2139	1.5240	1.2490	1.3979
Ca	0.0177	0.0437	0.0319	0.0354	0.0212	0.0161	0.0201	0.0139	0.0220	0.0099	0.0276	0.0239
TOTALE	2.9075	2.6916	2.8895	2.7399	2.8941	2.9045	2.9013	2.9587	2.8223	2.9494	2.8411	2.9054
End Members												
Fo	80.28	59.88	79.54	66.72	78.49	79.47	79.54	83.50	72.33	83.00	74.19	80.23
Fa	19.72	40.12	20.46	33.28	21.51	20.53	20.46	16.50	27.67	17.00	25.81	19.77
 Tp	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabella 6 – Continua.

CAMPIONE	BRM2							
SiO₂	36.44	36.94	37.27	34.26	36.63	36.78	31.12	35.68
Al₂O₃	1.81	1.68	1.83	2.36	2.18	1.67	1.00	0.52
FeO	47.24	46.90	46.80	49.10	46.46	47.71	54.54	48.09
MnO	2.54	2.39	2.54	2.56	2.52	2.56	3.13	2.70
MgO	10.51	10.96	10.21	10.50	10.14	10.05	9.42	12.55
CaO	0.57	0.51	0.80	0.74	1.72	0.77	0.79	0.47
TOTALE	99.11	99.38	99.45	99.52	99.65	99.54	100.00	100.01
Si	1.0926	1.1076	1.1175	1.0273	1.0329	1.0371	1.0983	1.1028
Al	0.0640	0.0594	0.0647	0.0834	0.0724	0.0555	0.0770	0.0590
Fe(ii)	1.1844	1.1759	1.1734	1.2311	1.0955	1.1249	1.1649	1.1962
Mn	0.0645	0.0607	0.0645	0.0650	0.0602	0.0611	0.0640	0.0650
Mg	0.4698	0.4899	0.4564	0.4694	0.4263	0.4225	0.4533	0.4493
Ca	0.0183	0.0164	0.0257	0.0238	0.0520	0.0233	0.0553	0.0247
TOTALE	2.8937	2.9099	2.9022	2.8999	2.9692	2.9524	2.9128	2.8971
End Members								
Fo	27.33	28.38	26.94	26.59	26.95	26.26	26.95	26.26
Fa	68.91	68.11	69.26	69.73	69.25	69.93	69.25	69.93
 Tp	3.75	3.52	3.81	3.68	3.80	3.80	3.80	3.80

Tabella 6 – Continua.

CAMPIONE	GZ									
SiO2	41.35	42.39	41.61	41.59	40.79	41.12	41.01	41.34	41.84	41.12
Al2O3	2.01	2.37	1.86	1.70	1.72	1.91	1.44	1.16	1.78	2.02
FeO	21.58	20.44	20.78	20.53	21.56	22.26	21.02	20.85	18.21	21.91
MnO			0.46	0.42	0.33	0.40	0.50			
MgO	34.28	33.56	33.92	34.66	34.42	33.30	34.94	35.97	37.29	33.69
CaO	0.78	1.23	1.10	0.87	0.93	0.87	0.80	0.68	0.89	0.91
TOTALE	100.00	99.99	99.73	99.77	99.75	99.86	99.71	100.00	100.01	99.65
Si	1.0643	1.0911	1.0710	1.0705	1.0499	1.0584	1.0556	1.0641	1.0769	1.0584
Al	0.0610	0.0719	0.0564	0.0516	0.0522	0.0579	0.0437	0.0352	0.0540	0.0613
Fe(ii)	0.4645	0.4399	0.4472	0.4419	0.4640	0.4791	0.4524	0.4488	0.3919	0.4716
Mn	0.0000	0.0000	0.0100	0.0092	0.0072	0.0087	0.0109	0.0000	0.0000	0.0000
Mg	1.3154	1.2878	1.3016	1.3300	1.3208	1.2778	1.3407	1.3803	1.4309	1.2928
Ca	0.0215	0.0339	0.0303	0.0240	0.0256	0.0240	0.0221	0.0188	0.0245	0.0251
TOTALE	2.9267	2.9246	2.9167	2.9271	2.9198	2.9060	2.9254	2.9470	2.9783	2.9091
End Members										
Fo	73.90	74.54	74.00	74.68	73.70	72.37	74.32	75.46	78.50	73.27
Fa	26.10	25.46	25.43	24.81	25.89	27.13	25.08	24.54	21.50	26.73
Tp	0.00	0.00	0.57	0.51	0.40	0.49	0.60	0.00	0.00	0.00

CAPITOLO 8

STUDIO GEOCHIMICO

8.1 Classificazione e definizione dei litotipi

All'indagine petrografica, che ha consentito una prima classificazione dei campioni, alla mineral chemistry che ha permesso di definire la composizione in termini mineralogici dei litotipi studiati, ha fatto seguito la caratterizzazione chimica che ha consentito di classificare in maniera precisa i manufatti litici, dal punto di vista petrologico per definire le tipologie di magmi e l'ambiente geodinamico in cui si sono originati. A tale scopo, 24 dei campioni di macine studiati sono stati analizzati tramite analisi in Fluorescenza X, per definire il contenuto di elementi maggiori e di alcuni e degli elementi in tracce, Ni, Co, Cr, V, Ce, Nd, Ba, La, Nb, Zr, Y, Sr, Rb, Pb, As, Zn, Cu. I dati ottenuti sono riportati in tabella 8.1. Le caratteristiche chimiche dei due gruppi di macine studiate, quelle neolitiche e quelle di epoca romana, sono state discusse separatamente.

La classificazione preliminare dei prodotti vulcanici studiati è stata effettuata scegliendo opportunamente di utilizzare il diagramma K_2O versus K_2O/Na_2O di Middlemost (1975) per discriminare l'affinità sodica o potassica dei campioni. I prodotti classificati come alcalino potassici sono stati poi classificati utilizzando il digramma di Peccerillo and Taylor (1976). In seguito per stabilire la tipologia di litotipi nell'ambito delle varie serie magmatiche è stata utilizzata la classificazione TAS (Total alkali versus Silica) di Le Bas et al (1986). I campioni sono stati diagrammati con due simboli diversi, per distinguere quelli appartenenti alla serie preistorica (cerchietto rosso), da quelle appartenenti alla serie di Epoca Romana (asterisco blu).

La classificazione chimica, ha messo in evidenza che tra i campioni di *macine preistoriche* solo il MIL1 proviene da una serie vulcanica alcalino sodica (Fig. 8.1), tutti gli altri appartengono a una o più serie vulcaniche ad affinità potassica. Dal diagramma di Peccerillo and Taylor (Fig. 8.2B) si evince che tra i campioni potassici, MIL4 e MIL7 risultano shoshonitici; MIL3, MIL6 e MIL11 provengono da una serie calcalkalina alta in potassio mentre i campioni MIL2, MIL5 e MIL9 appartengono ad una serie calcalkalina. La classificazione chimica dei frammenti di *macine preistoriche* consente di raggruppare i campioni in base alla serie di appartenenza in:

Alcalino sodici: MIL1

Shoshonitici: MIL4 e MIL7

Calcalcalini alti in K: MIL3, MIL6 e MIL11

Calcalcalini: MIL2, MIL5, MIL9

Dalla classificazione TAS (Fig. 8.2A) poi sono stati identificati i vari litotipi appartenenti alle serie magmatiche precedentemente riconosciute, con il seguente risultato:

MIL1 **hawaiiite;**

MIL3, MIL4 e MIL 7 **trachi-andesiti;**

MIL2, MIL5, MIL6 e MIL11 **andesiti basaltiche;**

MIL9 **riolite.**

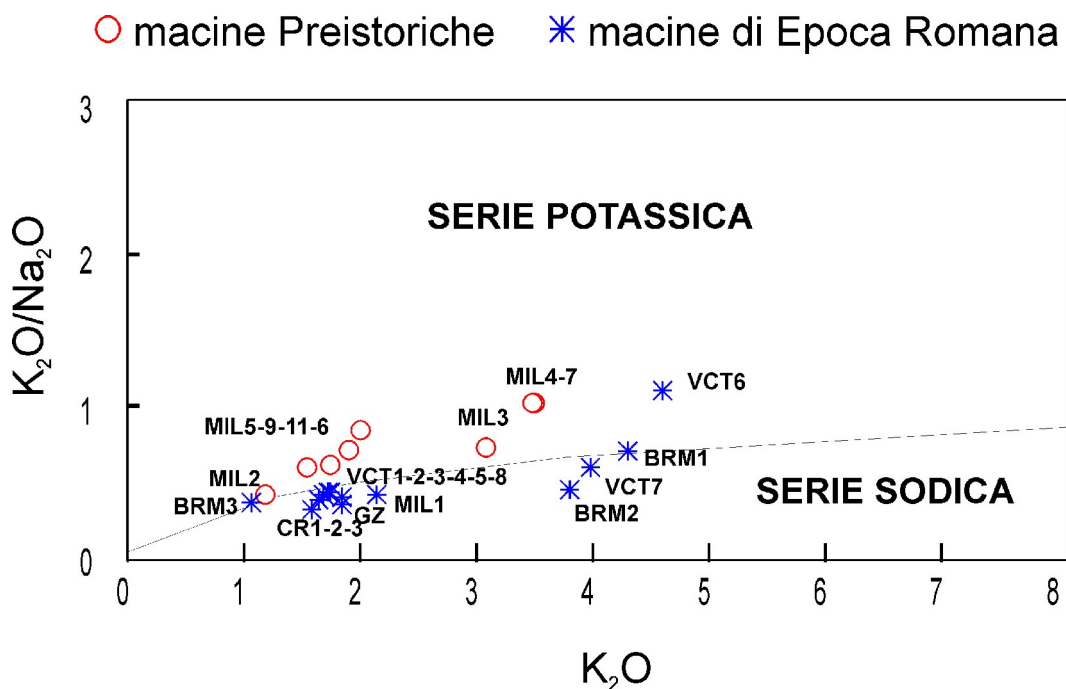


Fig. 8.1 – Diagramma classificativo di Middlemost (1975).

La classificazione chimica delle *macine di epoca Romana* ha messo in evidenza per buona parte dei campioni composizioni di serie vulcanica alcalina ad affinità sodica, con solo i campioni VCT6 e BRM3, ad affinità potassica (Fig. 8.1). Sul diagramma di Peccerillo e Taylor (Fig. 8.2A) si osserva poi che il VCT6 proviene da una serie shoshonitica mentre il BRM3 da una calcalcalina.

La classificazione preliminare ha consentito di raggruppare i campioni di *Epoca Romana* in:

- 1) **Alcalino sodici:** CR1, CR2, CR3, GZ1, VCT1, VCT2, VCT3, VCT4, VCT5, VCT7, VCT8, BRM1, BRM2;
- 2) **Shoshonitici:** VCT6;
- 3) **Calcalcalini:** BRM3.

La classificazione TAS (Fig. 8.2A) ha messo in evidenza la presenza dei seguenti litotipi:

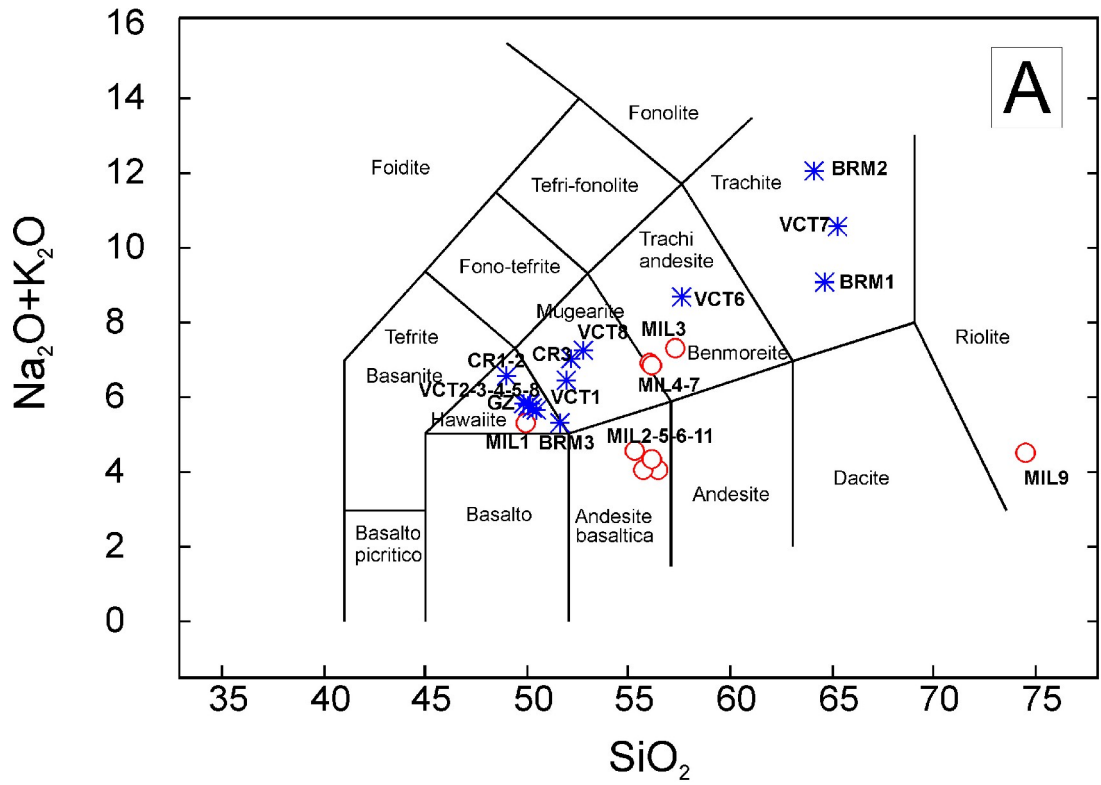
Hawaiiti: CR1, CR2, GZ1, VCT2, VCT3, VCT4, VCT5;

Mugeariti: VCT1, VCT8, CR3;

Trachiti: BRM1, BRM2, VCT7;

Trachi-basalti: BRM3;

Trachi andesiti: VCT6.



○ macine Preistoriche * macine di epoca Romana

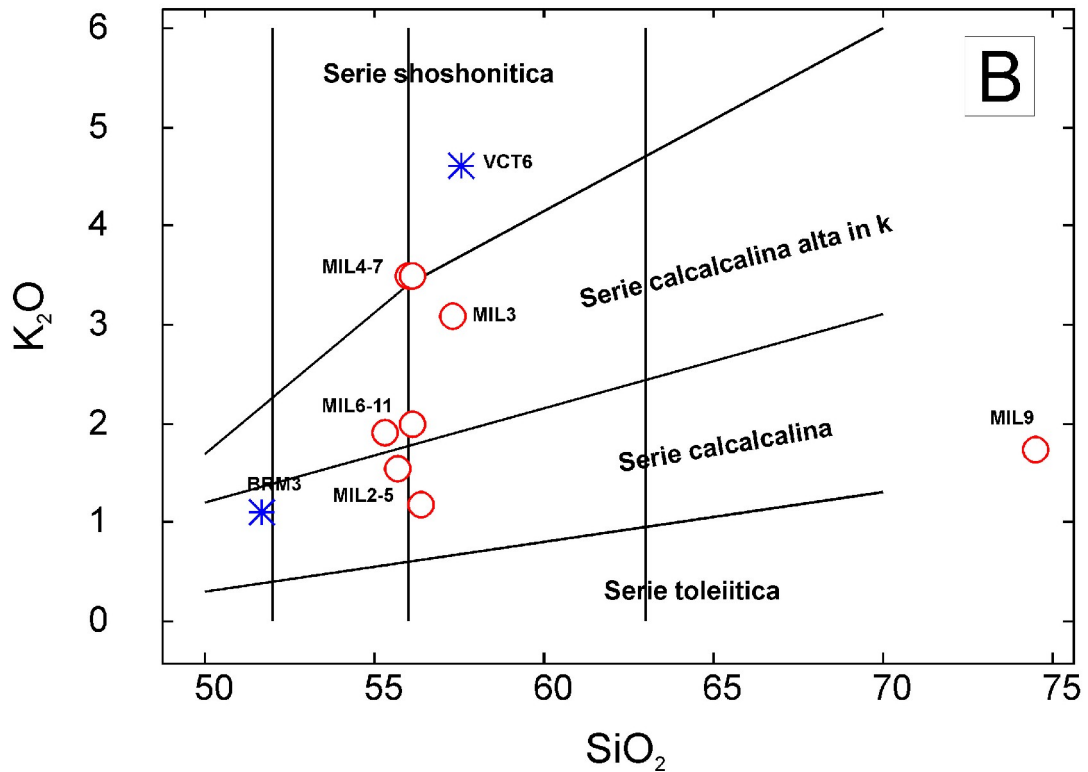


Fig. 8.2 – A) Diagrammi classificativi TAS e B) Peccerillo e Taylor delle macine studiate.

8.2 Composizione in elementi maggiori ed in tracce

Le variazioni degli elementi maggiori delle macine rispetto all' aumentare del contenuto in silice sono state evidenziate mediante l' uso dei diagrammi di Harker (Fig. 8.3), dai quali è possibile osservare che:

- MgO correla negativamente con SiO_2 , con valori che diminuiscono passando dalle hawaiiiti, alle mugeariti alle trachiti e rioliti. Il range di variazione è compreso tra il valore massimo di 6.60 % circa mostrato dai campioni CR1 e CR2 fino al valore più bassi di circa 0.50 % mostrati dalle trachiti rappresentate dai campioni romani BRM2 e VCT7.
- CaO (1.50 % trachite BRM2 – 8.6 % MIL1 e serie VCT sodica), Fe_2O_3 (3.2 % MIL9 – 10.30 % CR1 e CR2) e TiO_2 (0,35 % MIL9 – 2 % CR1 e CR2), mostrano ancora un trend complessivo di diminuzione con l' aumentare della silice.
- Na_2O (2,3-8 %) e K_2O (1-4.5 %) rispetto alla silice suddivide i campioni studiati in gruppi in base al grado di evoluzione, anche se all'interno di ogni gruppo i valori sono abbastanza scatterati.
- Al_2O_3 (13,3-20,5 %), mostra un trend di correlazione generale negativo, mentre nell'ambito dei singoli gruppi di litotipi è osservabile una correlazione positiva con la silice, con scarsa dispersione dei valori.
- P_2O_5 (0,21-0,85%) è caratterizzato da una dispersione dei valori nei termini più evoluti e da una correlazione negativa con la silice ben definita nei campioni più basici.

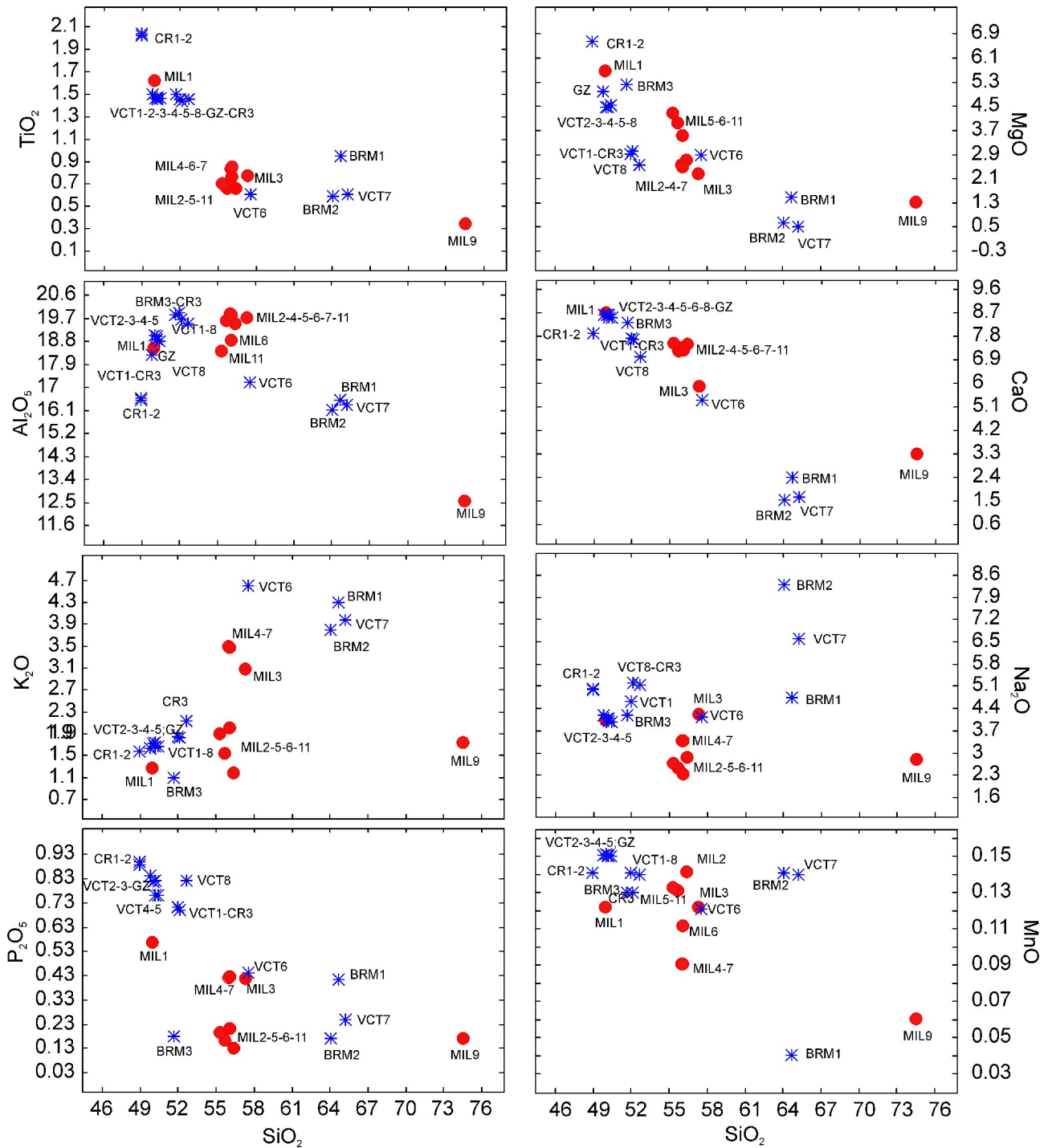


Fig. 8.3 – Diagrammi Harker.

Il quadro compositivo generale relativamente al contenuto in elementi in tracce (Fig. 8.4, 8.5 e 8.6) è risultato invece il seguente:

- Le concentrazioni degli elementi in tracce ferromagnesi (Ni, Cr, Co, Zn, V) presentano valori molto alti nei prodotti mafici, vanno a decrescere nei campioni più evoluti. In particolare Ni e Cr raggiungono le concentrazioni più elevate rispettivamente di 128 e 183 ppm nei campioni CR1 e CR2, negli altri campioni Ni varia in un range compreso tra 1 e 51 ppm mentre

Cr tra 2 e 90 ppm. Co varia in un range meno ampio, compreso tra 0 e 39 ppm. In Fig. 8.4 è osservabile la correlazione di alcuni di questi elementi con la silice. Il nichel, il cromo ed il cobalto mostrano generali correlazioni negative all'aumentare della silice. Zn e V mostrano distribuzioni disperse delle concentrazioni nell'ambito dei vari gruppi di litotipi.

- Sr, vicariante del Ca nel plagioclasio, risulta variabilmente concentrato nei litotipi più primitivi. Nel diagramma di variazione di questo elemento contro SiO_2 (Fig. 8.5) si osserva una generale correlazione negativa.

- Rb varia in un range compreso tra 23 e 164 ppm mentre Ba tra 317 e 1597 ppm. Le variazioni dei contenuti di tali elementi e degli altri elementi incompatibili (Zr, Nb e LREE) verso la silice seguono andamenti opposti rispetto agli elementi precedenti (Fig. 8.5), aumentando nei litotipi più evoluti quali trachiti, rioliti e benmoreiti.

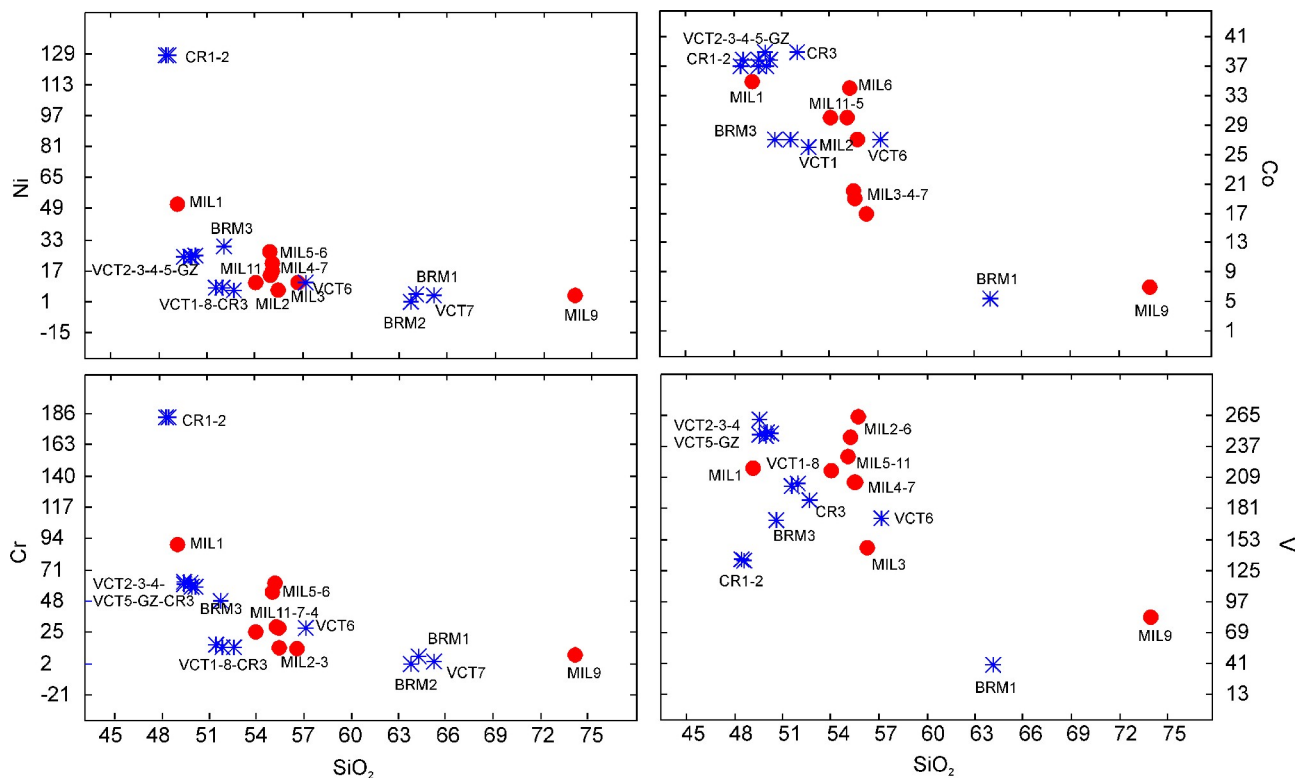


Fig. 8.4 – Diagrammi di variazione della SiO_2 versus gli elementi siderofili.

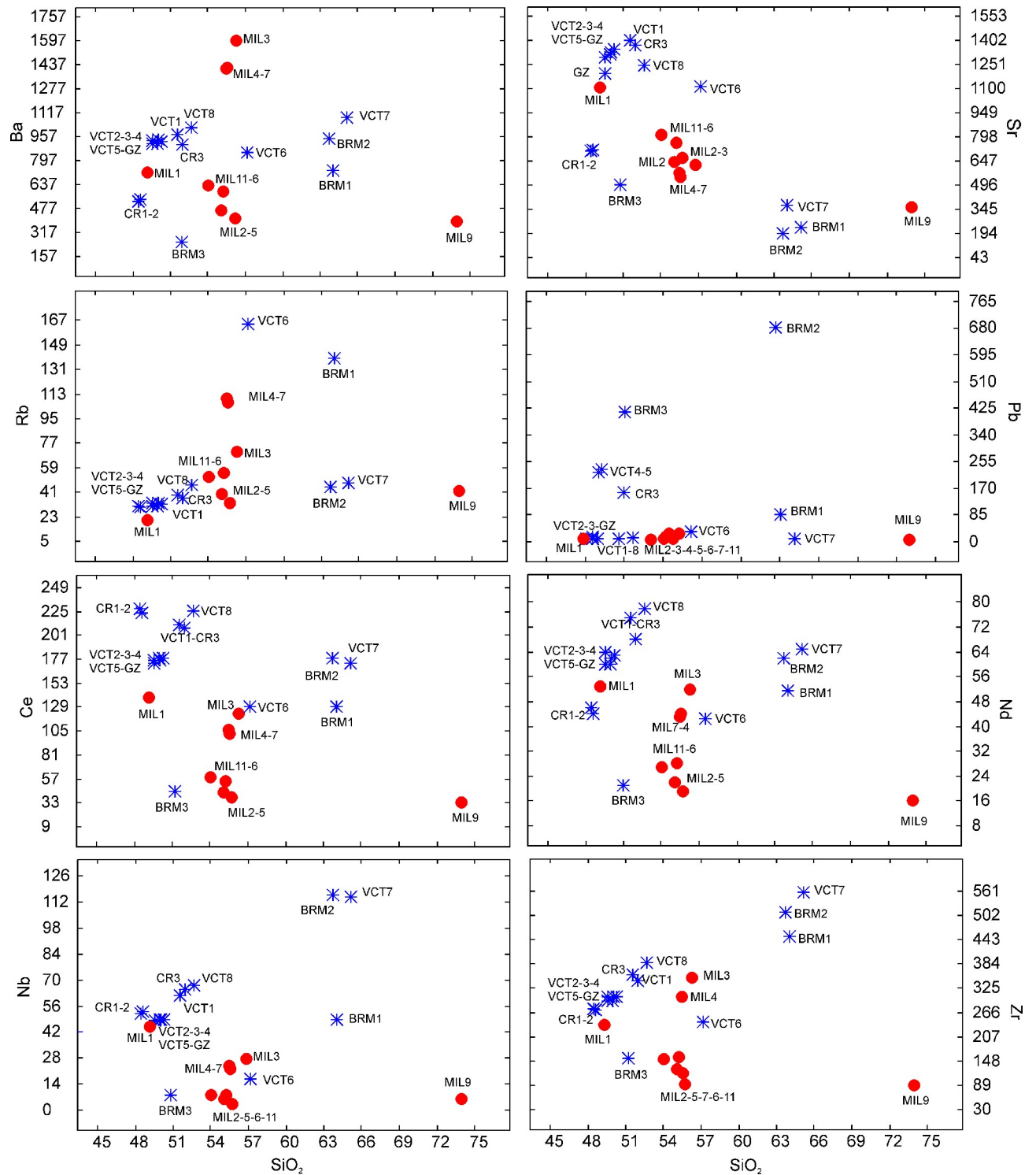


Fig. 8.5 – Diagrammi di variazione della SiO₂ versus gli elementi in tracce.

Gli spider diagrams di figura 8.6 evidenziano meglio le abbondanze degli elementi incompatibili dei campioni studiati. I dati sono stati normalizzati rispetto alla composizione del mantello primordiale di McDonough et al. (1992). Dall'osservazione dei diagrammi si nota immediatamente il bell-shaped pattern dei campioni hawaiani e mugearitici, con la evidente anomalia positiva del Nb tipica dei prodotti vulcanici intraplacca. Viceversa i campioni basaltici della serie preistorica mostrano un trend negativo, con elevate abbondanze di LILE

impoverimento in HFSE con la particolare anomalia negativa di Nb tipica dei magmi di arco vulcanico.

I campioni più ricchi in silice rappresentando i prodotti più evoluti del processo di frazionamento mostrano abbondanze variabili di LILE ed HFSE.

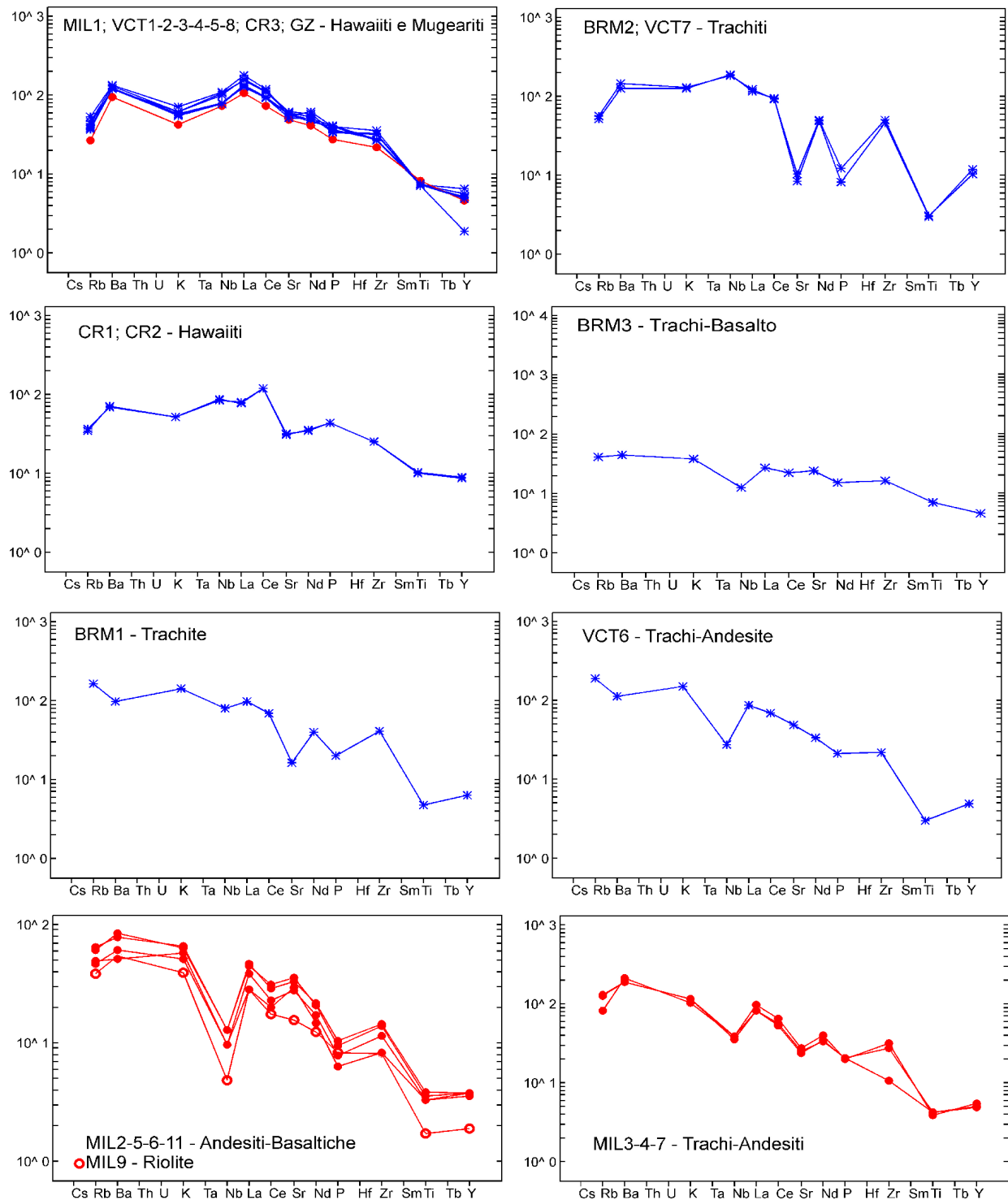


Fig. 8.6 – Spider diagrams e relativi patterns dei vari campioni di macine studiate.

8.3 Caratterizzazione dei magmi da cui derivano i prodotti vulcanici studiati

Per discriminare il set geodinamico nell'ambito del quale i prodotti vulcanici studiati hanno avuto origine e le tipologie di magmi che hanno originato i prodotti studiati, sono stati utilizzati diagrammi discriminativi basati sul contenuto in elementi in tracce. Le prove hanno indicato che i campioni studiati si possono suddividere in due grandi gruppi, quelle che provengono da un ambiente intraplacca da quelli che provengono da un ambiente tipo arco vulcanico. Tale discriminazione è stata immediatamente possibile utilizzando il diagramma classificativo Zr versus Ti di Pearce and Cann (1973; Fig. 8.7), sul quale i campioni MIL2, MIL5, MIL6, MIL7, MIL8, MIL9, MIL11 e VCT6 cadono nell'area identificata per le rocce di arco vulcanico, mentre gli altri campioni, MIL1, VCT1, VCT2, VCT3, VCT4, VCT5, VCT7, VCT8, GZ1, CR1, CR2, CR3, BRM1, BRM2 cadono nel campo delle rocce intraplacca. I campioni BRM3, MIL3 e MIL4 che cadono ai limiti delle aree e sulla fascia intermedia possono avere una identità diversa da quella osservata. Effettivamente le caratteristiche geochemiche per tali campioni, in particolare l'anomalia negativa di Nb lasciano propendere per un'origine da ambiente di arco.

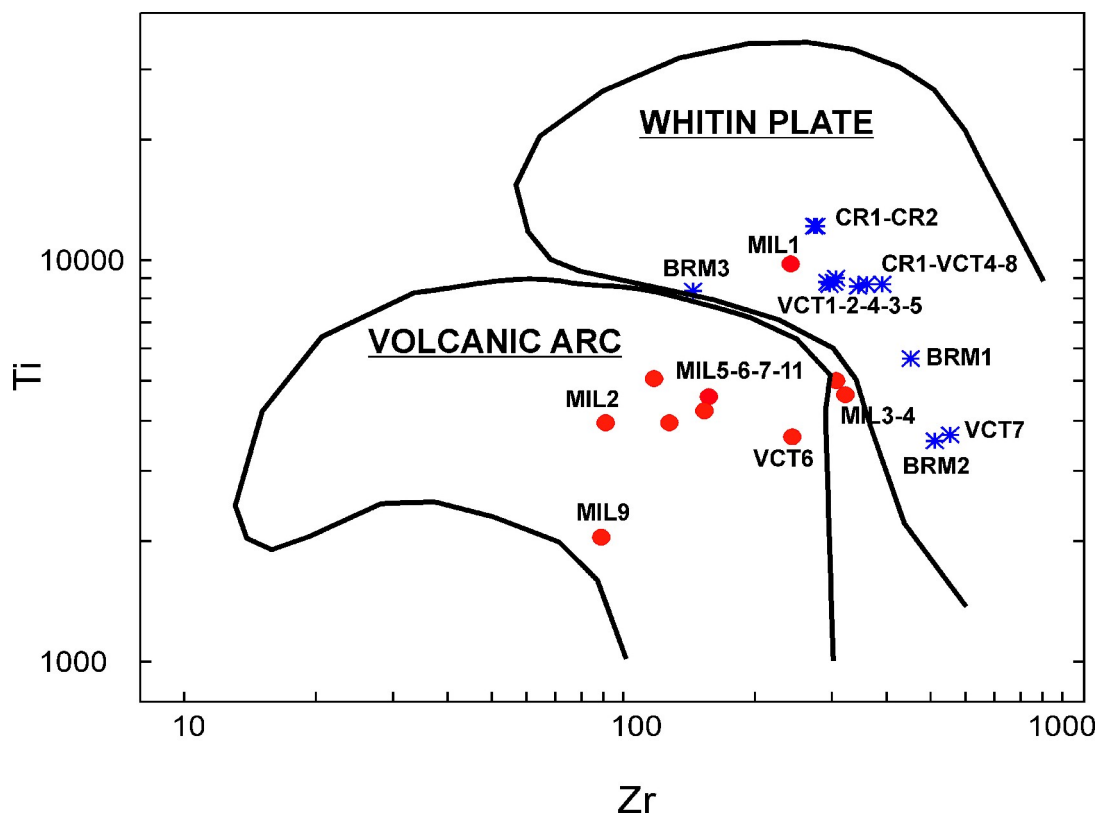


Fig. 8.7 – Diagramma discriminativo di Pearce & Cann (1973).

Sul diagramma classificativo di Shervais & Hanan (1989; Fig. 8.8) i campioni MIL9, MIL5 e MIL2 cadono nell'area identificata per i Normal-MORB, il MIL7 in quella degli Enriched-MORB i VCT1, VCT2, VCT3, VCT4, VCT5, VCT7, VCT8, GZ, CR1, CR2 studiati risultano invece

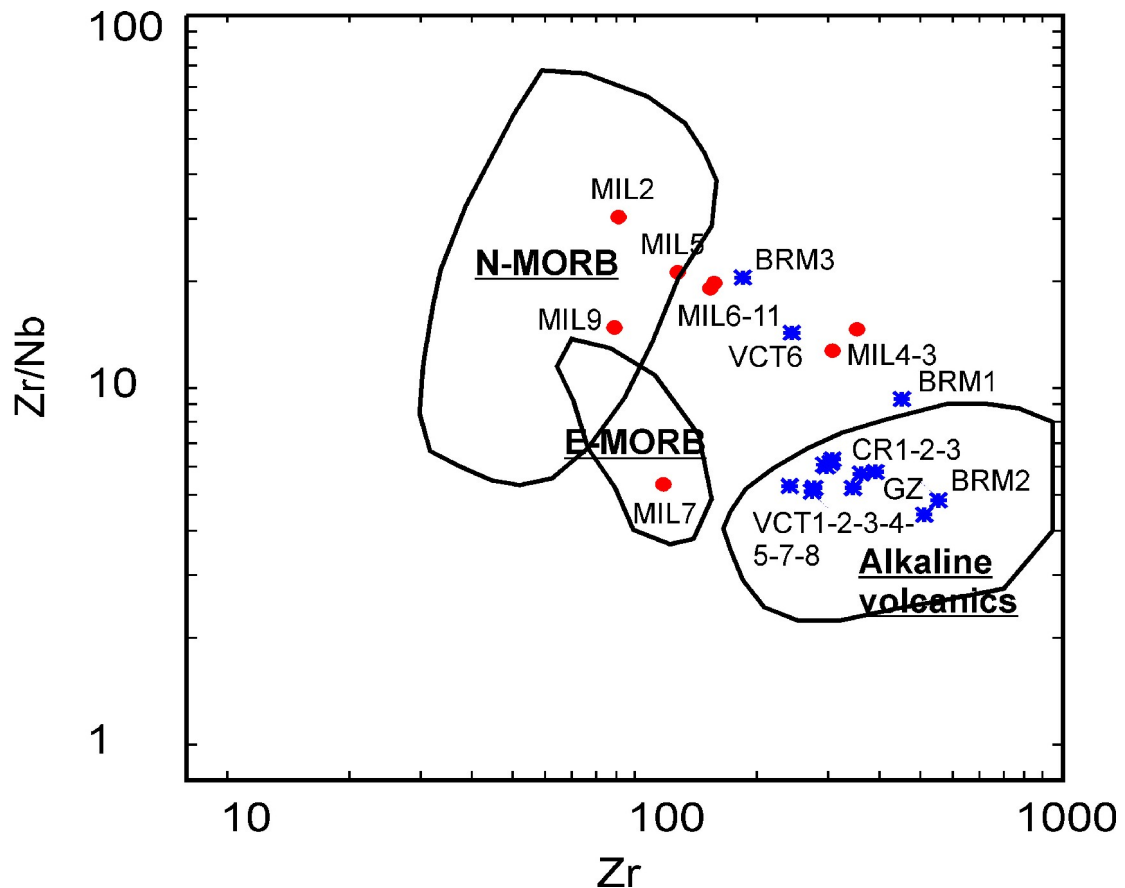


Fig. 8.8 –Diagramma classificativo di Shervais & Hanan (1989).

Tabella 8.1 – Analisi XRF dei campioni di macine studiati.

CAMPIONI	% IN PESO DI OSSIDI DEGLI ELEMENTI MAGGIORI										
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	P ₂ O ₅	MnO	LOI
MIL1	49.13	1.60	18.25	9.35	5.58	3.97	1.26	8.54	0.56	0.12	1.64
MIL2	55.75	0.65	19.27	8.82	2.70	2.83	1.17	7.43	0.13	0.14	1.10
MIL3	56.25	0.76	19.36	6.09	2.23	4.13	3.03	5.79	0.41	0.12	1.82
MIL4	55.49	0.83	19.68	5.98	2.54	3.37	3.46	7.21	0.42	0.09	0.92
MIL5	55.05	0.65	19.37	8.42	3.90	2.50	1.52	7.15	0.16	0.13	1.14
MIL6	55.25	0.75	18.56	8.58	3.47	2.30	1.97	7.28	0.21	0.11	1.52
MIL7	55.55	0.84	19.65	6.00	2.47	3.34	3.45	7.20	0.42	0.09	0.98
MIL9	73.97	0.34	12.46	3.20	1.32	2.79	1.72	3.27	0.17	0.06	0.70
MIL11	54.06	0.69	18.01	8.65	4.18	2.61	1.86	7.38	0.19	0.13	2.25
VCT1	51.58	1.45	19.76	8.67	2.89	4.59	1.83	7.68	0.71	0.14	0.70
VCT2	49.97	1.45	18.80	9.57	4.46	4.07	1.73	8.61	0.82	0.15	0.36
VCT3	49.56	1.45	18.88	9.52	4.43	4.02	1.71	8.56	0.81	0.15	0.91
VCT4	50.29	1.46	18.75	9.73	4.53	3.97	1.67	8.49	0.76	0.15	0.21
VCT5	50.04	1.47	18.95	9.72	4.47	4.00	1.67	8.48	0.76	0.15	0.29
VCT6	57.18	0.6	17.1	7.09	2.86	4.09	4.57	5.33	0.44	0.12	0.62
VCT7	65.18	0.61	16.32	4.71	0.51	6.6	3.98	1.65	0.25	0.14	0.05
VCT8	52.69	1.46	19.48	8.53	2.57	5.14	2.14	7.01	0.82	0.14	0.02
CR1	48.60	2.01	16.46	10.21	6.61	4.96	1.56	7.85	0.88	0.14	0.71
CR2	48.48	2.02	16.37	10.23	6.58	4.97	1.56	7.85	0.89	0.14	0.92
CR3	51.95	1.43	19.58	8.2	2.99	5.19	1.83	7.68	0.7	0.13	0.33
BRM1	64.06	0.94	16.36	4.45	1.47	4.71	4.27	2.39	0.41	0.04	0.91
BRM2	63.69	0.59	16.04	4.58	0.64	8.23	3.77	1.52	0.17	0.14	0.62
BRM3	54.91	0.84	19.52	6.69	4.26	4.14	1.06	8.1	0.18	0.11	0.21
GZ1	49.57	1.49	18.2	9.97	4.97	4.17	1.63	8.6	0.84	0.15	0.41

Tabella 8.1 – Continua.

CAMPIONI	ELEMENTI IN TRACCE (ppm)																
	Ni	Co	Cr	V	Ce	Nd	Ba	La	Nb	Zr	Y	Sr	Rb	Pb	As	Zn	Cu
MIL1	51	35	90	218	139	53	719	75	45	240	22	1110	23	11	0	92	42
MIL2	9	27	18	264	38	19	412	20	3	91	17	668	33	10	0	80	74
MIL3	12	17	17	145	122	52	1597	69	24	350	26	625	71	25	6	68	39
MIL4	14	20	28	205	106	43	1409	58	24	304	24	573	110	25	6	61	57
MIL5	21	30	55	228	43	22	463	27	6	127	18	640	40	11	0	78	71
MIL6	19	34	61	245	55	28	589	33	8	157	18	759	55	17	0	77	66
MIL7	15	19	28	205	102	44	1414	58	22	118	23	544	107	22	6	53	56
MIL9	4	7	8	83	33	16	389	20	6	89	9	357	42	6	0	32	20
MIL11	11	30	25	215	59	27	633	32	8	153	18	811	52	8	6	68	51
VCT1	8	27	16	201	212	75	973	114	62	357	27	1403	39	9	0	87	43
VCT2	24	39	61	247	178	60	913	91	49	294	25	1315	31	11	0	84	80
VCT3	24	37	62	248	173	60	909	92	48	293	23	1296	31	15	0	84	80
VCT4	25	38	58	249	178	63	926	94	49	303	24	1344	32	230	0	91	78
VCT5	24	37	58	250	176	62	935	89	49	303	24	1329	33	220	6	88	77
VCT6	11	27	28	172	129	43	852	62	17	242	23	1111	164	21	1	73	72
VCT7	4	0	4	0	173	65	1085	88	115	558	49	234	48	10	0	101	2
VCT8	7	26	14	189	226	78	1016	125	67	388	31	1248	46	13	0	99	36
CR1	128	38	183	134	224	44	534	55	53	273	41	717	30	38215	142	91	58
CR2	128	37	183	135	228	46	525	56	52	274	42	711	31	39160	125	92	56
CR3	8	39	14	204	208	68	903	109	65	343	9	1372	37	158	3	98	61
BRM1	5	5	7	41	129	52	732	69	49	451	30	370	139	78	9	95	19
BRM2	1	0	2	0	178	62	943	82	116	510	56	194	45	683	9	106	0
BRM3	27	27	48	170	41	21	317	19	9	184	21	503	26	414	8	62	56
GZ	24	38	60	262	176	64	927	92	48	304	23	1195	33	10	0	99	63

CAPITOLO 9

DISCUSSIONE

I dati ottenuti per i due gruppi di campioni di macine, definiti sulla base dello studio geochimico e della classificazione dell'ambiente geodinamico, sono stati classificati mediante l'utilizzo di diagrammi di letteratura già utilizzati per lo studio di analoghi manufatti, ove disponibili, allo scopo di definire le probabili aree di provenienza e/o confrontati con dati di letteratura di rocce analoghe provenienti da siti del Mediterraneo caratterizzati da analoga impronta geochimica.

La classificazione geochimico-geodinamica ha quindi evidenziato, per le macine studiate, la presenza di due tipologie di rocce, quelle che mostrano caratteristiche geochimiche di rocce orogeniche, provenienti da un ambiente di arco vulcanico, caratterizzate da abbondanze degli elementi in tracce tipiche delle rocce orogeniche mediterranee, con un pattern degli elementi incompatibili arricchito in LILE rispetto agli HFSE, con la tipica anomalia negativa del Nb. I campioni di macina caratterizzati da tale impronta geochimica sono rappresentati da otto campioni della serie preistorica, **MIL2-3-4-5-6-7-9-11**, e due campioni della serie di Epoca Romana, **VCT6** dallo scavo di Via Catania e **BRM3** dal relitto di Briga Marina. Gli altri campioni di macina, sono invece geochimicamente affini a rocce che si sono formate da magmi con impronta geochimica di tipo OIB, tipica delle vulcaniti intraplacca, con patterns degli elementi incompatibili, che contrariamente ai precedenti è contraddistinto da anomalie positive di Nb e Ta e da un discreto arricchimento in HFSE rispetto ai LILE. I frammenti di macina con tale impronta geochimica sono rappresentati dall'unico campione preistorico **MIL1** e da tutti gli altri campioni di epoca Romana: sette campioni provenienti dallo scavo di Via Catania, **VCT1-2-3-4-5-7-8**; tre campioni provenienti dal Relitto di Capo Rasocolmo **CR1-2-3**; uno dal sito di Ganzirri **GZ** e due dei tre campioni provenienti dal Relitto di Briga Marina **BRM1-2**.

La caratterizzazione della zona di provenienza dei materiali utilizzati per la costruzione delle macine studiate è stata trattata considerando la suddetta suddivisione in campioni orogenici ed in campioni intraplacca, ed i risultati sono qui di seguito discussi.

9.1 CAMPIONI CON PROVENIENZA DA MAGMI DI ARCO VULCANICO

La caratterizzazione geodinamica e geochimica ha messo in evidenza che i campioni MIL2-3-4-5-6-7-9-11, VCT6 e BRM3 derivano da magmi provenienti da un ambiente di arco

vulcanico. Per verificare il sito vulcanico di provenienza di tali campioni, i dati geochemici sono stati confrontati con quelli di letteratura di rocce caratterizzate da simile impronta geochemica, ovvero che si sono originate in un ambiente tettonico di tipo orogenico. Le possibili aree del Mediterraneo orientale (Fig. 9.1) da questo punto di vista sono rappresentate dall'Arco delle Isole Eolie e da quello Egeo.

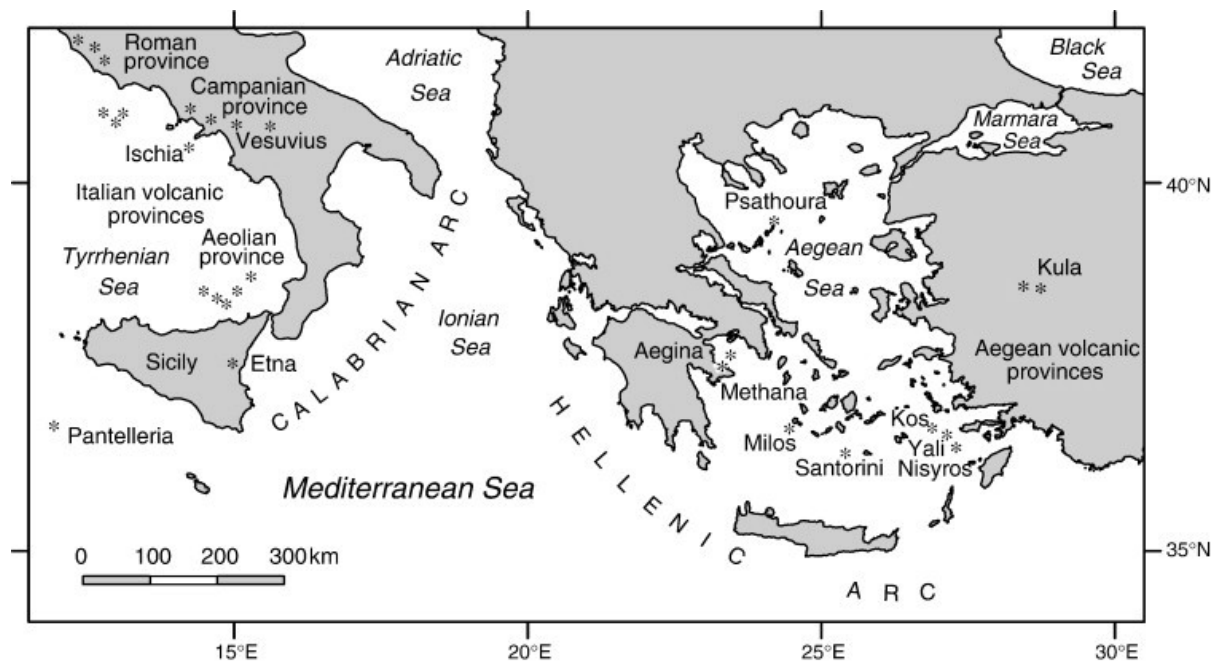


Fig. 9.1 – Mappa geologica schematica del Mediterraneo Orientale.

L'Arco Eoliano si è sviluppato su crosta continentale, lungo i margini settentrionale e occidentale del basamento metamorfico Calabro-Peloritano, che rappresenta un frammento della placca Europea interessato da una complessa evoluzione tettono-metamorfica Pre-Ercinica, Ercinica ed Alpina. Il *distretto vulcanico eoliano* è costituito da sette isole maggiori e da numerosi seamounts. La parte emersa della struttura è costituita dalle isole di Alicudi, Filicudi, Salina, Lipari, Vulcano, Panarea e isolette limitrofe, e Stromboli (Fig. 9.2). L'età del vulcanismo è variabile dal Pleistocene Superiore all'attuale. Le rocce della parte emersa del Distretto Vulcanico Eoliano presentano composizione variabile da calcalkalina a shoshonitica, con presenza di modeste quantità di vulcaniti ad affinità alcalino potassica simili alle serie potassiche (KS) della Provincia Comagmatica Romana. I magmi calcalkalini sono concentrati nella parte occidentale dell'arco, mentre i magmi shoshonitici e potassici si trovano nel settore centrale e orientale. Inoltre, si ha un aumento del grado di evoluzione delle rocce passando dalla periferia

verso le isole centrali, dove sono presenti abbondanti rioliti. Gli elementi in tracce presentano abbondanze variabili in funzione del grado di evoluzione e dell'arricchimento in potassio delle rocce. Le rocce basiche, che hanno composizioni più vicine a quelle dei fusi mantellici primari, mostrano correlazione positiva tra arricchimento in potassio ed elementi incompatibili a grande raggio ionico (Th, Rb, Cs, La, Ce, ecc.). Tutti i prodotti eoliani presentano inoltre elevati valori dei rapporti LILE/HFSE, caratteristica tipica dei magmi di ambiente orogenico (Peccerillo, 1996; 2005).

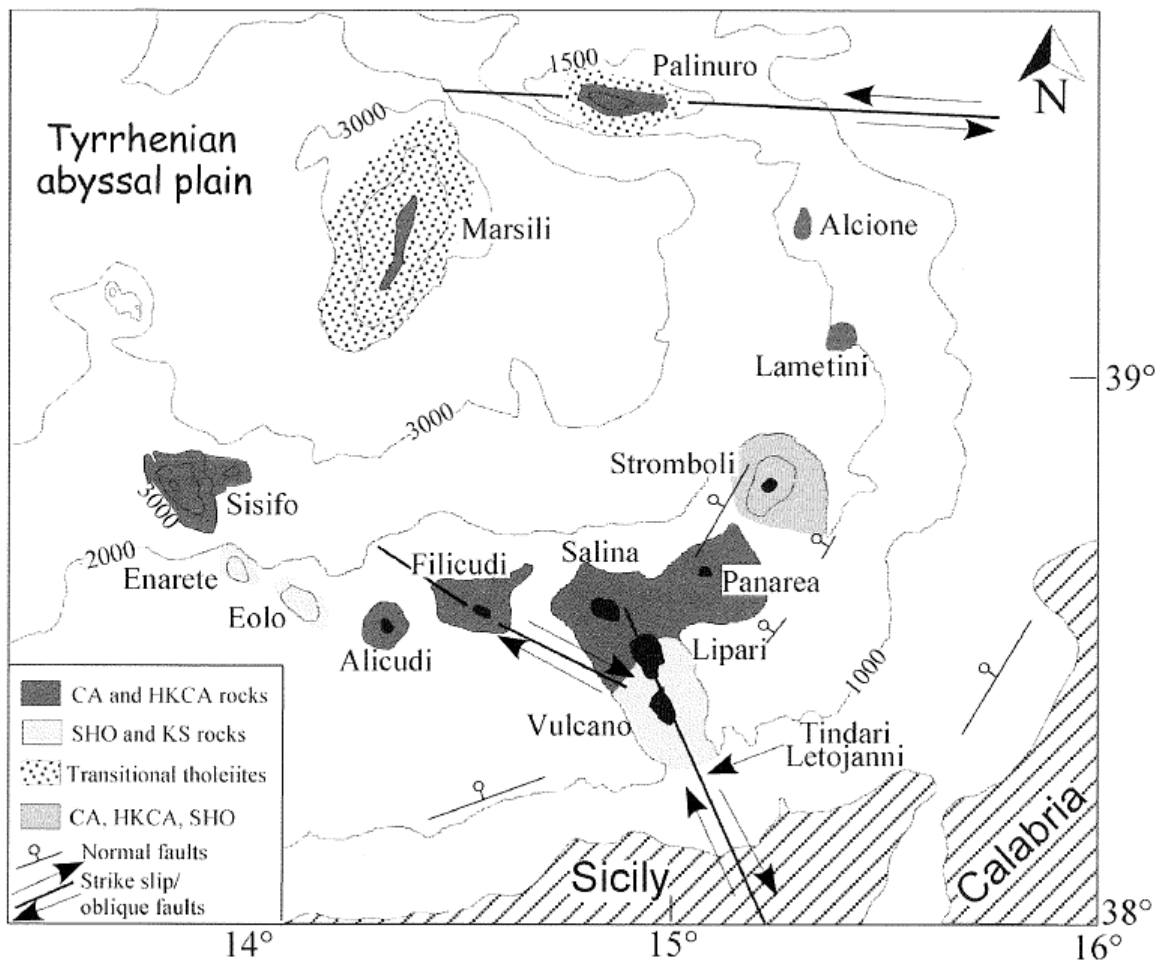


Fig. 9.2 – Schema geologico dell'Arco Eoliano e dei seamounts del Tirreno Meridionale (Franalanci et al., 2004).

Le importanti variazioni di carattere strutturale, geofisico e magmatico, osservate lungo l'arco eoliano, hanno consentito ad alcuni autori di suddividerlo in 3 principali settori (Franalanci et al. 1993; De Astis et al., 2003). Il *settore occidentale* include le isole di Alicudi, Filicudi e Salina, il cui vulcanismo si è sviluppato lungo un sistema di faglie orientate W-E, tra circa 400 Ma e 13 ka (Keller 1980a; Gillot, 1987). La composizione delle rocce vulcaniche di tali isole è tipicamente calcalkalina con prevalenza di rocce mafiche ed intermedie. Il *settore*

centrale include le isole di Lipari e Vulcano, i cui centri si sono sviluppati lungo il lineamento tettonico Tindari-Letojanni- Malta, orientato NNW-SSE, una faglia trascorrente destra, che partendo da Salina, attraversa la Sicilia fino a ricongiungersi con la Scarpata di Malta. I prodotti dell'attività vulcanica esposta sono abbastanza recenti, circa 0.2 Ma, e sono caratterizzati da colate laviche e prodotti piroclastici, la cui composizione è molto variabile rispetto a quelli del settore occidentale, con la presenza di rocce calcalcaline, shoshonitiche e prodotti alcalino potassici. Infine il settore orientale dell'arco che comprende le isole di Panarea e Stromboli. Le rocce esposte hanno un'età più recente di 0.2 Ma e mostrano affinità da calcalcalina a shoshonitica ad alcalino potassica. Vulcanismo recente è ristretto ai settori centrale e orientale dell'arco. L'ultima eruzione a Lipari risale a circa 580 a.C., mentre a Vulcano l'ultimo evento eruttivo è stato datato al 1888-1890. A Stromboli l'attività è in corso, mentre a Panarea è presente attività fumarolica sottomarina.

L' *Arco Egeo* è un arco piccolo, molto ricurvo, con uno slab che subduce a basso angolo, intuibile dal fatto che prevale la sismicità con profondità intermedie piuttosto che profonde. L'Arco separa il Mediterraneo meridionale, profondo circa 3 km e indeformato, dal Mar Egeo, che ha una struttura notevolmente complessa. Al centro dell'Egeo troviamo una serie di apparati vulcanici, pseudo-paralleli al trench Ellenico, che ne rappresentano l'arco interno (Milos, Antimilos, Antiparos, Santorini, Kos, Yali, Nisiros, ecc.) (Le Pichon e Angelier 1979; Taymaz et al., 1991). I distretti vulcanici principali sono rappresentati da: Methana-Poros, Milos, Nysiros e Santorini. Quest'ultimo è l'unico che ha mostrato un'attività vulcanica significativa, avvenuta in un periodo storico. Il distretto vulcanico di Milos è un vasto arcipelago vulcanico che comprende le isole di Milos, Kimolos, Antimilos, Poliegos. Da un punto di vista geologico l'attività vulcanica ha avuto inizio circa cinque milioni di anni fa ed è ora considerata estinta. In generale le rocce vulcaniche orogeniche sono potassiche (da calcalcaline alte in K a shoshonitiche), mentre quelle dell'Arco insulare Egeo (Fig. 9.3), soprattutto quelle del vulcanismo recente e Pleistocenico sono caratterizzate da affinità calcalcalina (Ninkovich and Heezen, 1967). In particolare i prodotti piroclastici recenti di Santorini, mostrano elevati contenuti in silice con composizioni fino a riodacitiche (68% SiO₂) (Ninkovich and Heezen, 1967; Federman and Carey, 1980), mentre i prodotti piroclastici più antichi di Santorini, Nisyros e Mylos sono da andesitici (58% SiO₂) fino a riolitici (75% SiO₂).

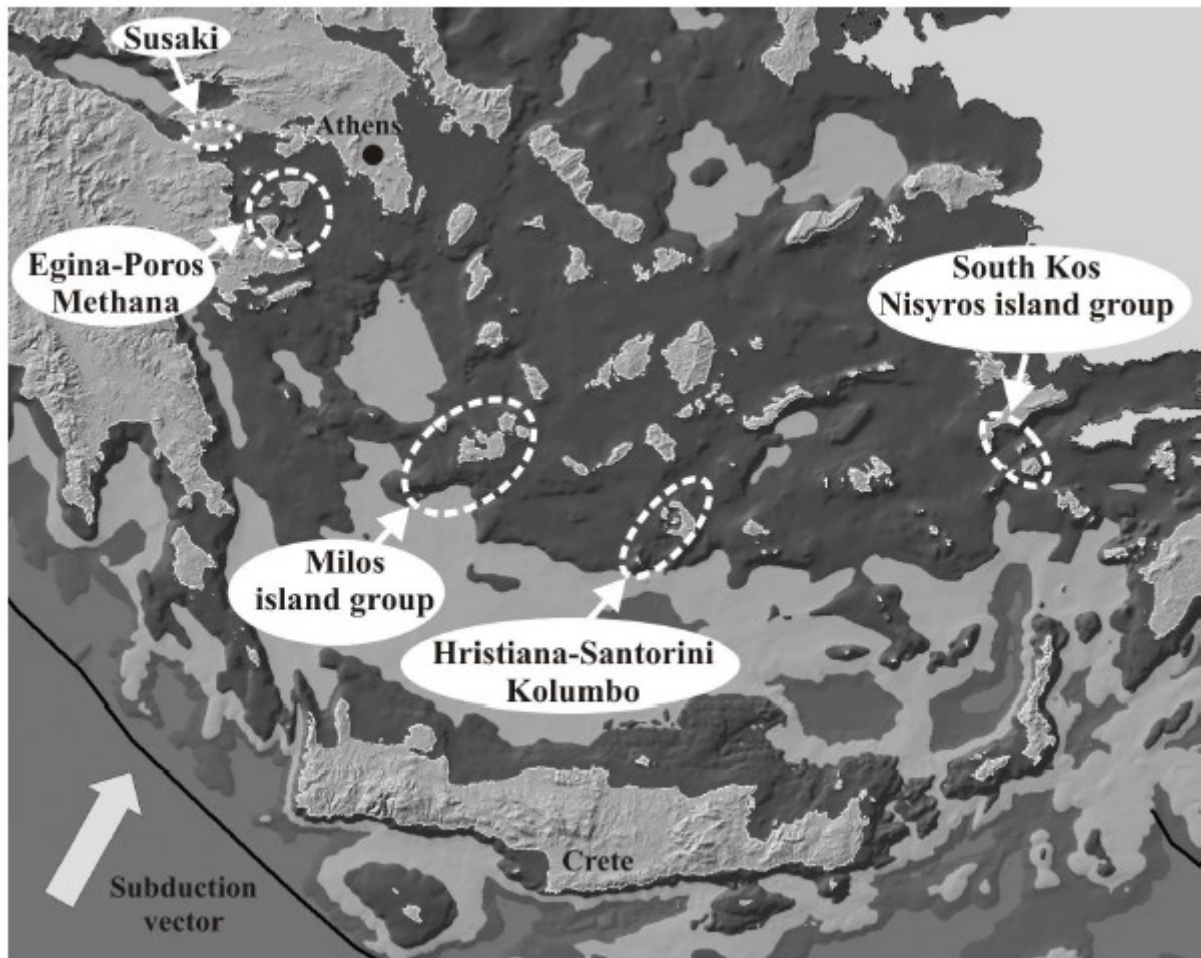


Fig. 9.3 - Vulcani attivi del Mar Egeo meridionale (Francalanci et al., 2004).

9.2 ATTRIBUZIONE DI PROVENIENZA DEI CAMPIONI OROGENICI

Sul diagramma SiO_2 versus K_2O di figura 9.4 sono state plottate le aree identificate da Harangi et al. (2006) per le vulcaniti delle Isole Eolie e dell'Arco Egeo. Da tale diagramma si evince immediatamente che i campioni MIL3-4-6-7-11, BRM3 e VCT6 provengono sicuramente dall'Arco Eoliano, mentre i campioni MIL2 e MIL5, ricadendo nella zona di sovrapposizione delle due aree potrebbero provenire o dalle Eolie o da una delle isole vulcaniche dell'Arco Egeo. Tuttavia i dati geochimici, già descritti nel capitolo precedente, e la mineralogia delle rocce indirizzano verso un'origine dei campioni MIL2, MIL3, MIL4, MIL5, MIL6, MIL7, MIL11, VCT6 e BRM3 dalle isole vulcaniche dell'Arco Eoliano. Solo il campione MIL9 cade nel campo delle rioliti e non rientra in nessuna delle aree delineate.

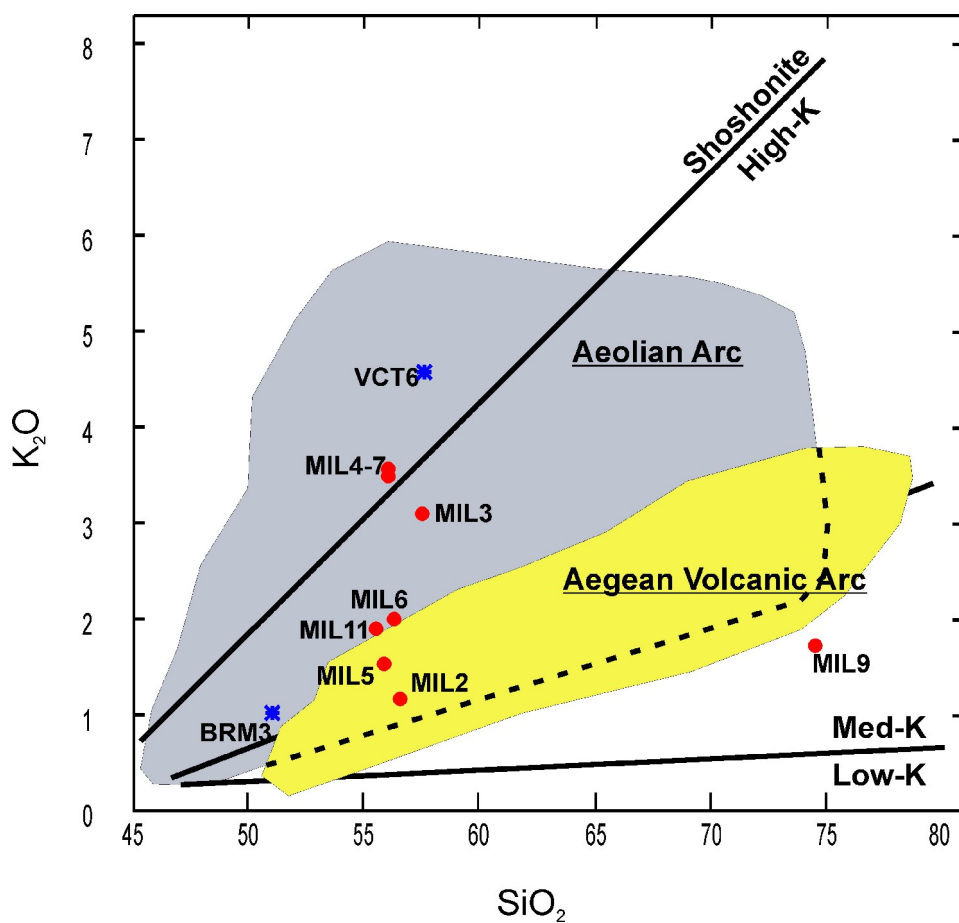


Fig. 9.4 – Diagramma di variazione SiO₂ vs K₂O per le vulcaniti dell'Arco Eoliano (area grigia) e dell'Arco Egeo (area gialla) (Harangi et al., 2006).

Per verificare quanto detto i dati chimici dei campioni studiati sono stati confrontati con quelli di letteratura delle Isole Eolie. Come è possibile osservare sul diagramma di Peccerillo e Taylor (Fig. 9.5) e su quelli di variazione SiO₂ vs elementi in tracce e rapporti degli elementi in tracce (Figg. 9.6, 9.7 e 9.8) e Ba vs Nd, Nb (Fig. 9.9), i campioni mostrano composizioni abbastanza comparabili con quelli delle Isole Eolie, coprendo distintamente le aree occupate dalle rocce provenienti dalle varie Isole (dati di Harangi et al., 2006). I risultati del confronto hanno evidenziato maggiore affinità per le rocce di alcune isole piuttosto che per altre, come è possibile osservare anche sul diagramma riportato in figura 9.5, sul quale i campioni studiati sono stati plottati sui campi delineati da Harangi et al. (2006) per le rocce provenienti dalle isole dell'arco eoliano.

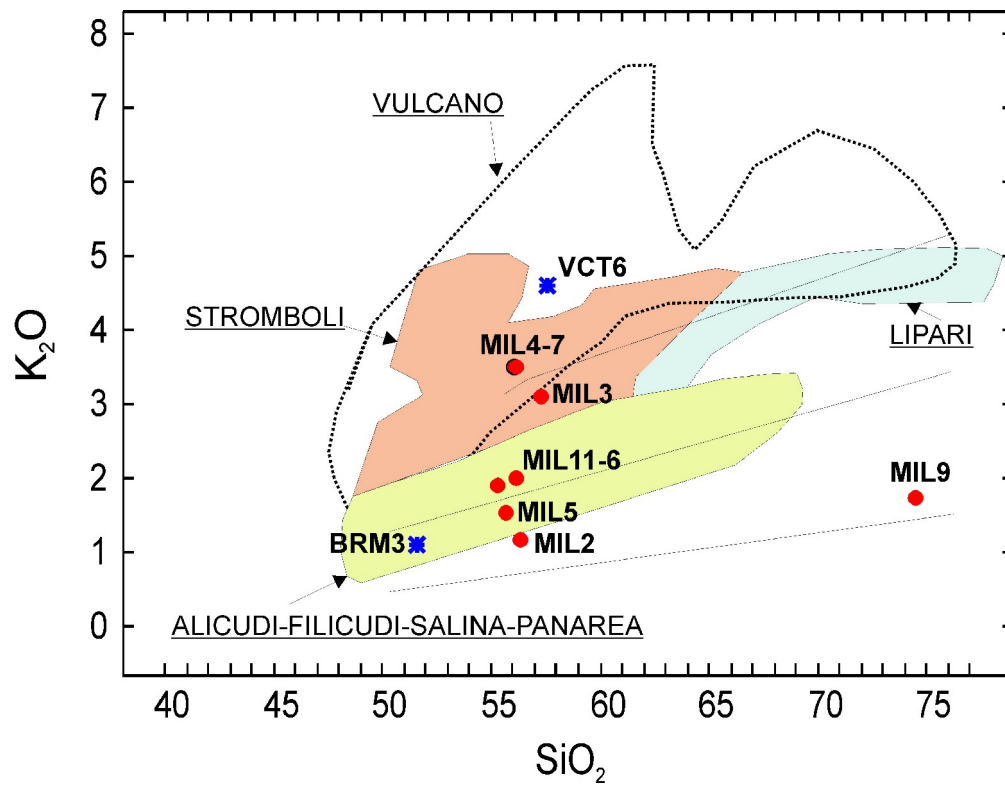


Fig. 9.5 – Diagramma classificativo SiO₂ vs K₂O dei campioni MIL2-3-4-5-6-7-9-11, BRM3 e VCT6 a confronto con dati di letteratura delle Isole Eolie (Harangi et al., 2006).

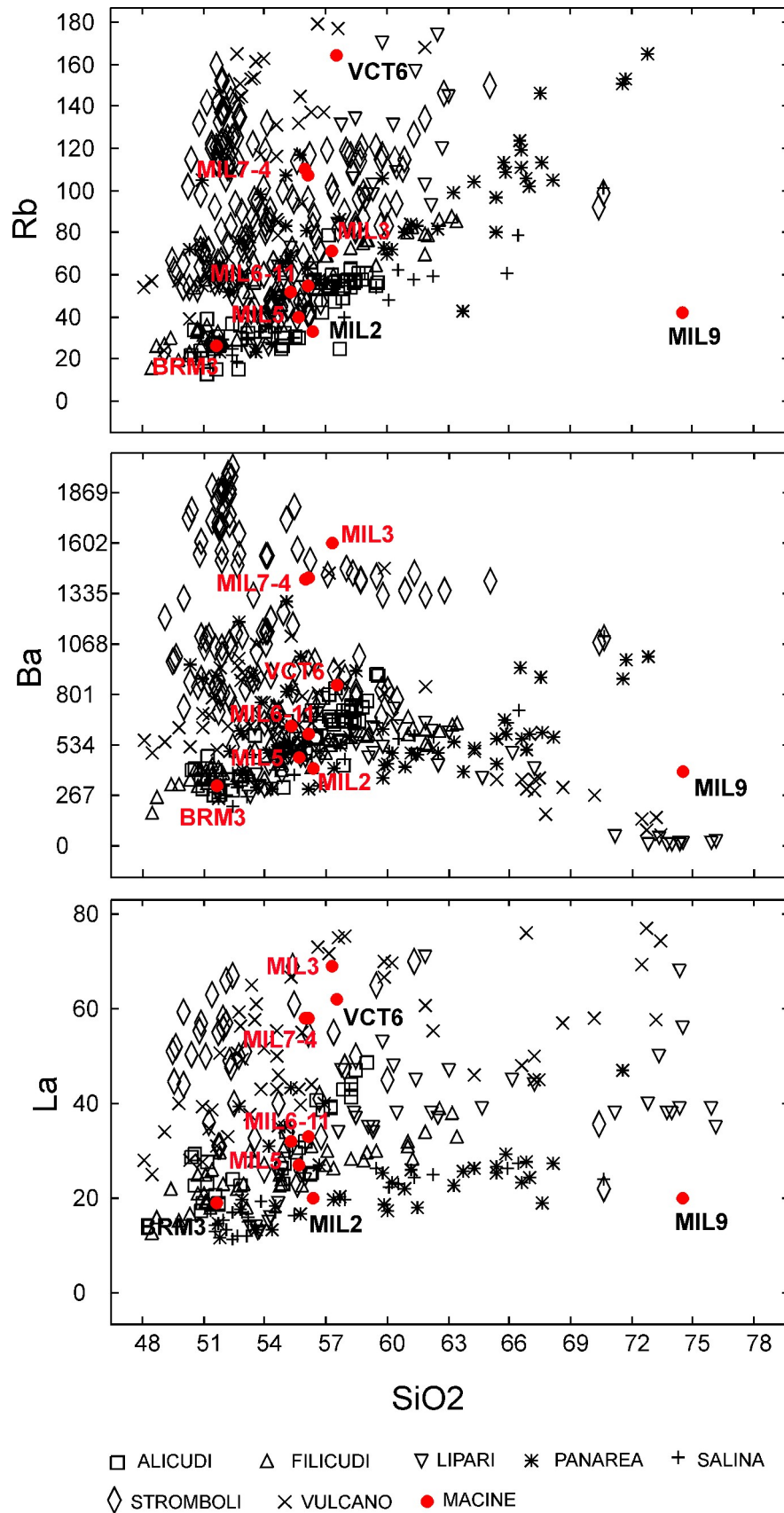


Fig. 9.6 - Diagrammi di variazione SiO_2 vs Rb, Ba, La, dei campioni studiati a confronto con quelli delle Isole Eolie.

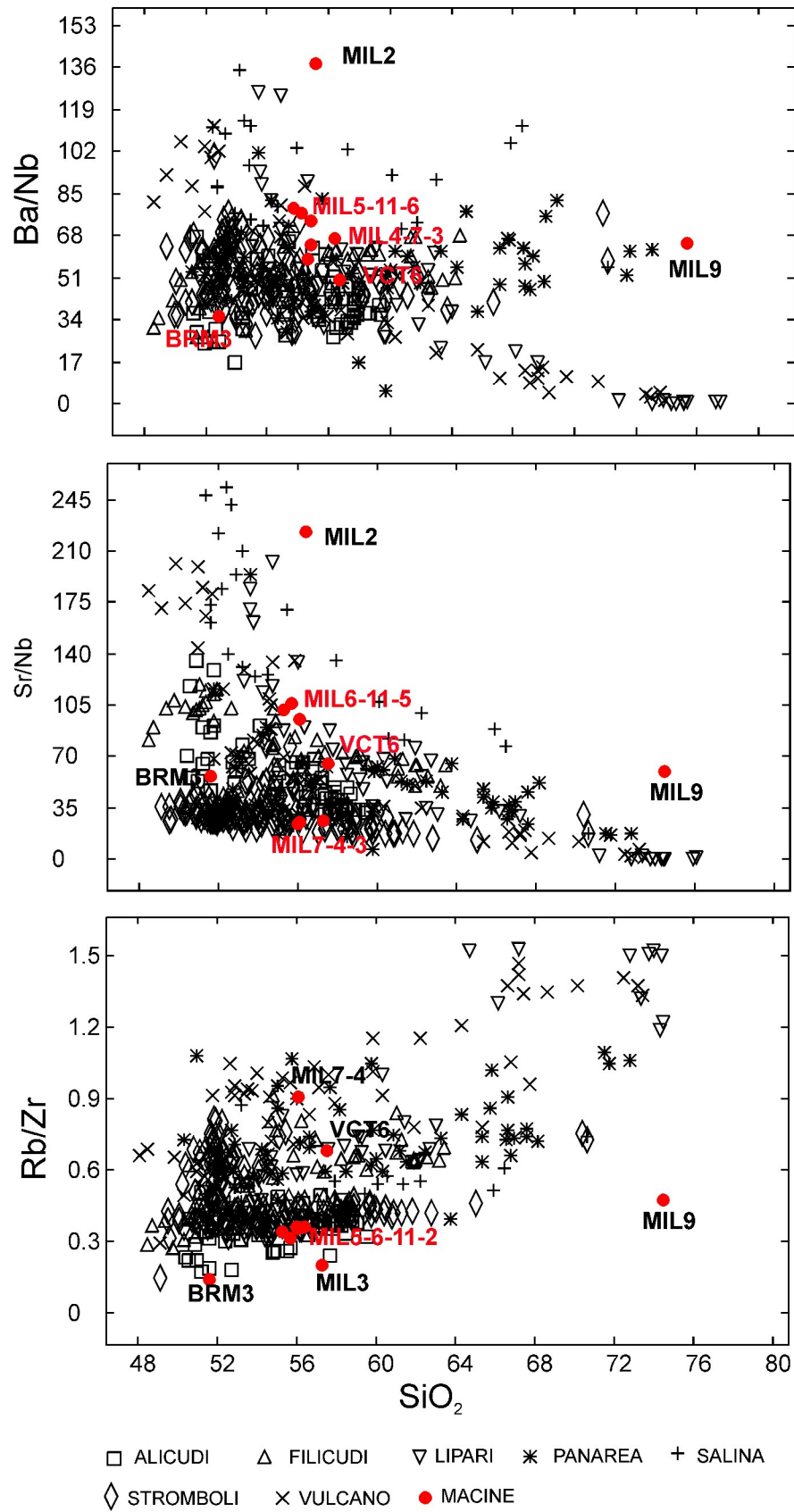


Fig. 9.7 – Diagrammi di variazione SiO_2 verso LILE/HFSE dei campioni studiati a confronto con quelli delle Isole Eolie.

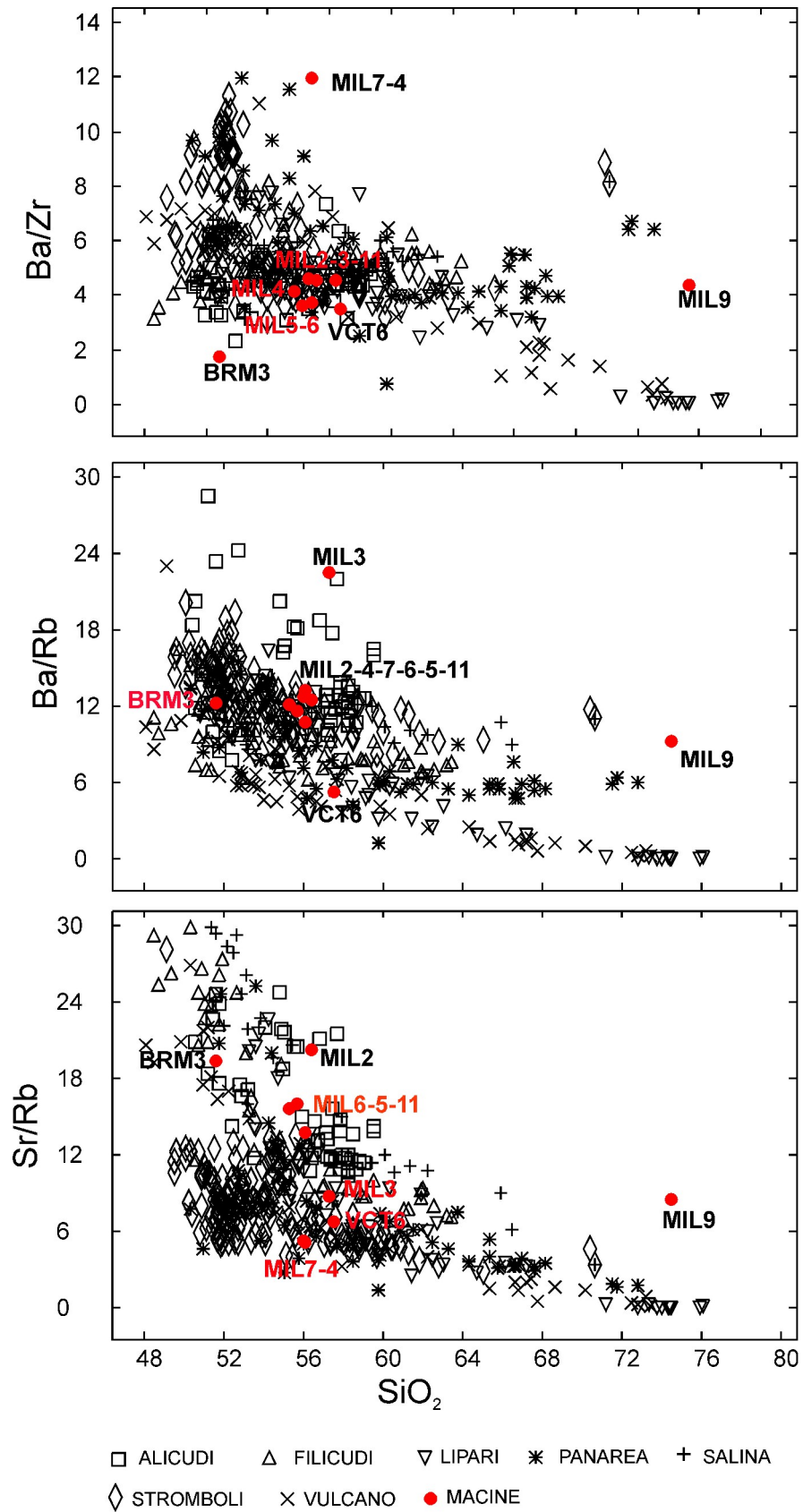


Fig. 9.8 – Diagrammi di variazione della SiO_2 verso LILE/HFSE e LILE/LILE dei campioni studiati a confronto con quelli delle Isole Eolie.

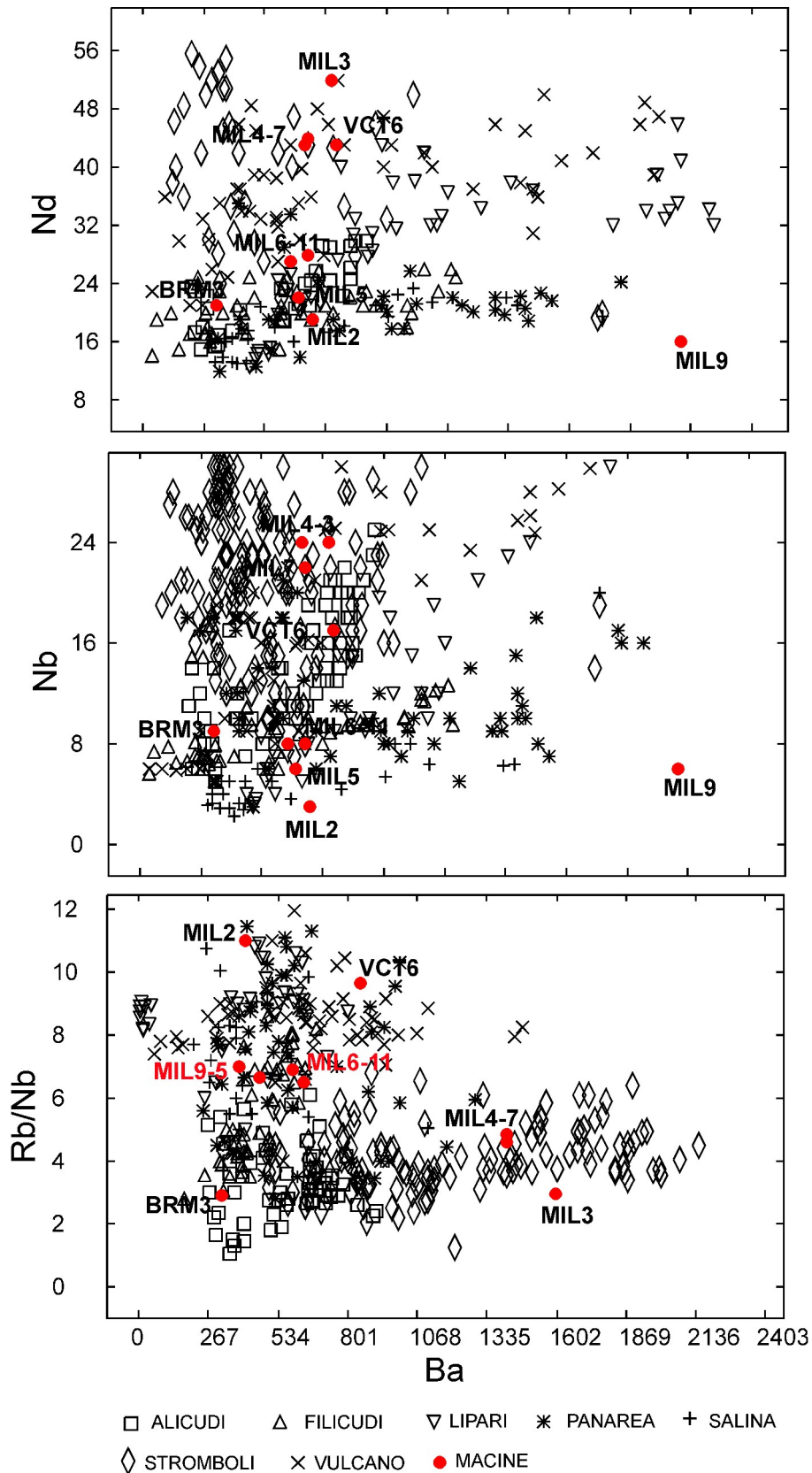


Fig. 9.9 – Diagrammi di variazione Ba vs Nd, Nb e Rb/Nb dei campioni studiati a confronto con quelli delle Isole Eolie.

Per individuare con maggiore precisione l'isola di provenienza, i dati ottenuti per i vari campioni sono stati confrontati con quelli di letteratura (Peccerillo, 2005) delle rocce delle varie Isole Eolie. Il confronto è stato basato soprattutto sulle caratteristiche petrografiche, mineralogiche e sul contenuto in elementi in tracce e loro rapporti. In particolare, sono stati discussi e valutati i rapporti degli elementi in tracce incompatibili (LILE/HFSE, HFSE/HFSE e LILE/LILE) più significativi dei prodotti studiati, rispetto ai valori medi degli stessi rapporti di rocce simili delle Isole Eolie.

Il campione di **trachi-basalto BRM3** appartenente ad una serie vulcanica calcalalina è stato confrontato con rocce simili delle isole di Alicudi e Filicudi con le quali è risultato affine dal punto di vista petrologico. Tali isole costituiscono il settore occidentale dell'Arco Eoliano. Tutte le rocce di *Alicudi* mostrano tessitura da olocristallina a ipocristallina e contengono cristalli di plagioclasio (An₈₂₋₆₇), olivina (Fo₇₉₋₆₈) e clinopirosseno diopsidico e salitico, immersi in una massa di fondo costituita dalle stesse fasi più Ti-magnetite e vetro. Ortopirosseno e orneblenda bruna sono presenti nelle andesiti basaltiche e nelle andesiti, dove l'olivina è scarsa e riassorbita. Il pattern degli elementi incompatibili delle rocce mafiche è caratterizzato da anomalie negative di HFSE e positive di Sr e Pb. I rapporti LILE/HFSE (Ba/Zr) sono spesso più bassi di quelli osservati per le altre isole del settore occidentale. I prodotti vulcanici di *Filicudi* comprendono basalti calcalalini, andesiti alte in K e daciti. Le tessiture sono anche in questo caso da olo- a ipocristalline, con fenocristalli di plagioclasio zonato (An₉₅₋₅₀), pirosseno diopsidico e augitico, minore olivina (Fo₈₆₋₆₀) e ortopirosseno immersi in una massa di fondo formata dalle stesse fasi più ossidi di Fe e Ti e vetro. Gli elementi in tracce incompatibili delle rocce mafiche sono caratterizzati da scarso frazionamento, con anomalie negative di HFSE e positive di Sr e Pb. Nelle rocce di entrambe le isole sono spesso presenti inclusi metamorfici di varia natura.

Il campione di **trachi-basalto BRM3** è un frammento di macina di Epoca Romana. Esso è caratterizzato da una struttura porfirica seriata, con abbondanti fenocristalli di plagioclasio, pirosseno e minore olivina. Il plagioclasio ha una composizione da bitownitica a labradoritica, con valori di An compresi tra 81 e 61, il pirosseno analizzato risulta prevalentemente monoclinico e di tipo augitico, con minore ortopirosseno. L'olivina mostra una composizione media di Fo₈₃₋₆₆. Non sono presenti inclusi metamorfici. I valori dei rapporti di Ba/Nb pari a 35.2, Ba/Zr 1.7, Sr/Rb 19.3 e Zr/Nb 20.4 sono abbastanza simili a quelli medi delle rocce mafiche di Alicudi (Ba/Nb = 36, Ba/Zr = 3.4, Sr/Rb = 16.5, Zr/Nb = 10) e Filicudi (Ba/Nb = 38, Ba/Zr = 3.7, Sr/Rb = 24.86 e Zr/Nb = 10.7) (Fig. 9.10).

Il complesso delle caratteristiche petrografiche, mineralogiche e chimiche, mostrate dal campione BRM3, in particolare l'assenza di plagioclasio zonato ed i valori dei rapporti tra gli elementi in tracce lascerebbero propendere per una sua provenienza dall'isola di Alicudi.

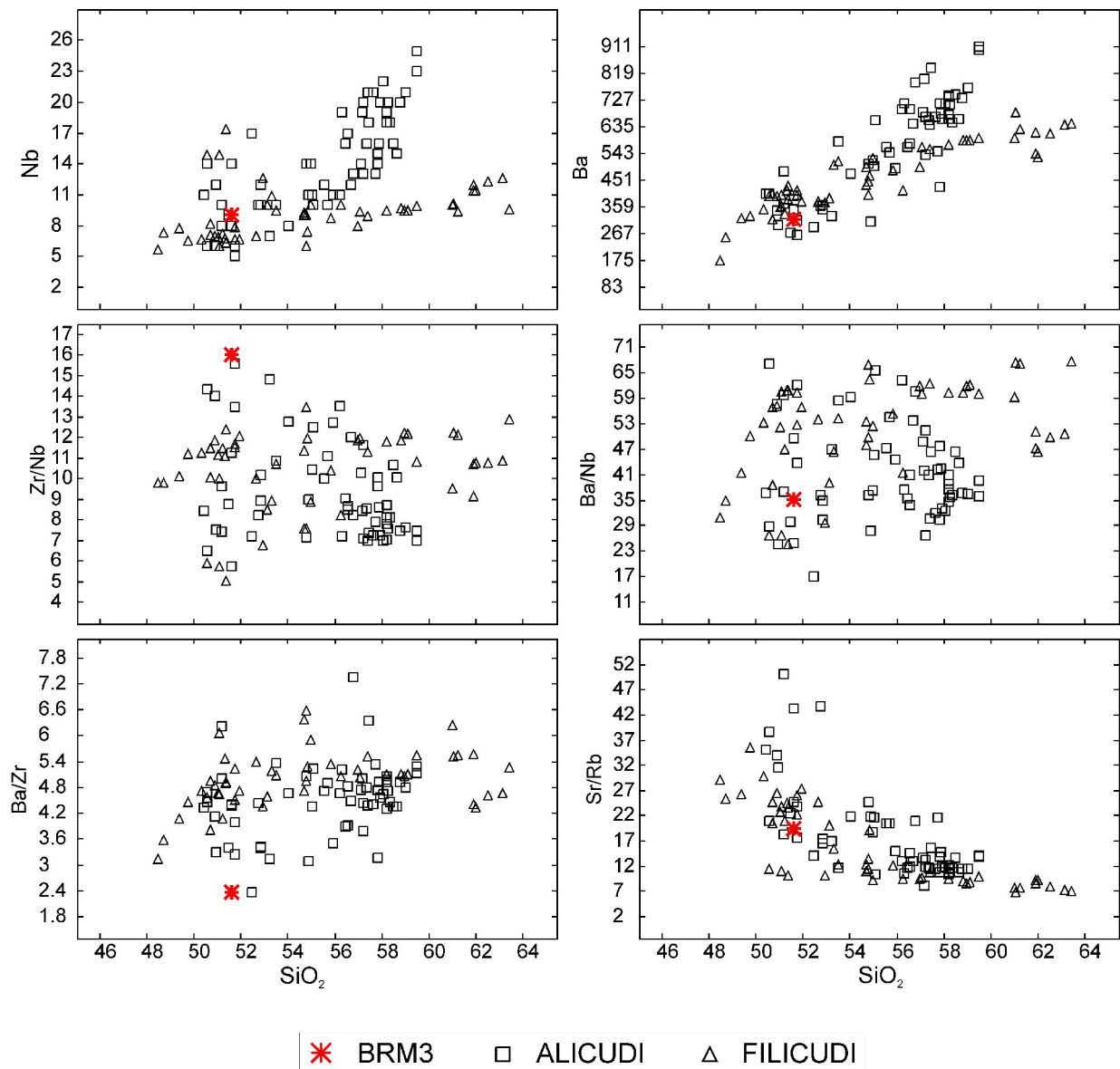


Fig. 9.10 - Diagrammi di confronto SiO₂ vs elementi in tracce.

I campioni di **andesiti basaltiche** e **trachi-andesiti basaltiche** sono stati confrontati con rocce simili delle isole del settore centrale e orientale dell'Arco Eoliano, che sono risultate le più compatibili dal punto di vista petrologico. Le andesiti basaltiche sono state confrontate con dati di letteratura delle rocce di Lipari e Stromboli, mentre le trachi-andesiti basaltiche con le rocce di Stromboli e Vulcano. Le rocce di *Vulcano e Stromboli* comprendono principalmente

composizioni shoshonitiche e calcalcaline alte in K, da trachibasalti a rioliti a lc-tefriti, mentre a *Lipari* sono presenti anche abbondanti andesiti e basalti andesitici di serie calcalcalina bassa in K. Tutte le rocce mostrano una tessitura porfirica seriata da olo- a ipocristallina, con variabile contenuto in fenocristalli. I fenocristalli presenti sono in ordine di abbondanza plagioclasio, clinopirosseno e minore olivina, quelle acide contengono anche sanidino. La loro pasta di fondo è generalmente olocristallina diventando vetrosa nei termini più acidi.

Tra le **andesiti basaltiche**, i campioni preistorici *MIL2* e *MIL5* appartengono ad una serie calcalcalina, mentre *MIL6* e *MIL11* ad una serie calcalcalina alta in K. Le **trachi-andesiti basaltiche** sono rappresentate dai campioni preistorici *MIL3*, *MIL4* e *MIL7* e da quello di Epoca Romana *VCT6* ed appartengono tutti ad una serie vulcanica shoshonitica. Tali campioni sono caratterizzati da una struttura porfirica seriata con predominanti fenocristalli di pirosseno e plagioclasio e variabile quantità di olivina, immersi in una massa di fondo costituita dalle stesse fasi più ossidi e più o meno vetro. Tutti i campioni contengono prevalente clinopirosseno con composizione da diopsidica, salitica e subordinatamente augitica, ed ortopirosseno a composizione pigeonitica e clino-enstatitica. Il plagioclasio invece è spesso zonato e caratterizzato da composizioni variabili da bitwonitiche a labradoritiche ad andesiniche con il campione *MIL7* caratterizzato da qualche termine oligoclasico con valori compresi tra An88 e An25.

Dal punto di vista chimico, particolarmente significativi ai fini dell'attribuzione di provenienza dei campioni di **andesiti basaltiche** sono risultati i rapporti degli elementi incompatibili Ba/Zr e Sr/Rb, che sono rispettivamente di 4.52 e 20.24 per *MIL2*, di 3.7 e 16 per *MIL5*, di 3.7 e 13.8 per *MIL6* e di 4.13 e 15.6 per *MIL11*. I valori medi di tali rapporti per rocce simili di *Lipari* sono rispettivamente di 5.5 e 22, mentre valori di 4.5 e 15 sono mostrati da rocce simili di *Stromboli* (Fig. 9.11).

Sulla base di tale confronto risulta quindi che i valori mostrati dai campioni *MIL5*, *MIL6* e *MIL11* sono abbastanza compatibili con quelli di rocce simili provenienti da **Stromboli**, mentre il campione *MIL2* è caratterizzato da valori maggiormente comparabili con quelli di rocce di **Lipari**.

Per i campioni **preistorici trachi-andesitici basaltici** *MIL3*, *MIL4* e *MIL7* e quello di Epoca Romana *VCT6* sono risultati invece particolarmente significativi i rapporti Rb/Nb e Sr/Zr, rispettivamente di 3 e 1.78 per *MIL3*, 4.6 e 1.88 per *MIL4*, 4.86 e 4.6 per *MIL7* e 9.64 e 4.5 per *VCT6*. Le rocce simili di *Stromboli*, mostrano valori medi di Rb/Nb = 2-7 e Sr/Zr = 2-5, mentre

quelle di Vulcano sono caratterizzate da valori di $Rb/Nb = 8.5$ e $Sr/Zr = 4-6.5$. Un'ulteriore verifica della provenienza dei campioni è stata effettuata utilizzando le concentrazioni particolarmente discriminative di Sr e Rb. Sono stati osservati rispettivamente valori di 625 e 71 per MIL3, 573 e 110 per MIL4, 544 e 107 per MIL7, 1111 e 164 per VCT6. I valori medi per Stromboli sono di $Sr = 708$ e $Rb = 113$, per Vulcano $Sr = 1212$ e $Rb = 153$ (Fig. 9.12).

Il confronto dei dati suggerisce che i campioni **MIL3**, **MIL4** e **MIL7** risultano abbastanza confrontabili con rocce di **Stromboli**, mentre il **VCT6** è compatibile con quelle di **Vulcano**.

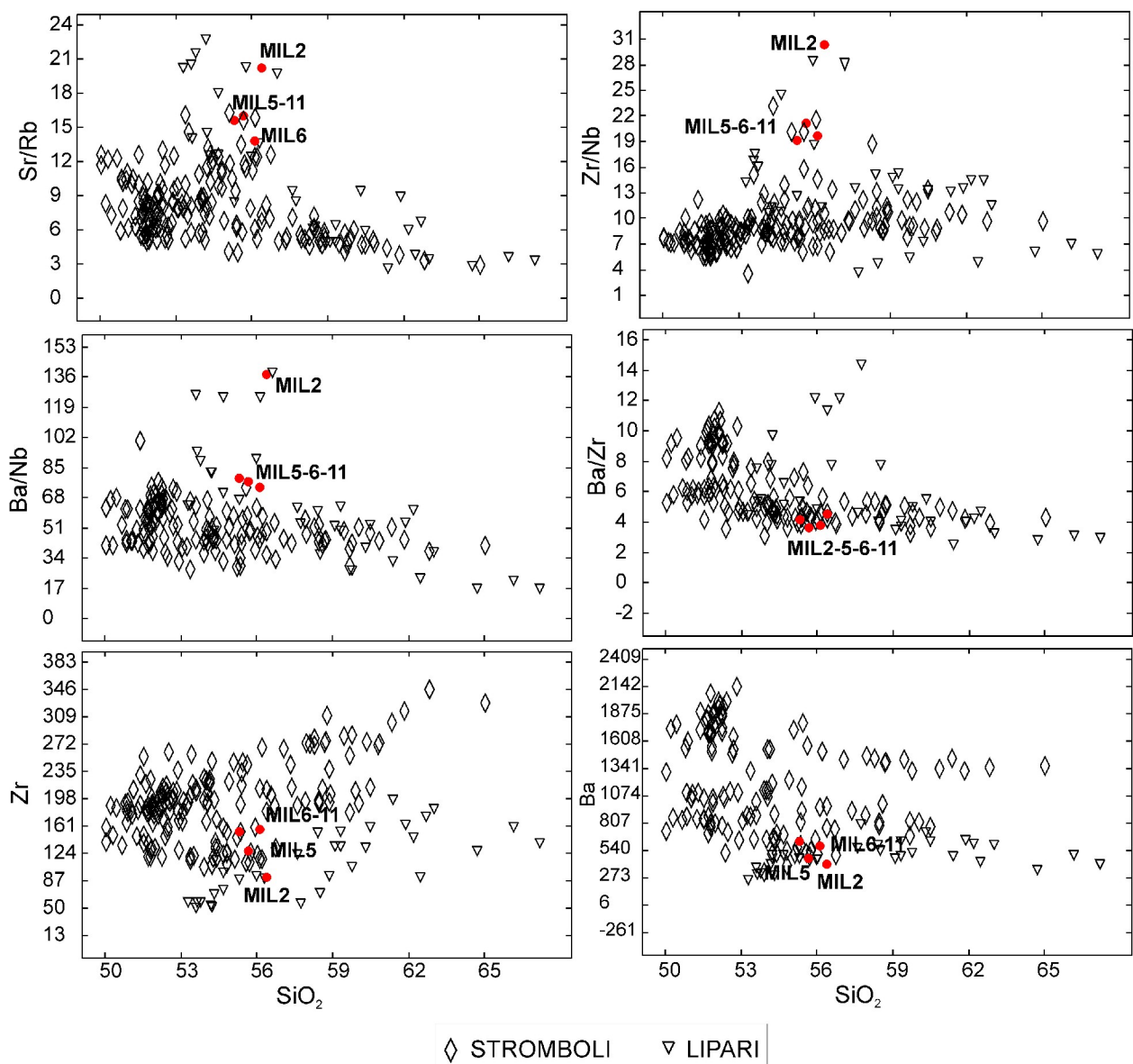


Fig. 9.11 - Diagrammi di confronto SiO_2 vs elementi in tracce.

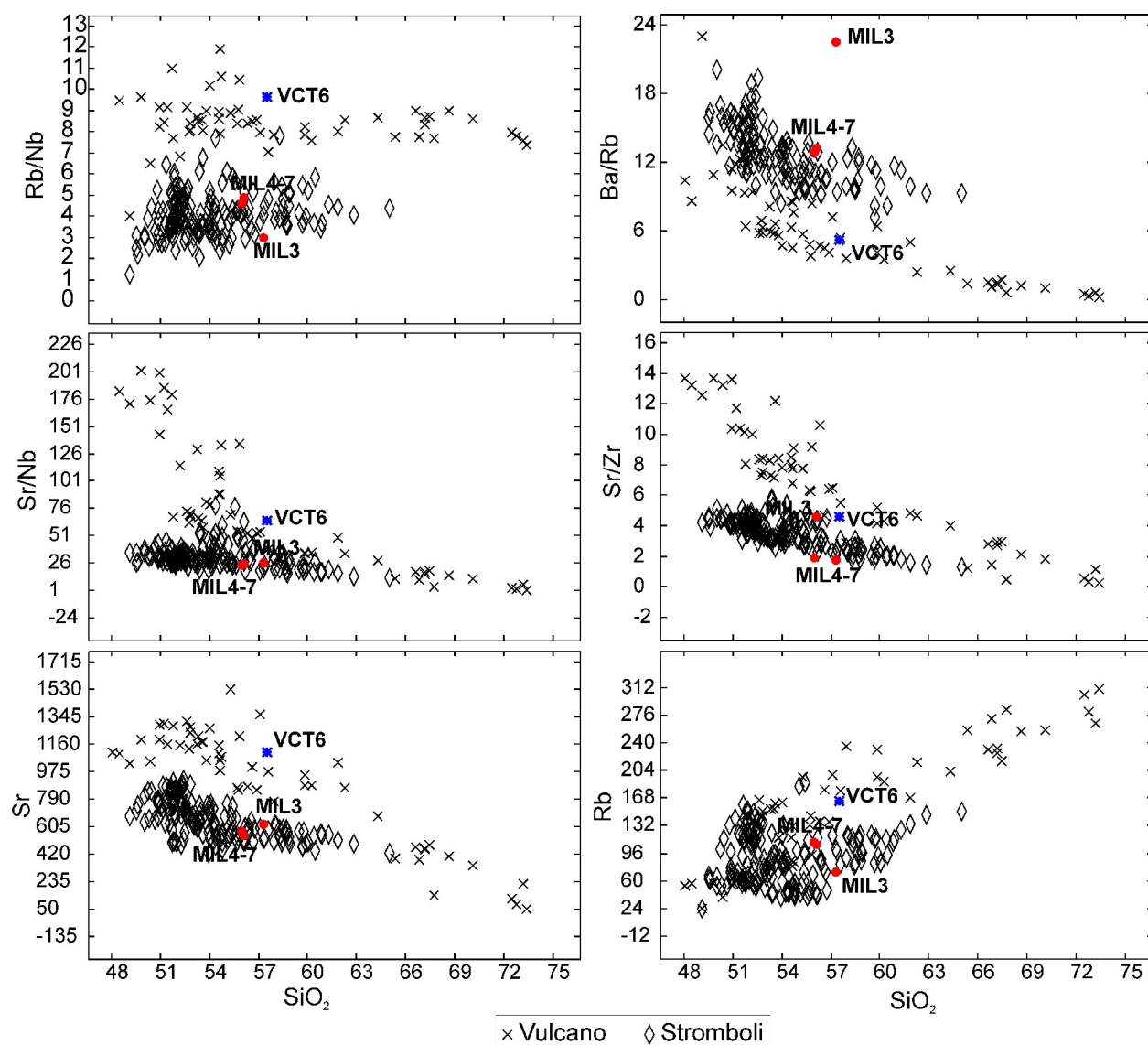


Fig. 9.12 - Diagrammi di confronto SiO₂ vs elementi in tracce.

In definitiva, i campioni caratterizzati da impronta geochimica di magmi orogenici di arco vulcanico, in base al confronto delle caratteristiche petrografiche, mineralogiche, chimiche di elementi in tracce e loro rapporti, risultano provenire da:

<i>Lipari</i>	MIL2
<i>Stromboli</i>	MIL3-MIL4-MIL5-MIL6-MIL7-MIL11
<i>Vulcano</i>	VCT6
<i>Alicudi</i>	BRM3

Riguardo al campione MIL9 invece, non si può escludere una provenienza dall'area dell'Egeo, dato che tra le rocce felsiche dell'arco Eoliano, non esistono rioliti ad affinità calcicalina composizionalmente simili al campione in questione. I prodotti calcicalini dell'Arco Eoliano sono concentrati solo nella parte occidentale dell'Arco, dove non sono presenti però rocce riolitiche. In base ai confronti effettuati risulta quindi abbastanza accreditata una provenienza del campione MIL9 dall'Arco Egeo.

Per verificare tale ipotesi è stato utilizzato il diagramma discriminativo SiO_2 versus Zr (Fig. 9.13) usato da Bathrellos et al. (2009) per classificare prodotti piroclastici del Mediterraneo Orientale. Tale diagramma contiene le aree identificate per i prodotti Campani, Eoliani, della Provincia del Dodecanneso e dell'Arco Egeo. Su questo diagramma il campione MIL9 cade nell'area dei prodotti delle Isole di Nisyros, Mylos e Yali appartenenti all'Arco Egeo.

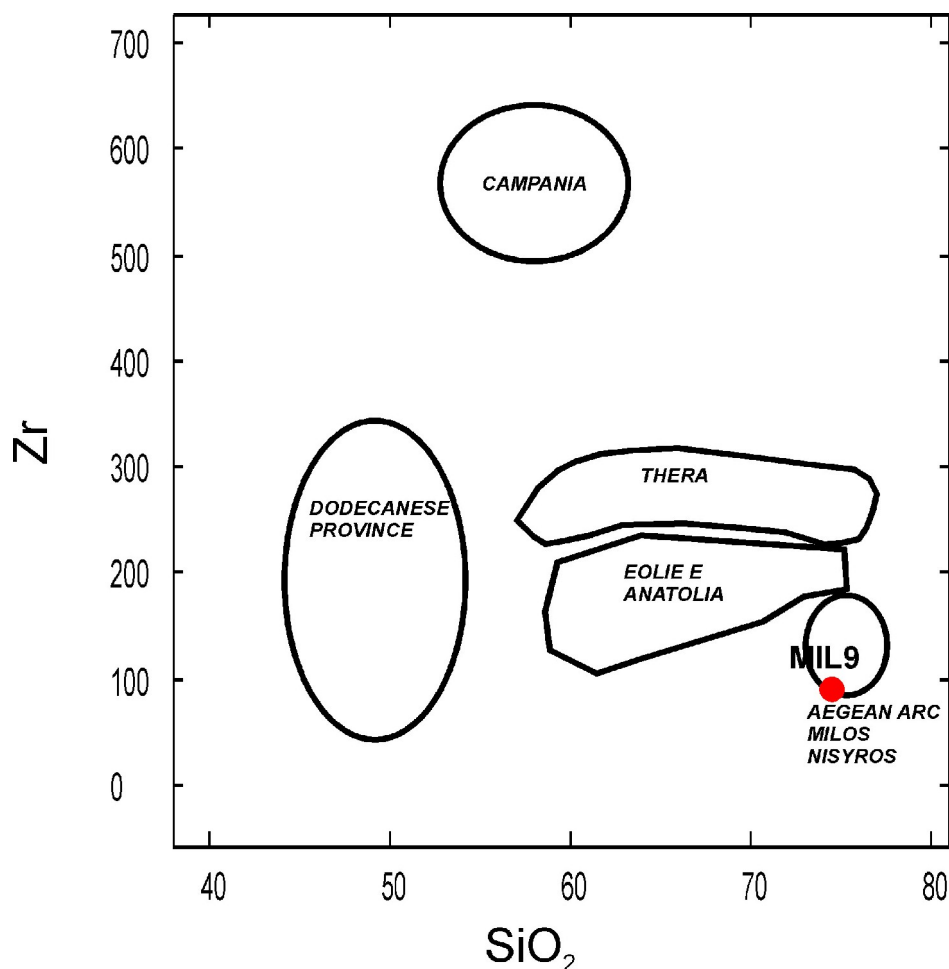


Fig. 9.13 – Diagramma classificativo di Bathrellos et al. (2009) e campione MIL9.

Per confermare una possibile provenienza di questo campione dall'area Egea, i dati sono stati plottati anche sul diagramma classificativo utilizzato da Thorpe & Thorpe (1993) in uno studio simile (Fig. 9.14). Su tale diagramma sono delineate le aree di Santorini, Christiana, Poros, Aegina e Nisyros. Il campione in questione MIL9 cade in una delle aree delineate per i campioni provenienti da Santorini. Tra i prodotti vulcanici di Santorini sono presenti daciti e rioliti, comunque vulcaniti caratterizzate da un contenuto in silice >63 wt%.

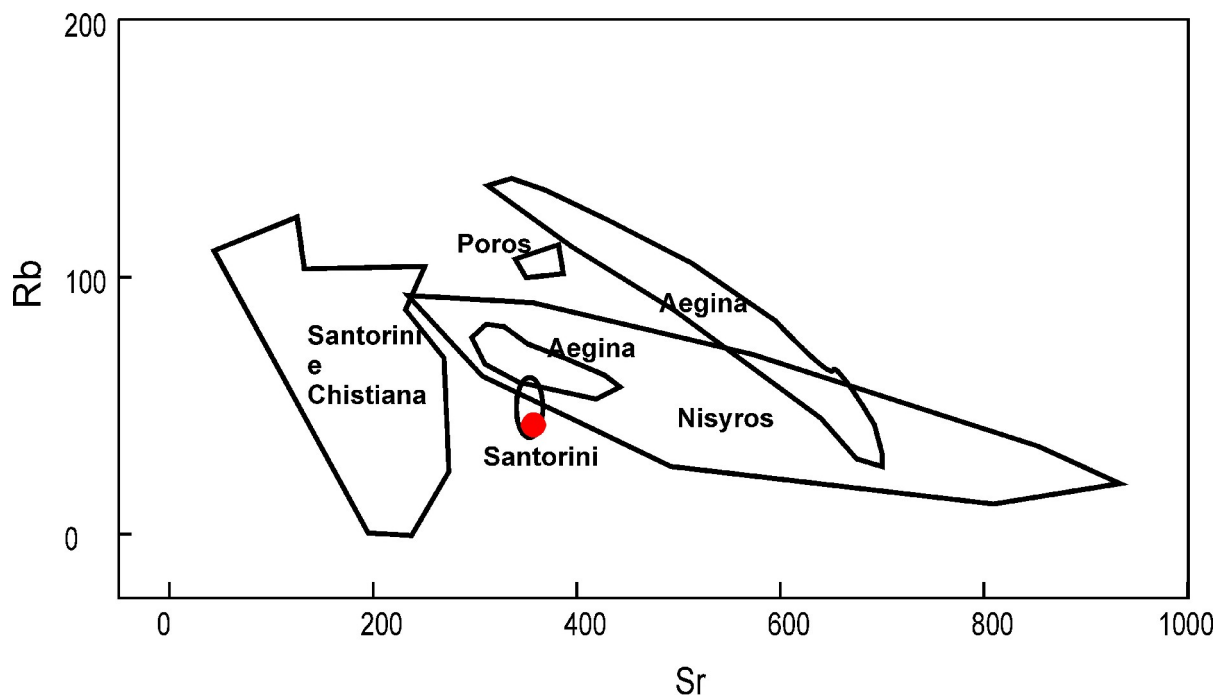


Fig. 9.14 –Diagramma discriminativo Sr vs Rb di Thorpe & Thorpe (1993).

Altri confronti sono stati effettuati con dati relativi a prodotti vulcanici di Santorini estrapolati da Zellmer (1998). Su tali diagrammi riportati nella figura 9.15, sono state delineate le aree occupate dalle rocce dell'Arco Eoliano e da quelle di Santorini. Il campione MIL9 come si evince dalla figura cade nell'area occupata dai prodotti più evoluti di Santorini, mostrando quindi rapporti degli elementi in tracce La/Nb e Ba/Nb, assolutamente compatibili con quelli di rocce simili provenienti da tale sito vulcanico greco.

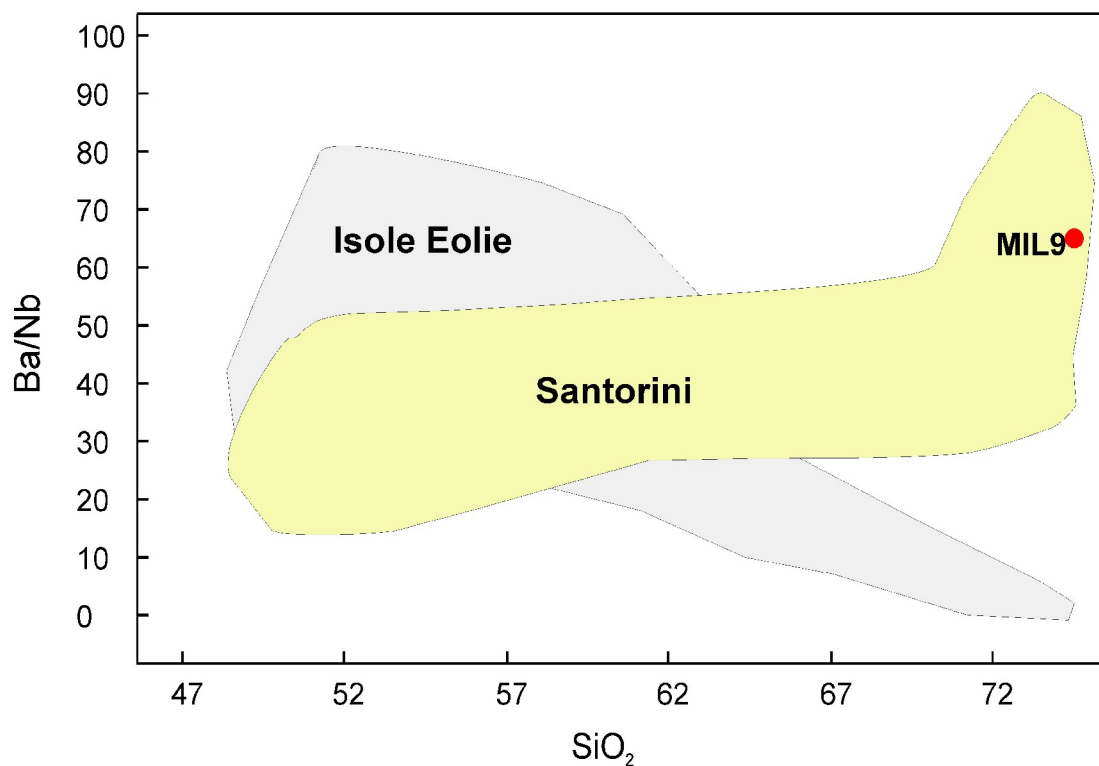
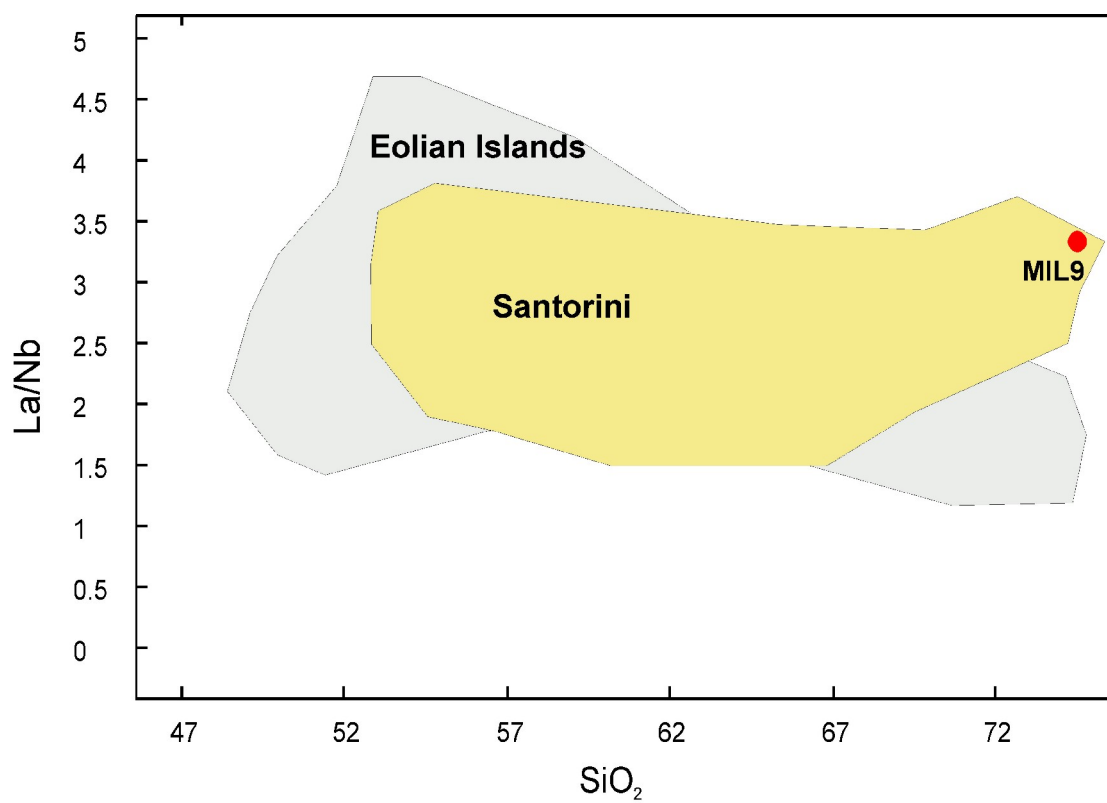


Fig. 9.15 – Diagramma SiO₂ vs La/Nb e Ba/Nb, dati di Santorini da Zellmer (1998).

9.3 CAMPIONI CON PROVENIENZA DA MAGMI INTRAPLACCA

I campioni di macina classificati dal punto di vista geochimico come intraplacca o anorogenici, sono stati confrontati con quelli italiani caratterizzati dalla stessa impronta geochimica, per identificarne come per i precedenti il sito vulcanico di provenienza.

In Italia rocce alcaline sodiche sono presenti esclusivamente in Sardegna, Sicilia (M.te Etna, M.ti Iblei), isole e seamount del Canale di Sicilia ed Ustica (Fig. 9.16). Tra i distretti più antichi sono annoverati quelli della Provincia Veneta e di Punta delle Pietre Nere (Puglia). L'isola Tirrenica di Ustica considerata il risultato del vulcanismo di retro-arco eoliano. L'Etna, le vulcaniti Iblee, le isole di Linosa e Pantelleria, i Colli Euganei (Veneto) e Punta delle Pietre Nere che rappresentano il vulcanismo di varia età dell'avampaease africano, sviluppatosi come conseguenza della collisione continentale delle placche Africana ed Euro-Asiatica.

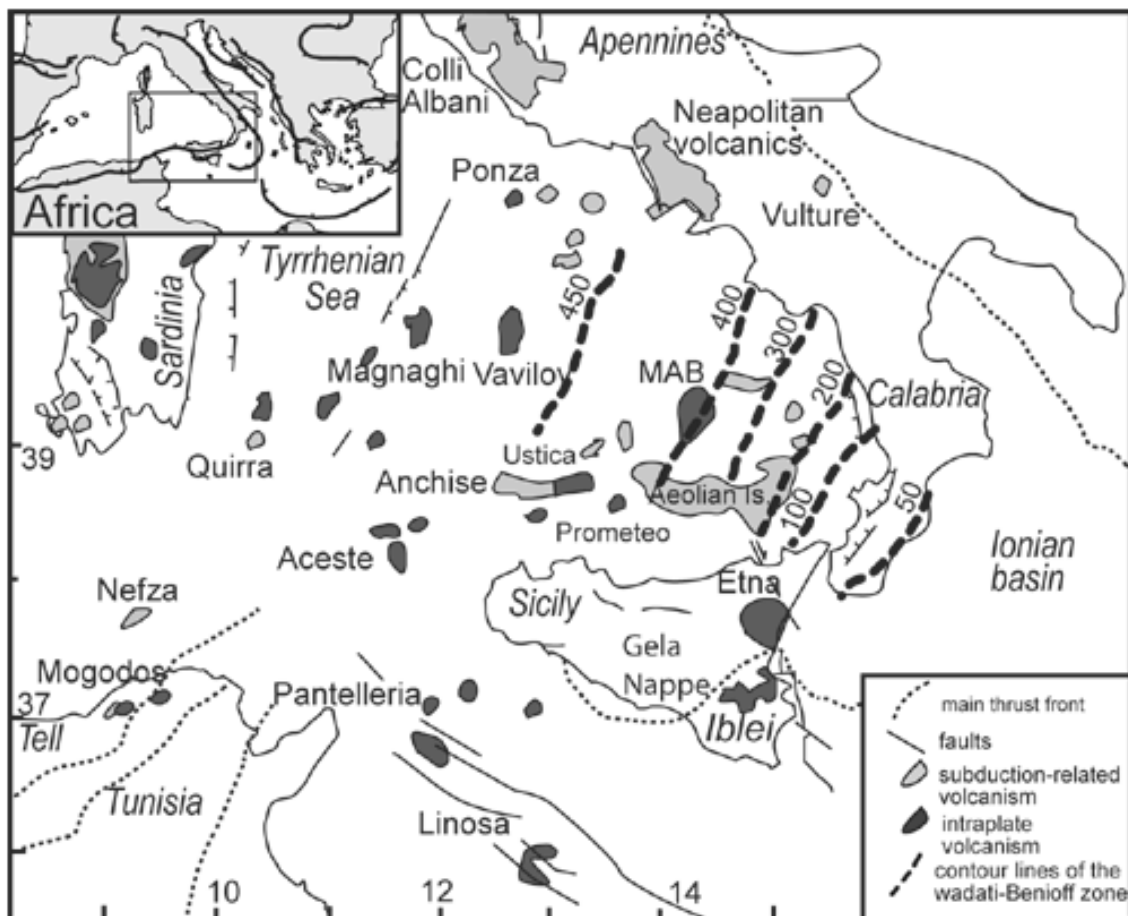


Fig. 9.16 – Mappa schematica dei siti vulcanici dell'Italia meridionale (Faccenna et al., 2007).

Per l'attribuzione di provenienza, è stato utilizzato il diagramma classificativo Sr versus Ba precedentemente adoperato in studi archeometrici di macine da Renzulli et al. (2002) (Fig. 9.17). Su tale diagramma sono state utilizzate le aree delineate per basalti e hawaiiiti dell'Etna, anche della fase Mongibello Recente (Cristofolini et al. 1991) e quella di basalti e hawaiiiti della Provincia Magmatica Veneta (Milani et al., 1999). In tale studio sono state aggiunte anche le aree delle isole vulcaniche di Linosa, delle rocce evolute di Pantelleria e di basalti e hawaiiiti di Ustica (dati di Lustrino e Wilson, 2008) ed eliminate quelle delle tholeiiti iblee in quanto tra i prodotti studiati non sono stati rinvenuti campioni appartenenti a tale serie. Dall'osservazione del diagramma si evince che i campioni di macine VCT1, VCT2, VCT3, VCT4, VCT5, VCT8, CR3, GZ1 cadono nell'area identificata per i prodotti dell'Etna, MIL1 nell'area in cui si sovrappongono Etna e Ustica, i due campioni CR1 e CR2 occupano un'area in cui si sovrappongono i campi di Provincia Magmatica Veneta e Ustica, i campioni VCT7 e BRM2 cadono invece nell'area delle rocce di Pantelleria, mentre il BRM1 nel campo delle rocce dei Colli Euganei.

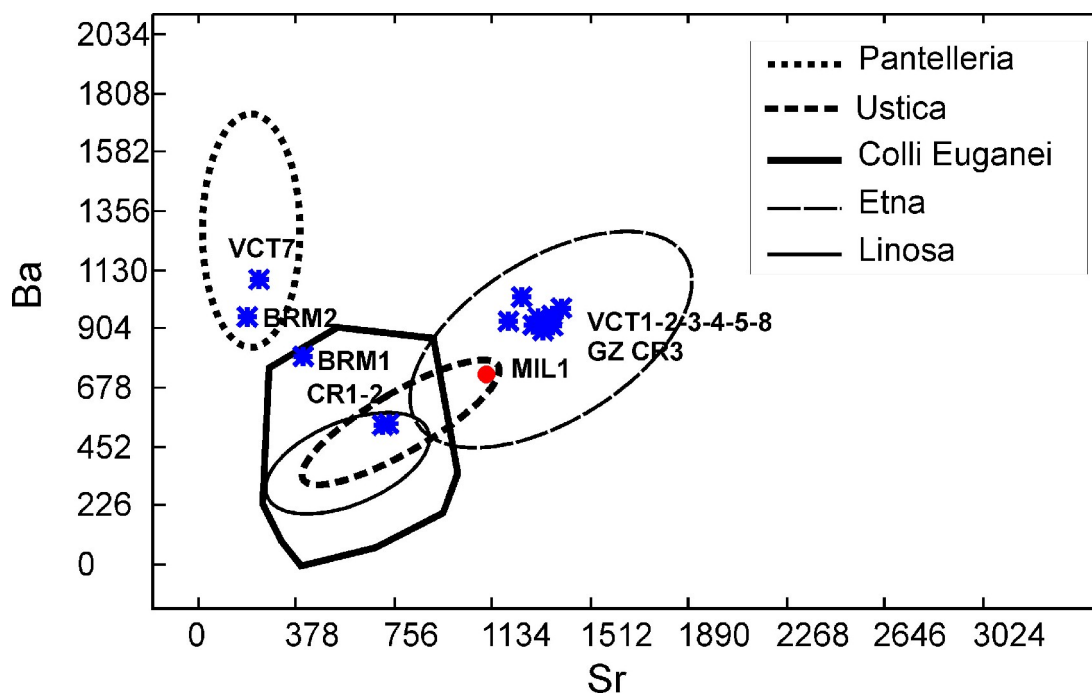


Fig. 9.17 – Diagramma discriminativo Sr vs Ba da Renzulli et al. (2002).

Il diagramma Ni vs Sr di figura 9.18, proposto da Thorpe (1988), è stato utilizzato per classificare i prodotti vulcanici studiati, dato che i due elementi discriminano abbastanza bene i campi dei vari siti vulcanici. Su tale diagramma sono state delineate le aree di Linosa,

Pantelleria, Colli Euganei, oltre a quella dell' Etna già tracciata da Thorpe (1988). I campioni VCT1, VCT2, VCT3, VCT4, VCT5, VCT8, CR3, GZ1 e MIL1 studiati, cadono nell'area dei campioni dell'Etna, CR1 e CR2, nell'area di sovrapposizione di Colli Euganei e Linosa mentre i campioni BRM1, BRM2 e VCT7 cadono nell'area di sovrapposizione dei prodotti evoluti di Pantelleria e Colli Euganei.

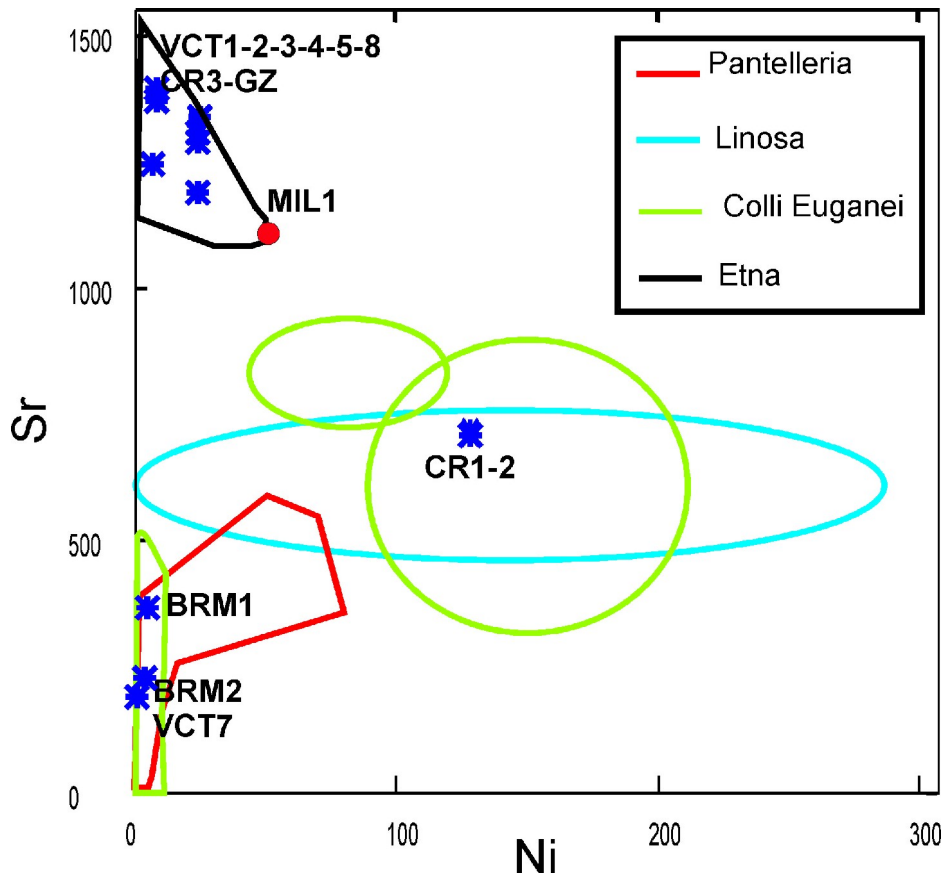


Fig. 9.18 - Diagramma discriminativo Ni vs Sr (Thorpe, 1988, modificato in questo studio).

Altri elementi abbastanza discriminativi sono risultati TiO_2 e Rb e per tale motivo i loro valori sono stati plottati su un diagramma di variazione, osservabile in figura 9.19, su cui è rinnovata la provenienza Etnea dei campioni VCT1-2-3-4-5-7-8, CR3, GZ, MIL1 e la provenienza da Linosa o dai Colli Euganei dei campioni CR1 e CR2 ed anche una provenienza da Pantelleria dei campioni BRM2 e VCT7.

I dati geochimici dei frammenti di macine ed elementi di macina studiati sono stati di seguito confrontati con quelli di letteratura delle rocce dei siti precedentemente identificati tramite i diagrammi classificativi.

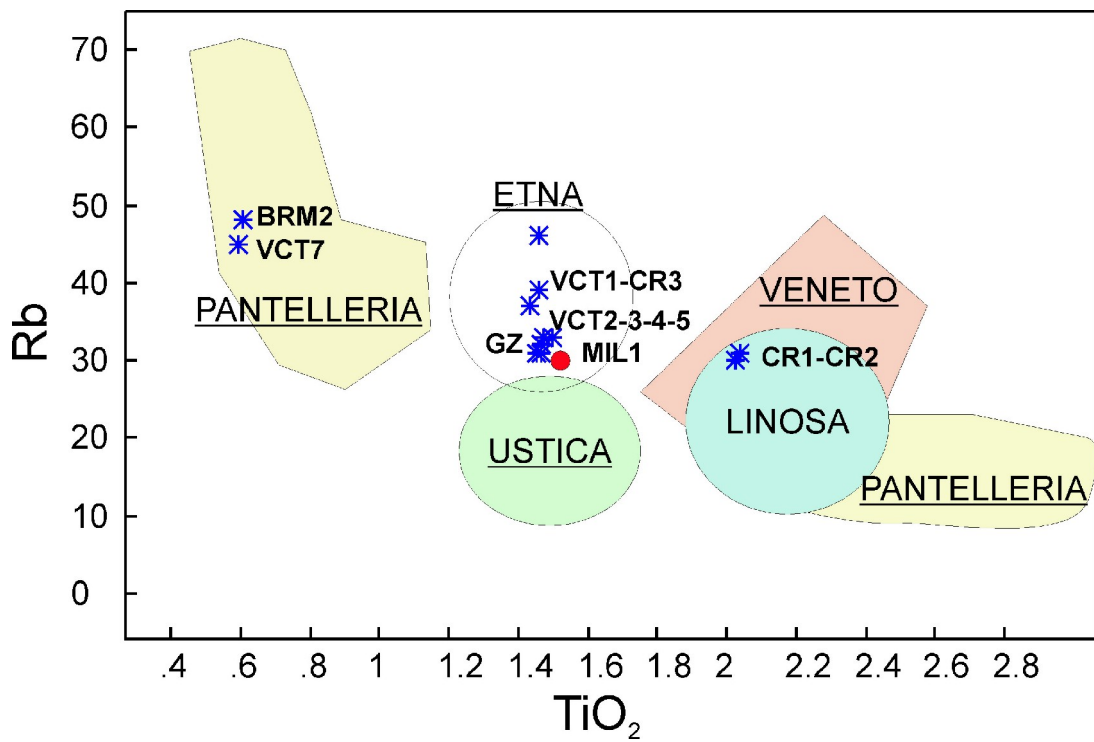


Fig. 9.19 – Diagramma discriminativo TiO₂ vs Rb (questo studio).

9.4 ATTRIBUZIONE DI PROVENIENZA DEI CAMPIONI INTRAPLACCA

9.4.1 Campioni VCT1-VCT2-VCT3-VCT4-VCT5-VCT8, CR3, GZ e MIL1

I dati relativi ai campioni **VCT1-2-3-4-5-8, CR3, GZ, MIL1** sono stati confrontati con quelli di letteratura di Lustrino e Wilson (2008) delle vulcaniti dell'Etna, anche con quelli della fase magmatica Mongibello, che rappresenta l'attività più recente (da 60 ka ad oggi).

Tali campioni hanno composizione **hawaiitica e mugearitica**, mostrano una struttura porfirica seriata microcristallina, caratterizzata da presenza di fenocristalli di prevalente plagioclasio, pirosseno e olivina, immersi in una massa di fondo a struttura intersertale, costituita da predominanti microliti di plagioclasio, minori grani di femici e minerali opachi. I cristalli di plagioclasio analizzati si mostrano zonati con una composizione da bitwonitica a labradoritica (An86-50), il pirosseno monoclinico è caratterizzato da composizioni salitiche e augitiche, l'olivina mostra valori medi di Fo80-58.

L'attività dell'Etna ha compreso quattro principali fasi di attività (Gillot et al., 1994; Branca et al., 2004). Il primo stadio (da 580 a 225 Ka) è stato caratterizzato dalla messa in posto di basalti toleitiici, che sono stati eruttati su una vasta area compresa tra il Plateau Ibleo a Sud ed i Monti Peloritani a Nord. I prodotti di tale attività sono oggi affioranti sulla costa a Nord di Catania, tra Accastello ed Acitrezza (Corsaro e Cristofolini, 2000). A partire da circa 220 ka, l'attività vulcanica dell'Etna si è concentrata lungo la costa ionica ed è cambiata la tipologia di magmi, che da toleitica è divenuta alcalino sodica. Tale attività ha favorito la messa in posto dei centri vulcanici (Centri alcalini antichi e Timpe), dei quali ciò che rimane è affiorante lungo i margini dell'attuale vulcano Etna. Tra 80 e 60 ka l'attività vulcanica sia effusiva che esplosiva ha favorito la messa in posto dell'Unità Trifoglietto. A partire da 60 ka fino ad oggi si è formato lo stratovulcano Mongibello, che rappresenta il prodotto di due principali fasi di attività, quella più antica che ha favorito la messa in posto del cosiddetto Vulcano Ellittico, e l'attività recente, a partire da 14 ka fino ad oggi caratterizzata da dominanti eruzioni esplosive e stromboliane, che hanno portato alla formazione delle colate laviche e dei coni di scorie che coprono i fianchi del vulcano Etna.

Le rocce dell'Etna hanno affinità da toleitica ad alcalino sodica, con pochi prodotti tendenzialmente alcalino potassici (Monte Maletto). I prodotti etnei comprendono l'intero range compositivo della serie vulcanica sodica che dai basalti passando per hawaiiti, mugeariti, benmoreiti arriva fino alle trachiti. Le lave hawaiitiche sia delle fasi primordiali che di quelle

storiche sono dominate da fenocristalli di plagioclasio (An₉₀₋₅₅) con scarso clinopirosseno (Cristofolini, salite ed augite) e rara o assente olivina. Le hawaiiiti e mugeariti etnee mostrano generalmente colore da grigio a grigio scuro, sono leggermente vescicolare a struttura seriate, spesso caratterizzate da una tessitura seriate con un IP di 30-50% per le hawaiiiti e 20-60% per le mugeariti. Le rocce hawaiiitiche hanno massa di fondo da microcristallina ad intergranulare, composta da plagioclasio, clinopirosseno, olivina e ossidi di Fe e Ti. Esse includono feno e microfenocristalli di plagioclasio da euedrale a subedrale, di frequente a struttura sieve, pirosseno prevalentemente augitico di colore verde-marrone ed olivina sub-arrotondata spesso associata in aggregati glomeroporfirici col pirosseno. Le mugeariti hanno massa di fondo microcristallina-intergranulare costituita da plagioclasio, opachi e minore clinopirosseno. I feno- e microfenocristalli sono rappresentati da plagioclasio, clinopirosseno, olivina e ossidi di Fe e Ti. Tali litotipi rappresentano magmi intraplacca originatisi come conseguenza di un regime tettonico distensivo, hanno affinità sodica e sono caratterizzati da un'impronta geochimica rappresentata da bassi valori di TiO₂ < 2 wt %, alti valori di Sr (> 1000 ppm) e Ba (>700 ppm) (Cristofolini e Romano, 1982; Cristofolini et al., 1991; Peccerillo, 2005). Le rocce alcaline mostrano patterns degli elementi incompatibili a campana, caratterizzati da anomalie negative di K, Hf e Ti ed anomalie positive di Nb e Ta (Peccerillo, 2005). Le caratteristiche geochimiche delle rocce alcaline più recenti mostrano particolare arricchimento in elementi mobili come K, Rb, e Cs.

Le caratteristiche petrografiche e la composizione delle fasi minerali principali dei frammenti di macine hawaiiitiche e mugearitiche sono assolutamente comparabili con quelle di hawaiiiti e mugeariti etnee. Anche le abbondanze geochimiche in termini di elementi incompatibili sono assolutamente comparabili, come è possibile osservare sui diagrammi di variazione binari osservabili nelle figure 9.20 e 9.21. Anche i rapporti degli elementi in tracce LILE/HFSE, LILE/LILE e HFSE/HFSE sono abbastanza simili, infatti, hawaiiiti e mugeariti dell'Etna mostrano mediamente rapporti compresi tra 2-6 per Ba/Zr, 0.5-0.7 per Rb/Nb, 15-50 per Sr/Rb e 2-6 per Zr/Nb. I campioni di macina hawaiiitici e mugearitici studiati mostrano simili valori dei rapporti di ~ 2-3 per Ba/Zr, ~ 0.55 di Rb/Nb e ~ 5 di Zr/Nb. Le concentrazioni di alcuni degli elementi in tracce e dei rapporti degli stessi elementi sono osservabili sui diagrammi di confronto delle figure 9.20, 9.21.

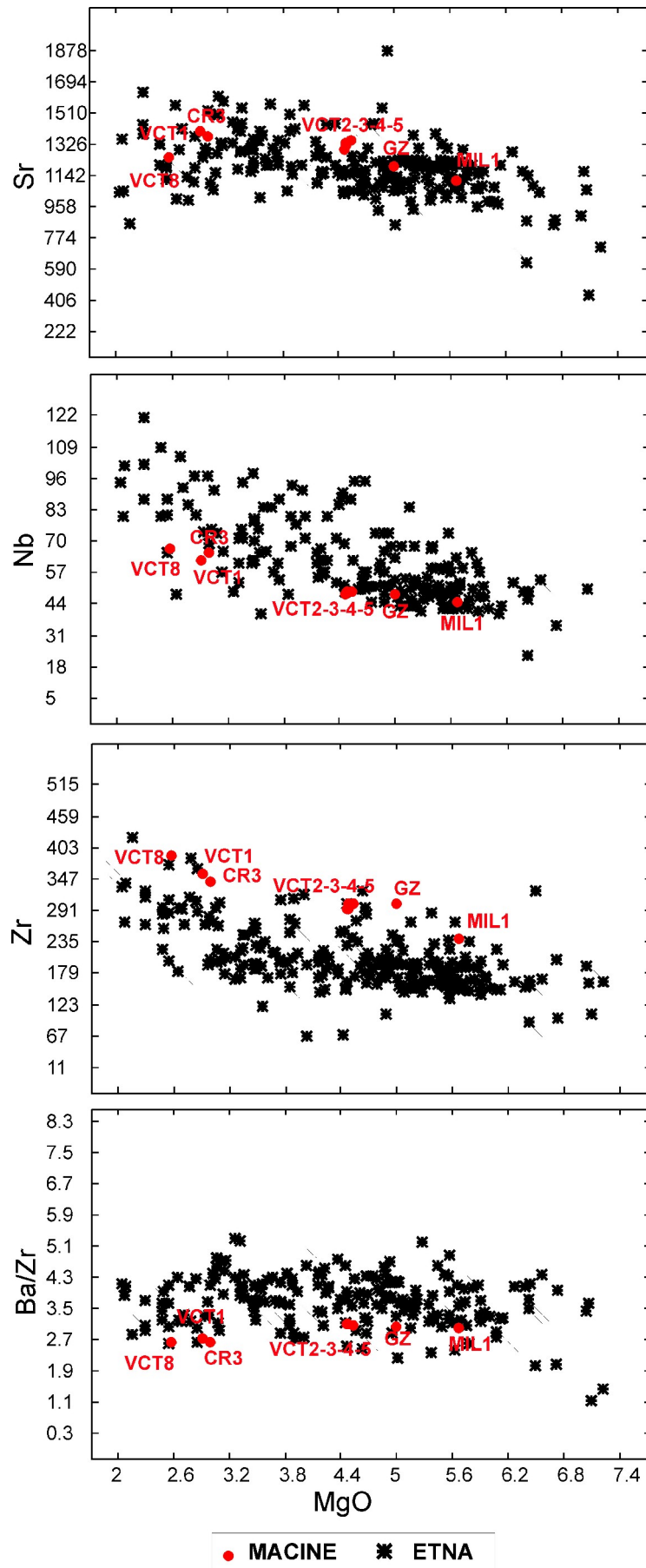


Fig. 9.20 – Diagrammi di confronto MgO verso elementi in tracce e loro rapporti.

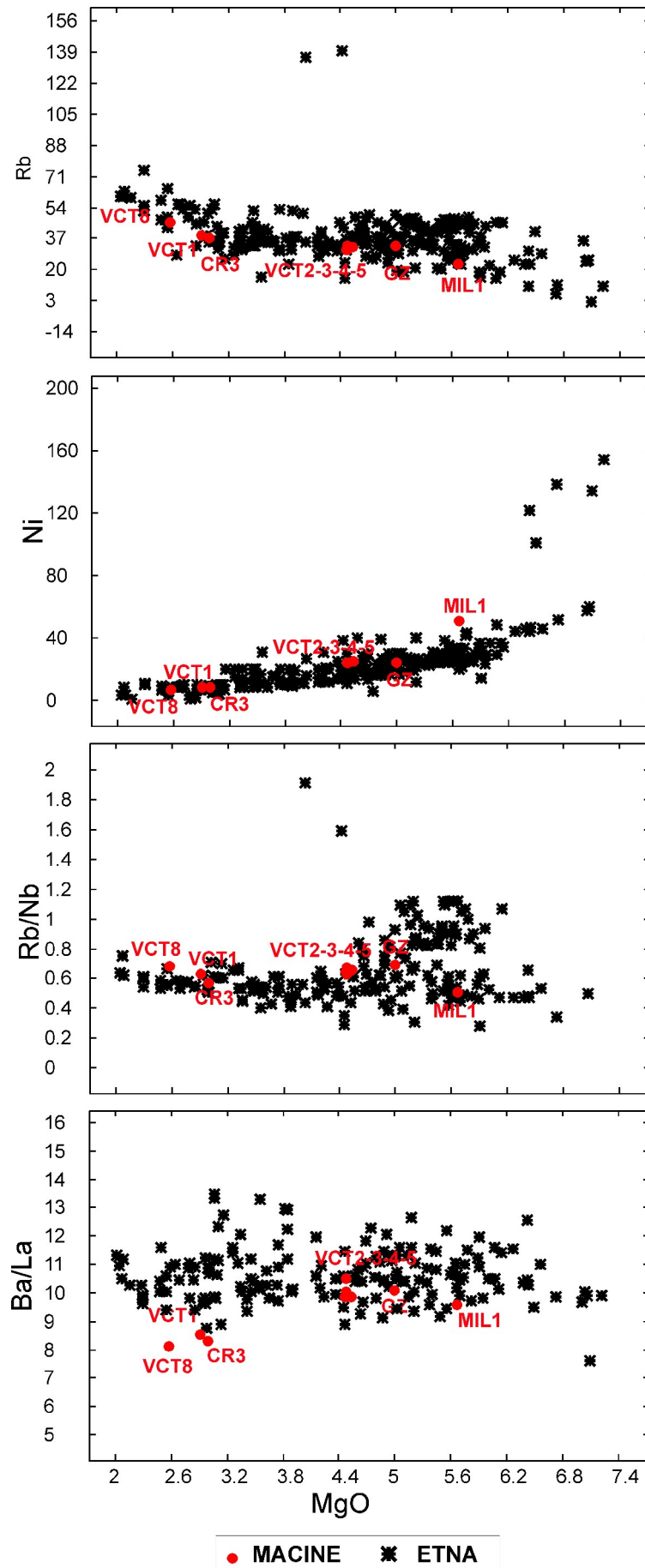


Fig. 9.21 - Diagrammi di confronto MgO verso elementi in tracce e loro rapporti.

9.4.2 Campioni BRM2 e VCT7

Per quanto riguarda i due campioni BRM2 e VCT7 la classificazione preliminare ha indicato come probabile zona di provenienza l'isola di Pantelleria.

I due campioni di macina hanno **composizione trachitica** e sono caratterizzati da struttura porfirica, con predominanti fenocristalli di alcali feldspati con composizione oligoclasica e anortoclasica (An22-23), clinopirosseno augitico arricchito in Fe, olivina fayalitica (Fo27-22), immersi in una massa di fondo microcristallina costituita dalle stesse fasi più minerali opachi.

L'isola di Pantelleria è situata nel Canale di Sicilia e fa parte del sistema tettonico definito sistema di rift di Pantelleria della quale fa parte anche l'isola di Linosa. L'isola rappresenta la parte emersa di uno stratovulcano costituito principalmente da rocce trachitiche peralcaline, rioliti (Pantelleriti) e minori basalti da mediamente alcalini a sodico-transizionali. Le rocce più antiche hanno un'età compresa tra 320-220 ka, mentre l'attività più recente è stata datata a 4 ka. Il vulcanismo a Pantelleria è stato maggiormente di tipo esplosivo con emissione di prodotti piroclastici peralcalini, e minori lave. Magmi basaltici sono stati eruttati sporadicamente, da attività di tipo effusivo e stromboliano. Eruzioni fortemente esplosive avvenute intorno a 114 e 50 mila anni fa, hanno generato il collasso di caldere nel settore sud orientale dell'isola. Alla fase di collassamento più giovane è associata la deposizione del cosiddetto Green Tuff, un complesso piroclastico da trachitico a pantelleritico, formato da ignimbrite, fall e surge beds. Attività post-caldere è avvenuta poi all'interno e intorno alla caldera stessa, mentre eruzioni basaltiche si ritrovano nel settore nord-occidentale dell'Isola (Peccerillo, 2005).

In base alla classificazione TAS i prodotti vulcanici mafici di Pantelleria sono classificati come basalti e hawaiiiti, mentre i prodotti ricchi in silice cadono nel campo delle trachiti e rioliti. Le rocce mafiche mostrano affinità da transizionale e leggermente alcalina. Le rocce felsiche sono peralcaline e sono classificate come comenditi (trachiti comenditiche e rioliti comenditiche) e pantelleriti (trachiti pantelleritiche e rioliti pantelleritiche) in base alla classificazione Al_2O_3 vs FeO_{tot} di Macdonald (1974). Le trachiti comenditiche, composizionalmente simili ai due campioni esaminati, sono caratterizzate da struttura porfirica e variabili quantità di fenocristalli di alcali feldspati, clinopirosseno, olivina fayalitica, ossidi di Fe e Ti e rara enigmatite, inclusi in una massa di fondo contenente microliti delle stesse fasi.

Geochimicamente, sui diagrammi di variazione le rocce di Pantelleria mostrano una diminuzione del contenuto di TiO_2 , MgO, FeO_{tot} , CaO e P_2O_5 con l'incremento in SiO_2 e

viceversa un aumento di K_2O , Al_2O_3 e Na_2O hanno una tendenza a crescere nelle composizioni mafiche ed a decrescere nelle rocce sialiche. Gli elementi in tracce ferromagnesiaci (Ni, Cr, Co, ecc.) e lo Sr diminuiscono al crescere di SiO_2 , mentre gli altri elementi incompatibili (La, Th, Rb, Nb, ecc.) mostrano trend positivi. Il pattern delle REE è caratterizzato da un moderato frazionamento e da una leggera anomalia positiva dell'Eu. Le rocce siliciche hanno un più alto contenuto in REE rispetto ai precedenti prodotti mafici e mostrano anomalia negativa di Eu. Lo spider diagram delle rocce di pantelleria mostra un pattern convesso con anomalia positiva di Nb e Ba, negativa di Sr ed Hf.

Sul diagramma classificativo delle rocce peralcaline, Al_2O_3 vs FeO_{tot} osservabile in figura 9.22 i due campioni BRM2 e VCT7 cadono nel campo delle trachiti comenditiche. Per quanto riguarda la composizione in elementi maggiori ed in tracce i due campioni di macine sono assolutamente comparabili dal punto di vista chimico con rocce simili di Pantelleria, come è possibile osservare sui diagrammi di confronto SiO_2 vs elementi maggiori, in tracce e rapporti degli elementi in tracce delle figure 9.23 e 9.24.

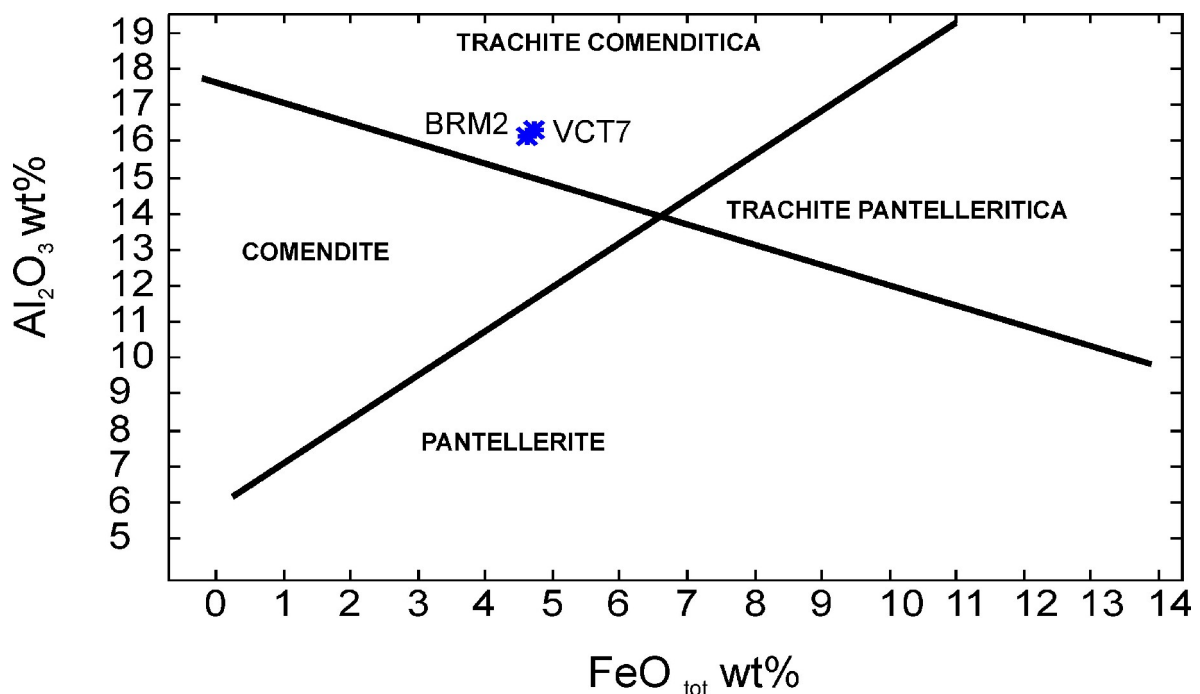


Fig. 9.22 – Diagramma classificativo delle rocce peralcaline e campioni BRM2 e VCT7.

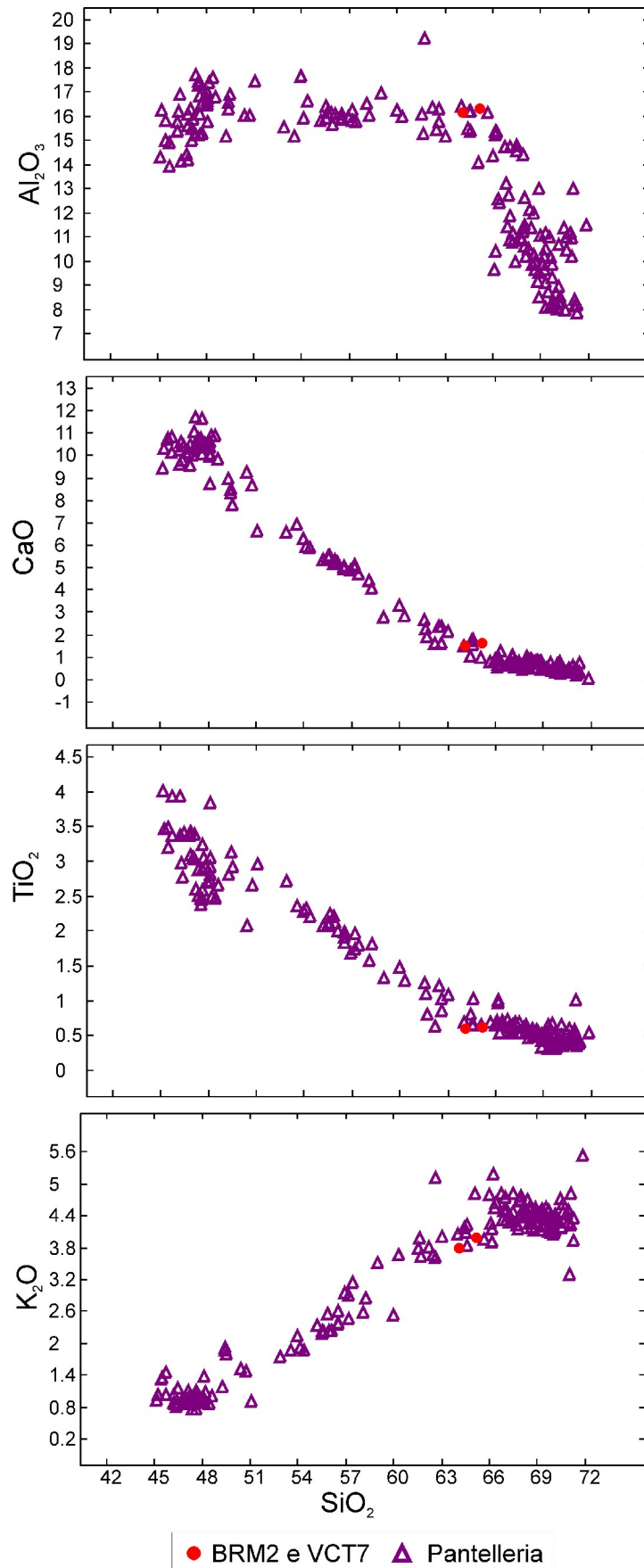


Fig. 9.23 - Diagrammi di confronto SiO_2 verso elementi maggiori.

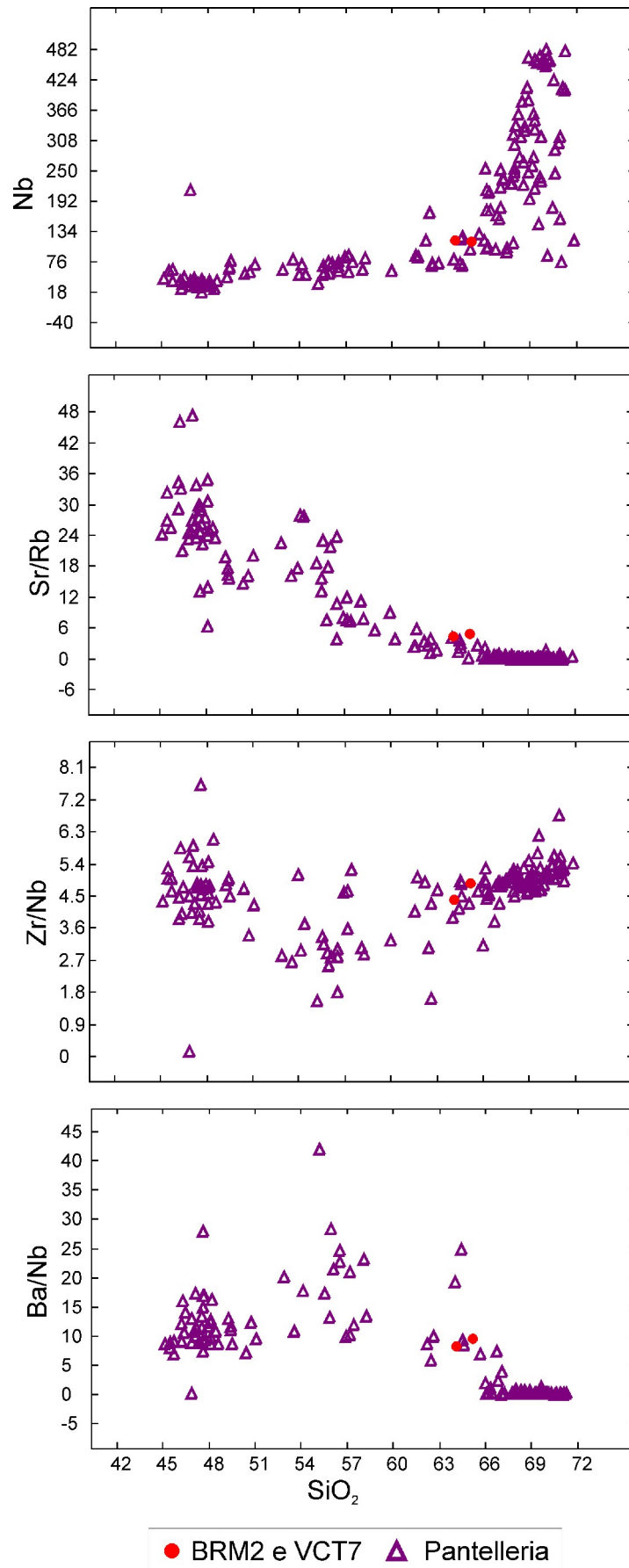


Fig. 9.24 - Diagrammi di confronto SiO₂ verso Nb e rapporti tra elementi in tracce.

9.4.3 Campioni CR1 e CR2

La classificazione preliminare dei campioni di macine provenienti dal relitto di Capo Rasocolmo suggerisce una provenienza dall'Isola vulcanica di Linosa.

Le rocce studiate sono due campioni di **hawaiite**, caratterizzati da una struttura porfirica seriata, con fenocristalli di predominante olivina (Fo80-63), pirosseno arricchito in componente diopsidica con minori termini augitici e scarso feldspato che mostra prevalente composizione da labradoritica ad andesinica (range An65-50) con minori termini ad anortoclasio e sanidino, immersi in una massa di fondo a struttura intersertale, costituita da microliti di plagioclasio, grani di femici e minerali opachi.

L'isola di Linosa rappresenta la porzione emersa di un grande cono vulcanico sottomarino situato lungo il margine sud-occidentale del graben di Linosa, appartenente al sistema di rift di Pantelleria del Canale di Sicilia. I prodotti vulcanici affioranti sono il risultato di attività sia esplosiva che effusiva che si è sviluppata durante tre principali fasi vulcaniche che coprono un intervallo temporale compreso tra circa 1.06 e 0.53 Ma (Rossi et al., 1996). I prodotti esposti nella porzione più bassa consistono in scoria cones e tuff rings formati da clasti di materiale juvenile basaltici e hawaiiitici e da minori litici benmoreitici e trachitici (Di Bella et al., 2008). La seconda fase è stata caratterizzata sia da attività effusiva che esplosiva, rappresentati da scorie e lave con composizione basaltica e hawaiiitica. Infine, una terza fase di attività durante la quale sono stati eruttati lave basaltiche e hawaiiitiche, scorie e minori prodotti idromagmatici.

Le rocce di Linosa comprendono composizioni che vanno dai basalti mediamente alcalini alle hawaiiiti, con minori litici benmoreitici e trachitici rinvenuti come clasti in alcuni dei depositi piroclastici affioranti. Le hawaiiiti di Linosa contengono fenocristalli di clinopirosseno da verde a incolore, olivina (Fo80-72) e plagioclasio (An75-60), con raro anfibolo. La massa di fondo da microcristallina a ipocristallina contiene gli stessi minerali presenti in fenocristalli più minerali opachi. Il contenuto in elementi maggiori ed in tracce sui diagrammi di variazione mostra un incremento in Al_2O_3 , Na_2O , K_2O ed elementi in tracce incompatibili (Th, Nb, Zr, REE) ed una decremento in TiO_2 , MgO, Cr e Ni da basalto a trachite (Rossi et al., 1996; Bindi et al., 2002). Lo spider diagram degli elementi in tracce incompatibili, mostra un pattern bell-shaped con anomalia positiva di Nb e Ta (Peccerillo, 2005).

I valori degli elementi in tracce e dei loro rapporti, osservabili sui diagrammi di confronto delle figure 9.25 e 9.26, mettono in evidenza la comparabilità geochimica dei due campioni provenienti dal Relitto di Capo Rasocolmo con le rocce di Linosa.

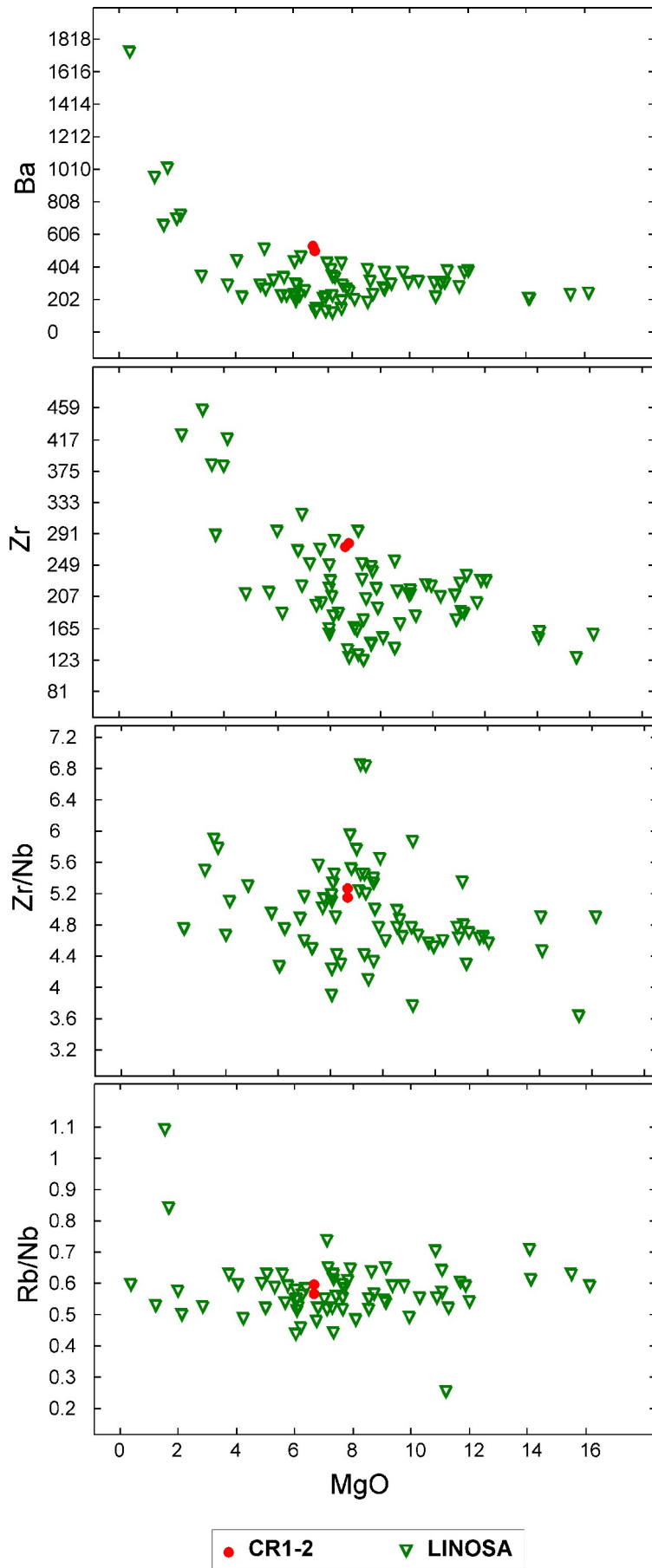


Fig. 7.25 – CR1 e CR2 a confronto con dati di letteratura di rocce vulcaniche dell’Isola di Linosa.

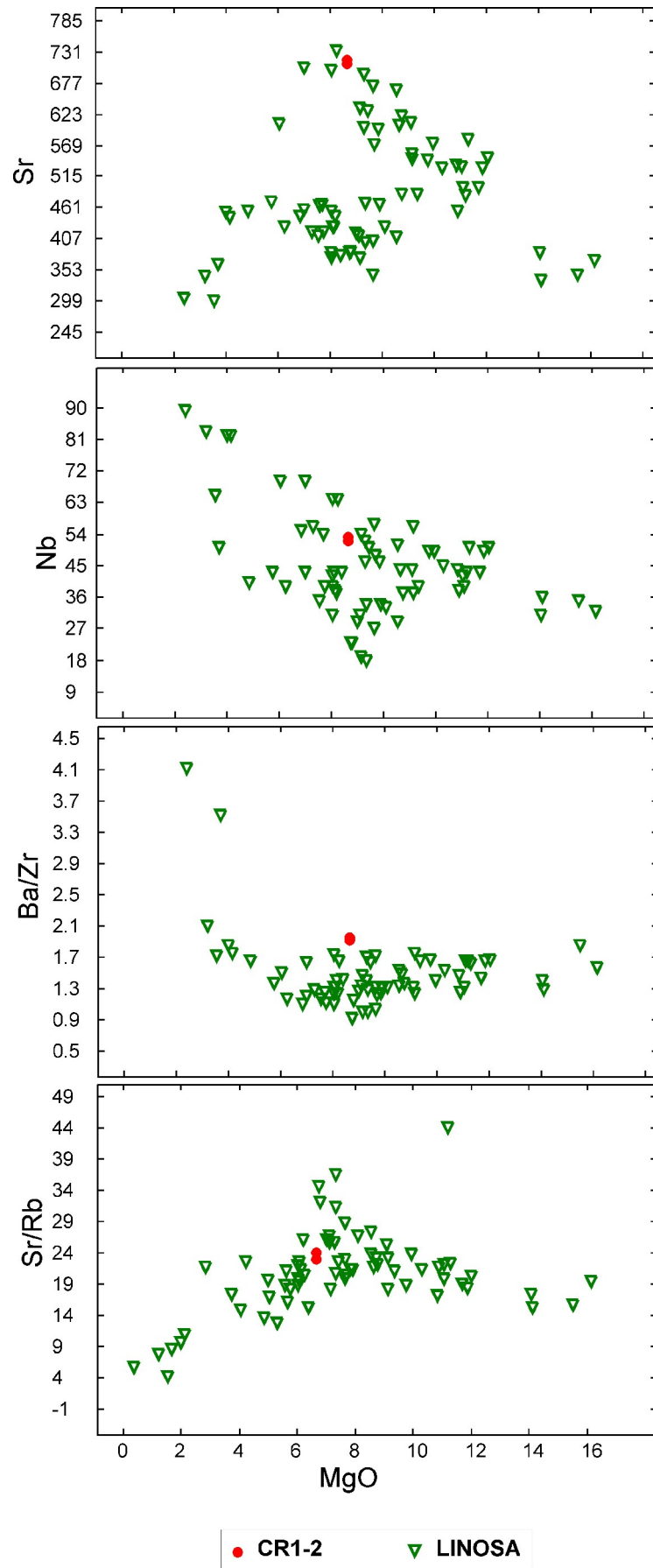


Fig. 7.26 – CR1 e CR2 a confronto con dati di letteratura di rocce vulcaniche dell’Isola di Linosa.

9.4.4 Campione BRM1

Si tratta di un campione di **trachite** di serie vulcanica calcalkalina alta in K, caratterizzato da struttura porfirica, tipo glomero-porfirica, costituita da fenocristalli di plagioclasio a composizione andesinica ed oligoclasica, con minore anortoclasio, da biotite, raro pirosseno e quarzo, in una massa di fondo microcristallina con diffusi grani di opachi. La biotite presenta il classico schema di assorbimento dal giallo-bruno al marrone chiaro. L'orneblenda ha caratteri ottici di orneblenda basaltica e presenta abito corroso e bordi opacitici. Le caratteristiche petrografiche, mineralogiche e geochemiche sono risultate compatibili con quelle delle rocce dei Colli Euganei. La composizione chimica, sia in termini di elementi maggiori che di elementi in tracce e loro rapporti del campione di macina trachitico BRM1, sono assolutamente confrontabili con quelli delle rocce dei Colli Euganei, come si evince dall'osservazione dei diagrammi di variazione riportati nelle figure 7.27 e 7.28. In particolare in figura 9.27, il campione rientra nell'area già identificata da Antonelli et al (2010) che è vicina a quella dei prodotti provenienti da Monte Rosso, uno degli edifici vulcanici dei Colli Euganei.

I **Colli Euganei** sono localizzati nel Nord-Est Italia all'interno della Provincia magmatica Veneta, comprendono 81 domi la cui origine è correlata al regime tettonico distensivo dell'avampaese alpino meridionale (De Pieri et al., 1983). L'attività eruttiva è avvenuta a partire dal Paleocene fino al tardo Oligocene. I prodotti vulcanici e sub-vulcanici comprendono subordinati basalti e litotipi intermedi ed acidi, maggiormente trachiti e rioliti con una moderata affinità alcalino sodica. Questi ultimi affiorano nella parte centrale e testimoniano il cambiamento dell'attività magmatica avvenuto nel Basso Oligocene (Zantedeschi, 1994). Le prime eruzioni, sia di tipo effusivo che esplosivo, sono iniziate nel corso dell'Eocene superiore con colate sottomarine di lave basaltiche fluide che si sono riversate sul fondo del mare. Dopo un periodo di quiete di alcuni milioni di anni, l'attività vulcanica è ripresa nell'Oligocene inferiore con l'emissione di magmi viscosi, di composizione diversa dai precedenti (35-30 Ma), con formazione dei caratteristici colli eruttivi riolitici, trachitici e latitici. Il secondo ciclo eruttivo si è concluso con una nuova emissione di subordinate lave a composizione basaltica (Capedri et al., 2000). Le trachiti Euganee presentano generalmente una struttura glomeroporfirica, con presenza di fenocristalli di anortoclasio, plagioclasio, biotite, orneblenda bruna, raramente di pirosseno augitico e diffusi grani di magnetite ed ilmenite. Il plagioclasio è zonato e di composizione andesinica (An₃₇₋₄₀). La massa di fondo ha struttura microcristallina ed è costituita da cristalli di anortoclasio, da plagioclasio a composizione oligoclasica, da minerali opachi e da plaghette interstiziali di anortoclasio e quarzo.

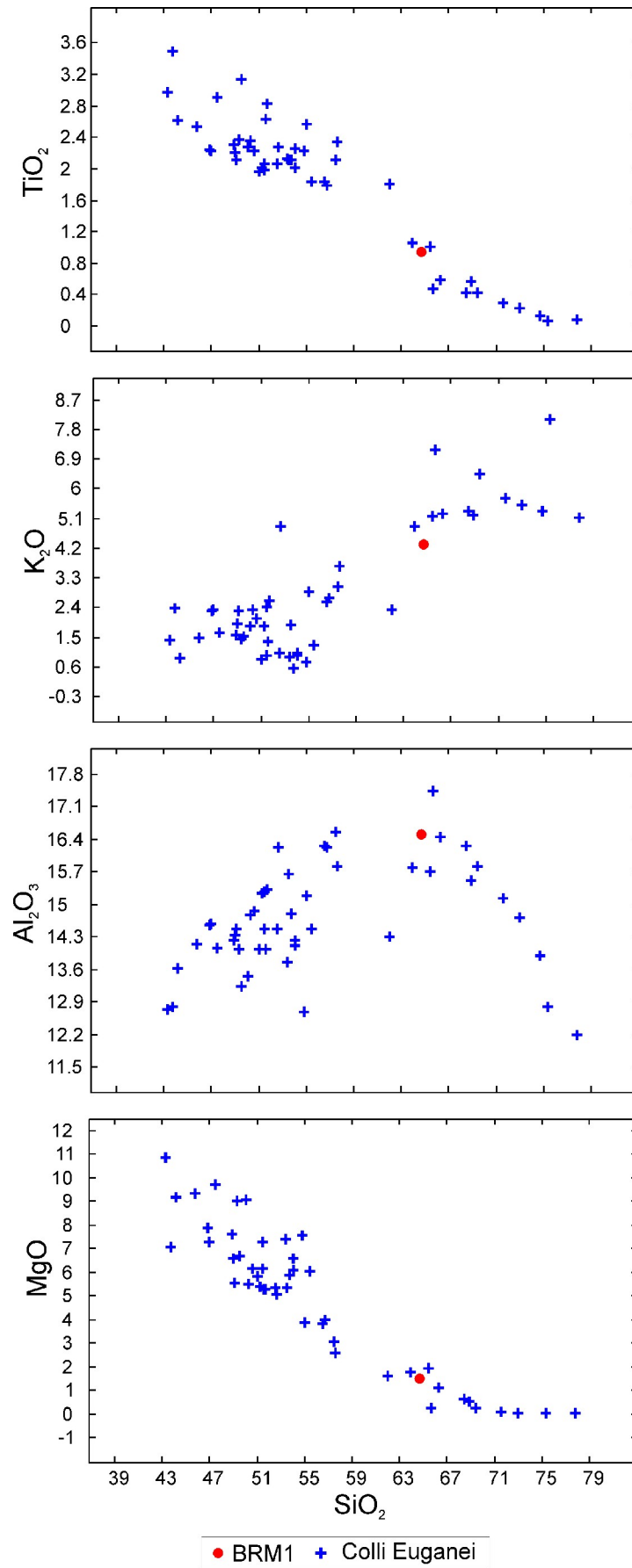


Fig. 7.27 – BRM1 a confronto con rocce dei Colli Euganei.

Fig. 7.28 – BRM1 a confronto con rocce dei Colli Euganei.

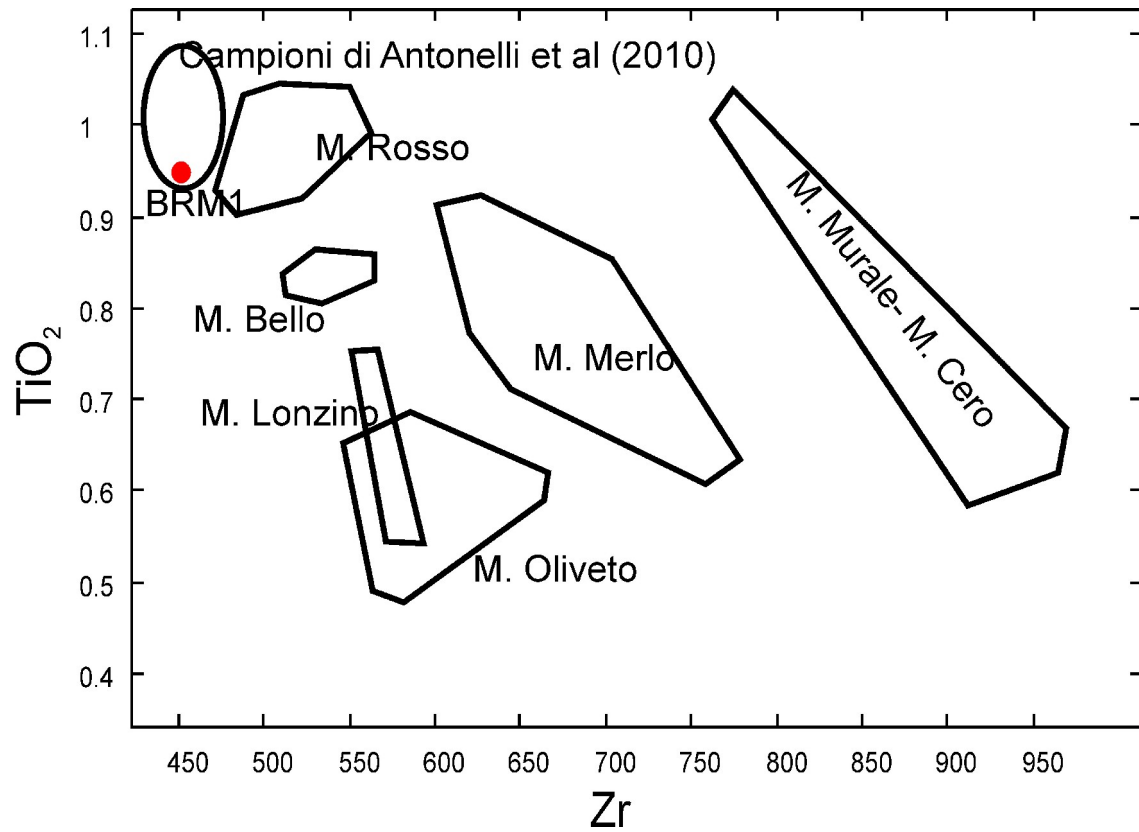


Fig. 7.29 – Diagramma Zr vs TiO₂ discriminativo per le trachiti dei colli Euganei. (Antonelli et al., 2010).

CAPITOLO 10

CONSIDERAZIONI ARCHEOMETRICHE E CONCLUSIONI

Le isole che costituiscono l'arcipelago delle *Eolie* furono in epoca preistorica abbondantemente sfruttate come cava di materiale per la costruzione di oggetti di uso quotidiano nonché di macine. In tutte le isole dell'arcipelago sono visibili villaggi e capanne preistorici, presso Lipari villaggi del Neolitico, ma anche i villaggi dell'antica età del Bronzo di Filicudi sulla Montagnola di Capo Graziano e presso la località Case Lopez, a Panarea con le capanne della Media età del Bronzo del Milazzese ed il Santuario della Calcara, a Salina con il villaggio della Portella, a Stromboli con quello di S. Vincenzo e ad Alicudi con quello di contrada Fucile (Tusa, 2008). Il complesso di abitati dell'età del Bronzo antico di Capo Graziano testimonia una estrema capacità di adattamento in un ambiente insulare ridotto ma strategico dal punto di vista agro-pastorale e una non meno importante capacità di sfruttare la posizione geografica dell'isola per esercitare attività di scambi commerciali. Sorprendentemente, in tale epoca preistorica, come indicato da prove archeologiche, erano fiorenti anche gli scambi con il Peloponneso, lo dimostrano numerosi ritrovamenti di ceramiche importate dall'Egeo e dal Peloponneso.

Lo studio delle macine preistoriche intrapreso in tale lavoro di tesi, può confermare quanto indicato dagli archeologi. Effettivamente le caratteristiche petrografiche, mineralogiche e geochimiche dei frammenti vulcanici di macina ed elementi di macina **MIL2**, **MIL3**, **MIL4**, **MIL5**, **MIL6**, **MIL7**, e **MIL8**, provenienti dal Villaggio dell'età del Bronzo Antico di Milazzo, risultano assolutamente compatibili con rocce provenienti delle Isole Eolie, come discusso nel capitolo precedente, e confermano anche la questione ancora aperta degli scambi commerciali con l'area Egea, dato che sempre tale studio evidenzia per il campione **MIL9** una provenienza dall'Arco Egeo, con molta probabilità dall'Isola di Santorini. I campioni **BRM3** e **VCT6** di epoca Romana, provenienti rispettivamente da Filicudi e Vulcano, testimoniano che anche in epoca Romana le Eolie fossero utilizzate come cava di materiale grezzo per la costruzione di manufatti litici.

E' noto che la falesia di Filicudi, in prossimità del villaggio preistorico (neolitico) sul monte di Capo Graziano, fosse utilizzata fino ai primi anni del secolo scorso come cava di estrazione per la costruzione di macine da cereali di grosse dimensioni e probabilmente già in Età Imperiale. In epoca preistorica, erano invece probabilmente adoperati prodotti vulcanici quali

bombe o prodotti piroclastici da caduta, caratterizzati tipicamente da una forma tondeggiate ovale, che si prestavano bene all'utilizzo come macinello o pestello.

Come è stato riconosciuto da Williams-Thorpe (1988), i prodotti vulcanici dell'*Etna* sono stati ampiamente utilizzati storicamente per la produzione di oggetti atti alla macinatura dei cereali anche durante l'Età del Bronzo (Ferla et al., 1984). La presenza del campione **MIL1**, proveniente dallo scavo della stessa età di Piazza XXV Aprile a Milazzo, caratterizzato in questo studio è una conferma di tale utilizzo. Inoltre, studi più o meno recenti (Williams-Thorpe, 1988; Volterra and Hancock, 1994; Lorenzoni et al., 1996; Buffone et al., 2000, 2003; Renzulli et al., 2002a; Antonelli et al., 2005) hanno documentato la presenza di macine Romane ottenute dalla lavorazione di queste rocce etnee, non solo nell'ambito del territorio siciliano ma anche nell'Italia Centro-Meridionale (Marche, Puglia e Campania), in Spagna (Ampurias), in Tunisia (Carthage, Thuburbo Maius, Utica, ElMakloub, Thapsus), Tripolitania e Libia. Manufatti provenienti sia dall'Etna che dalle altre isole vulcaniche alcalino-sodiche della Sicilia (Pantelleria e in maniera minore Ustica) sono state segnalate sempre da Williams-Thorpe (1988) in Nord Africa (Tunisia), lo stesso autore ha evidenziato il tradizionale utilizzo di tali aree come cave storiche di roccia da macina. La presenza dei campioni di epoca Romana, **VCT1-2-3-4-5-7-8** provenienti dallo scavo di Via Catania, **GZ** da quello di Ganzirri e **CR3** dal relitto di Capo Rasocolmo, caratterizzati in questo studio e provenienti dall'area etnea, rappresenta una testimonianza aggiuntiva dell'ampio utilizzo di tali prodotti vulcanici durante questo periodo storico. L'areale siciliano, ha fornito quindi durante l'epoca imperiale, abbondante materia prima per la costruzione di tali manufatti, infatti oltre all'Etna anche altri siti vulcanici come le isole del Canale di Sicilia, sono state ampiamente utilizzate come cava. A tale riguardo è stato dimostrato in questo studio che i due campioni di macine **CR1** e **CR2** giunti dal Relitto di Capo Rasocolmo provengono dall'Isola di Linosa, mentre il **VCT7** (Via Catania) ed il **BRM2** (Relitto di Briga Marina) provengono dall'isola di Pantelleria. D'altronde, Antonelli et al. (2005) hanno già identificato la presenza di macine Romane ottenute utilizzando prodotti di Pantelleria e dell'Etna in alcune province di Libia (a Leptis Magna) e Cyrenaica (a Cyrene), le quali sono tra le aree di ritrovamento più meridionali dell'Impero Romano.

La Sicilia e le adiacenti piccole isole hanno quindi rappresentato storicamente tappe importanti sia dal punto di vista commerciale che come importanti aree per la produzione di macine, lungo il tradizionale asse Nord-Sud della rotta del grano (come menzionato da Strabo, VI. 2.3: Etna). Tutti gli studi prima menzionati mettono in evidenza che le colate laviche dello stratovulcano Mongibello hanno rappresentato il materiale grezzo etneo più utilizzato dai Romani. In particolare, è stato dedotto che le rocce maggiormente lavorate erano mugariti ed

hawaiiiti originatesi dall'attività del Mongibello Recente (Cristofolini et al., 1991), di età compresa tra 14 ka fino ad oggi (Peccerillo, 2005). William-Thorpe (1988) prima e Renzulli (2002a) dopo, hanno suggerito che la cava Fratelli Pii (dal 693 d.C.) sia stata uno dei siti regolarmente più adoperati per lavorare macine hawaiiitiche. Buffone et al. (2003) hanno rinvenuto e studiato 4 campioni di macine etnee a Pompei, ed un probabile sito aggiuntivo per la produzione di macine mugaritiche può essere rintracciato nell'area di affioramento della Formazione Pizzi Deneri (Mongibello Vecchio, Coltelli et al., 1994).

Le trachiti dei *Colli Euganei*, da cui proviene il campione di Epoca Romana **BRM1**, sono state tra le rocce del NE Italia più diffuse sin dai tempi più antichi. Esse sono già state utilizzate dalle popolazioni Paleo-Venete nel VII secolo dopo Cristo per la stelae (conservata nel Museo Archeologico di Padova) e per macine (Antonelli et al., 2004). I Romani occupando la Valle del Po dal secondo secolo dopo Cristo hanno usato queste rocce che erano le più abbondanti anche per costruire svariati elementi architettonici (colonne, capitelli, ecc.), tubazioni idriche, ponti e per pavimentare strade in Veneto, Istria ed Emilia (diverse sezioni della Via Emilia sono state pavimentate con blocchi poligonali trachitici; Renzulli et al., 1999; 2002b). Al tempo dei Romani tali rocce sono state utilizzate anche presso città più distanti come Pavia (Tozzi e Oxilia, 1981), Milano, Trieste, Fano (Renzulli et al., 1999) e Ancona (Renzulli et al., 1999): queste città formano un triangolo dentro cui le trachiti sono state spesso rinvenute.

Tra le 70 cave di trachite identificate sul campo da Capresi et al. (2000), i siti dove l'attività estrattiva è stata particolarmente importante sono Monselice, Monte Rosso, monte Oliveto, Monte Merlo, Monte Lispida, Monte Alto e Monte Altore. La rotta verso sud era abbastanza facile per il loro trasporto lungo la costa medio-Adriatica ed anche attraverso un sistema di canali di drenaggio che univa i fiumi Paleo-Adige e Brenta (Renzulli et al., 1999; 2002b), mentre la connessione tra le sorgenti Euganee e le regioni a est potrebbe essere avvenuta usando le rotte fluviali e marittime che sono state adoperate in questa porzione della Caput Adriae sin dalla Preistoria.

La presenza del campione di riolite **MIL9**, che sulla base della caratterizzazione effettuata, risulta provenire dall'Isola di Santorini appartenente all'*Arco Egeo*, rinforza le già esistenti prove archeologiche che testimoniano l'esistenza in epoca preistorica dei diffusi contatti e scambi commerciali tra le popolazioni primitive dell'area Tirrenica e quelle Egee. Infatti, le frequentazioni egee in Occidente sono ben documentate fin dal neolitico, ed assumono rilevanza

specifica e generalizzata con il Tardo Bronzo egeo (corrispondente al Bronzo medio dell'Italia meridionale e Sicilia). Elementi archeologici egei sono stati riconosciuti anche presso gli scavi archeologici di Capo Graziano alle Eolie. Altre testimonianze sono le costruzioni in cui sono state rinvenute ceramiche archeologiche egee di epoca preistorica, per esempio presso S. Calogero a Lipari. In tale periodo è documentato l'approvvigionamento di metallo tirrenico lungo una rotta Eolie-Vivara (dove sono state riconosciute anche rondelle fittili, con funzione contabile, di tipo egeo). Le successive rotte (XIV-XIII sec.), quella ionica, due siciliane quella Thapsos - area siracusana e Thapsos - area agrigentina e quella sarda, documentano la ramificazione degli interessi micenei in Occidente (Tusa, 2008).

Reperti di vario tipo, ma soprattutto ceramici, che documenterebbero relazioni commerciali mediate fra il mondo preistorico Egeo (proto miceneo) e l'isola sono stati segnalati in varie altre località archeologiche della Sicilia. Contrariamente, non sono mai stati segnalati in letteratura rinvenimenti di macine preistoriche. In tale ottica il rinvenimento del campione di macina MIL9 da Santorini, rappresenta una informazione di carattere storico-archeologico molto importante.

Complessivamente è possibile affermare che i risultati del presente lavoro di tesi apportano un contributo importante per la definizione delle rotte commerciali del Mediterraneo, confermando la presenza di scambi commerciali e culturali già a partire dall'Età del Bronzo antico, periodo a cui appartengono i campioni della serie preistorica di Milazzo. A differenza della storia per la quale ci si può avvalere di testimonianze, nello studio della preistoria ciò non è possibile. L'unico mezzo di cui si dispone per reperire informazioni dell'uomo preistorico è rappresentato dagli oggetti rinvenuti negli scavi archeologici, che comunicano se stessi ed il relativo contesto, fornendo tracce sulla cultura e l'ambiente di cui erano parte. In tale contesto la presenza, all'interno dello scavo preistorico di Piazza XXV Aprile, di macine ed elementi di macina provenienti da siti così differenti, MIL1 dall'Etna, MIL2-3-4-5-6-7-9-11 dalle Eolie e MIL9 da Santorini è una testimonianza tangibile dell'intraprendenza dell'uomo primitivo che per necessità di sussistenza e di miglioramento della propria condizione di vita, si spinse sempre più in là. In particolare il rinvenimento del campione che risulta provenire dall'area Egea (MIL9) conferma che già in epoca preistorica esistevano scambi tra le popolazioni dell'areale Tirrenico e quelle Egee. E' facile pensare che il pestello a cui appartiene il frammento studiato MIL9 fosse agevolmente trasportabile per le ridotte dimensioni ed utilizzabile come materiale di scambio.

La caratterizzazione delle macine di Epoca Romana, affrontata in tale studio ha invece permesso di ampliare il quadro delle conoscenze relativamente alla diffusione delle macine nel bacino del Mediterraneo e di confermare l'utilizzo di alcuni siti vulcanici quali Etna, Linosa, Pantelleria e Colli Euganei come cave di materiale grezzo per l'allestimento di manufatti atti alla macinazione dei cereali.

BIBLIOGRAFIA

- Aksu A.E., Jenner G., Hiscott R.N., İşler E.B. (2008) - Occurrence, stratigraphy and geochemistry of Late Quaternary tephra layers in the Aegean Sea and the Marmara Sea. *Marine Geology*, vol. 252, pp. 174–192.
- Antonelli F., Bernardini F., Capedri S., Lazzarini L., Montagnari Kokelj E. (2004) - archaeometric study of protohistoric Grinding tools of volcanic rocks found In the karst (Italy–Slovenia) and Istria (Croatia). *Archaeometry*, vol. 46, pp. 537–552. Printed in Great Britain.
- Antonelli, F. and Lazzarini, L. (2010) Mediterranean trade of the most widespread Roman volcanic millstones from Italy and petrochemical markers of their raw materials, *Journal of Archaeological Science*, vol. 37, pp. 2081-2092.
- Bathrellos G.D., Vasilatos C., Skilodimou H.D., Stamatakis M.G. (2009) - On the occurrence of a pumice-rich layer in Holocene deposits of western Peloponnesus, Ionian Sea, Greece. A geomorphological and geochemical approach. *Cent. Eur. J. Geosci.* vol. 1(1), pp. 19-32.
- Bacci M.G. (2001) – Il relitto di Capo Rasocolmo. In: *Da Zancle a Messina, un percorso archeologico attraverso gli scavi – a cura di G.M. Bacci e G. Tigano. Reg. Siciliana, Assessorato regionale ai BB.CC. e alla pubblica istruzione, edizioni Sicania, ISBN 88-7268-085-9.*
- Bindi, L., Tasselli, F., Olmi, F., Peccerillo, A., and Menchetti, S., 2002, Crystal chemistry of clinopyroxenes from Linosa Volcano, Sicily Channel, Italy; implications for modelling the magmatic plumbing system. *Mineralogical Magazine*, vol. 66, pp. 953-968.
- Bonanno C. (2001) – L’insediamento rurale suburbano nei pressi della via per Catania. In: *Da Zancle a Messina, un percorso archeologico attraverso gli scavi – a cura di G.M. Bacci e G. Tigano. Reg. Siciliana, Assessorato regionale ai BB.CC. e alla pubblica istruzione, edizioni Sicania, ISBN 88-7268-085-9.*
- Branca, S., M. Coltelli, G. Groppelli (2004) - Geological evolution of Etna Volcano, in Calvari S., A. Bonaccorso, M. Coltelli, C. Del Negro, and S. Falzaperla (Eds), *Etna Volcano laboratory, Geophysical Monographs AGU*, vol. 143, pp. 49-63.
- Buffone L., Lorenzoni S., Pallara M. And Zanettin E. (2003) — The millstones of Ancient Pompei: a petro-archaeometric study. *Eur. J. Mineral.*, vol. 15, pp. 207-215.
- Capedri S., Venturelli G. (2005) - Provenance determination of trachytic lavas, employed as blocks in the Romanesque cathedral of Modena (Northern Italy), using magnetic susceptibility, and petrographic and chemical parameters. *Journal of Cultural Heritage*, vol. 6, Issue 1, January–March 2005, pp. 7–19
- Capedri S., Venturelli G., Grandi G. (2000) - Euganean trachytes: discrimination on quarried sites by petrographic and chemical parameters and by magnetic susceptibility and its bearing on the provenance of stones of ancient artefacts, *Journal of Cultural Heritage*, vol. 1, pp. 341–64.
- Cattani, M., L. Lazzarini, and R. Falcone (1997) – *Macine Protostoriche dall’Emilia e dal Veneto: Note Archeo-logiche, Caratterizzazione Chimico–Petrografica e determinazioni della Provenienza. Padusa* vol. 31, pp. 105–137.

Clift P., Blusztajn J. (1999) - The trace-element characteristics of Aegean and Aeolian volcanic arc marine tephra. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 92, pp. 321–347.

Coltelli, M., V.H. Garduño, M. Neri, G. Pasquarè and M. Pompilio (1994) - Geology of northern wall of Valle del Bove, Etna (Sicily). *Acta Vulcanol.*, vol. 5, pp. 55-68.

Corsaro R.A. & Cristofolini R. (2000) – Subaqueous volcanism in the Etnean area: evidence for hydromagmatic activity and regional uplift inferred from the Castle Rock of Acicastello. *J. Volc. Geoth. Res.*, vol. 95, pp. 209-225.

Cristofolini R. & Romano R. (1982) – Petrologic features of the etnean volcanic rocks. *Mem. Soc. Geol. It.*, vol. 23, pp. 99-115.

Cristofolini R., Corsaro R.A., Ferlito C. (1991) – Variazioni petrochimiche nella successione etnea. Un riesame in base a nuovi dati da campioni di superfici e da sondaggi. *Acta Vulcanologica*, vol. 1, pp. 25-37.

Daniele D. (1998) - Le macine laviche di Entella in Sicilia: studio chimico-petrografico finalizzato alla determinazione della provenienza, In *Le Scienze della terra e l'archeometria - 5a giornata*, Bari, 19-20 February (1998), pp. 89-95, Ed. Patron, Bologna, Italy.

De Astis G., Ventura G., Vilardo G. (2003) - (Geodynamic significance of the Aeolian volcanism (Southern Tyrrhenian Sea, Italy) in light of structural, seismological, and geochemical data. *Tectonics*, vol. 22, p. 17.

De Pieri R, Gregnanin A., Sedeà R. (1983) - Guida alla escursione sui Colli Euganei. *Mem. Soc. Geol. It.*, vol. 26, pp. 371-381.

Di Bella M, Russo S, Petrelli M, Peccerillo A (2008) Origin and evolution of the Pleistocene Magmatism of Linosa Island (Sicily Channel, Italy). *Eur J Mineral*, vol. 20, pp. 587-601.

Faccenna C., Funiciello F., Civetta L., D'Antonio M., Moroni M., Piromallo C. (2007) - Slab disruption, mantle circulation, and the opening of the Tyrrhenian basins. *GSA Special Papers* 2007, vol. 418, pp. 153-169.

Federman, A.N., Carey, S.N., 1980. Electron microprobe correlation of tephra layers from Eastern Mediterranean abyssal sediments and the Island of Santorini. *Quaternary Research* vol. 13, pp. 160–171.

Ferla P., Alaimo R., Spatafora F. (1984) - Studio Petro-grafico delle Macine di Etá Arcaica e Classica da MonteCastellazzo di Poggioreale (Sicilia Occidentale). *Sicilia Archeologica*, vol. 56, pp. 1–30.

Francalanci L., Vougioulakakis G.E., Perini G., Manetti P. (2004) - A West-East traverse along the magmatism of the South Aegean volcanic arc in the light of volcanological, chemical and isotope data. In: Fyticas M., Vougioulakakis G. (Eds.). *The South Aegean Volcanic Arc: present knowledge and future perspectives: Elsevier Group Special Series, Development of Volcanology*, vol. 7, pp. 65-111.

Gillot P.Y., Kieffer G., Romano R. (1994) - The evolution of Mount Etna in the light of potassium-argon dating, *Acta Vulcanologica*, vol. 5, pp. 81-87.

GILLOT, P.Y. (1987): Histoire volcanique des Iles Eoliennes: arc insulaire ou complexe orogenique annulaire?, *Doc. Trav. IGAL.*, vol. 11, pp. 35-42.

Harangi, S., Downes, H. & Seghedi, I. (2006) – Tertiary-Quaternary subduction processes and related magmatism in the Alpine Mediterranean region. In: Gee, D. & Stephenson, R. (eds) *European Lithosphere Dynamics*. Geological Society, London, *Memoirs* 32, pp. 167-190.

http://georoc.mpch-mainz.gwdg.de/georoc/webseite/Expert_Datasets.htm

Keller J.(1980): The island of Vulcano. *Rendiconti Società Italiana di Mineralogia e Petrologia*, vol. 36 (1), pp. 369-414.

Le Bas, M.J., Le Maitre, R.W., Streckeisen, A., Zanettin, B., 1986. A chemical classification of volcanic rocks based on the total-alkali-silica diagram. *Journal of Petrology*, vol. 27, pp.745–750.

Lentini M.C. (2001) – Briga Marina. In: *Da Zancle a Messina, un percorso archeologico attraverso gli scavi* – a cura di G.M. Bacci e G. Tigano. *Reg. Siciliana, Assessorato regionale ai BB.CC. e alla pubblica istruzione*, edizioni Sicania, ISBN 88-7268-085-9.

Le Pichon, X. & Angelier, J. (1979). The Hellenic Arc and Trench system: A key to the neotectonic evolution of the Eastern Mediterranean area. *Tectonophysics*, vol. 60, pp. 1-42.

Lustrino, M. and Wilson, M. (2007) - The circum-Mediterranean anorogenic Cenozoic igneous province. – *Earth-Science Reviews*, vol. 81, pp. 1 – 65.

Macdonald R. (1974) - Nomenclature and petrochemistry of the peralkaline oversaturated extrusive rocks. *Bull Volcanol*, vol. 38, pp. 498–516.

Martinelli M.C. (2009) – L'insediamento specializzato in piazza XXV Aprile. In: *Mylai II. Scavi e ricerche nell'area urbana* – a cura di G. Tigano. *Reg. Siciliana, Assessorato regionale ai BB.CC. e alla pubblica istruzione, Dipartimento dei BB.CC.AA. e dell'educazione permanente*, edizioni Sicania, SBN Pal0215917.

McDonough W F, Sun S S, Ringwood A E, Jagoutz E, Hofmann A W (1992) - K, Rb and Cs in the earth and moon and the evolution of the earth's mantle; *Geochim. Cosmoch. Acta*, vol. 56, pp. 1001–1012.

Middlemost E.A.K. (1975) – The basalt clan. *Earth Science Reviews*, vol. 11, pp. 337-364.

Milani L Beccaluva L Coltorti M. (1999) - Petrogenesis and evolution of the Euganean magmatic complex, Veneto region, NE Italy *Eur J Mineral*, vol. 11, pp. 379-399.

Ninkovich, D. & Heezen, B.C. (1967) - Physical and chemical properties of volcanic glass shards from pozzuolana ash Thera Island, and from upper and lower layers in eastern mediterranean deep sea sediments. *Nature*, vol. 213, pp. 582–584.

- Oliva P., Beziat D., Domergue C., Jarrier C., Martin F., Pieraggi B. and Tollon F. (1999) - Geological sources and use of rotary millstones from the Roman iron-making site of Les Martyrs (Montagne Noire, France), *European Journal of Mineralogy*, vol. 11, pp. 757-762.
- Peacock D. P. S. (1980) - The Roman millstone trade: a petrological sketch, *World Archaeology*, vol. 12(1), pp. 45-53.
- Peacock D. P. S. (1986) - The production of Roman millstones near Orvieto, Umbria, Italy, *The Antiquaries Journal*, vol. 66(1), pp. 45-51.
- Peacock D. P. S. (1989) - The mills of Pompei. *Antiquity*, vol. 63, pp. 205-214.
- Pearce, J. A. & Cann J.R. (1973) - Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses: *Earth and Planetary Science Letters*, vol. 19, no. 2, pp. 290-300.
- Peccerillo A (2005) - *Plio-Quaternary Volcanism in Italy: Petrology, Geochemistry, Geodynamics*. Springer, Heidelberg, p. 365.
- Peccerillo, A. e Taylor, S.R. (1976) - Geochemistry of the Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, northern Turkey. *Contrib. Mineral. Petrol.*, vol. 58, pp. 63-81.
- Renzulli A., Antonelli F., Santi P., Busdraghi P., Luni M. (1999) - Provenance determination of lava flagstones from the Roman «Via Consolare Flaminia» pavement (Central Italy) using petrologic investigations. *Archaeometry*, vol. 41, 2, pp. 209-226.
- Renzulli A., Santi P., Nappi G., Luni M., Vitali D. (2002a) - Provenance and trade of volcanic rock millstones from Etruscan-Celtic and Roman archaeological sites in Central Italy, *Eur. J. Mineral.*, vol. 14, pp. 175-183.
- Renzulli A., Santi P., Serri G., Luni M. (2002b) - The Euganean trachyte flagstones ("basoli") used by the Romans along the mid-Adriatic coast (Marche, central Italy): an archaeometric study. *Per. Mineral.*, vol. 71, Special Issue: *Archaeometry and Cultural Heritage*, pp. 189-201.
- Rossi, P.L., Tranne, C.A., Calanchi, N., Lanti, E. (1996) - Geology, stratigraphy and volcanological evolution of the island of Linosa (Sicily Channel). *Acta Vulcanologica*, vol. 8, pp. 73-90.
- Shervais J.W. & Hanan B.B. (1989) - Jurassic volcanic glass from the Stonyford volcanic complex, Franciscan assemblage, northern California coast ranges, *Geology*, vol. 17, pp. 510-514.
- Thorpe W.O. & Thorpe R. (1990) - Millstone provenancing used in tracing the route of a 4th century BC Greek merchant ship, *Archaeometry*, vol. 32, pp. 115-137.
- Thorpe W.O. (1988) - Provenancing and archaeology of Roman millstones from the Mediterranean area, *Journal of Archaeological Science*, vol. 15, pp. 253-305.
- Thorpe W.O. and Thorpe R. (1988) - The provenance of donkey mills from Roman Britain, *Archaeometry*, vol. 30, pp. 275-289.

Thorpe W.O. and Thorpe R. (1991) - Millstones that mapped the Mediterranean, *New Scientist*, vol. 23 February, pp. 42-5.

Thorpe W.O. and Thorpe R. (1993) - Geochemistry and trade of Eastern Mediterranean millstones from the Neolithic to Roman periods, *Journal of Archaeological Science*, vol. 20, pp. 263-320.

Tigano G. (2001) – Insegiamento tardo romano protobizantino. In: *Da Zancle a Messina, un percorso archeologico attraverso gli scavi* – a cura di G.M. Bacci e G. Tigano. Reg. Siciliana, Assessorato regionale ai BB.CC. e alla pubblica istruzione, edizioni Sicania, ISBN 88-7268-085-9.

Toro A. (1985) – “Gli strumenti agricoli” in *Misurare la Terra: centuriazione e coloni nel mondo romano. Città, agricoltura, commercio: materiali da Roma e dal suburbio*. Soprintendenza Archeologica di Roma in collaborazione con la Sezione di Topografia Antica del Dipartimento di Scienze Storiche, Archeologiche e Antropologiche dell’Antichità, Università degli Studi di Roma “La Sapienza”. Ed. EDIPAN.

Tozzi P., *Oxilia* (1981) - Le pietre di Pavia romana, *ibid.*, n.s., XXXIII (1981), pp. 3-44.

Tusa S. (2008) – Storia e Archeologia nelle piccole isole della Sicilia. In: *Arcipelago Sicilia – Beni culturali e turismo nelle isole minori siciliane*. PIT isole minori POR Sicilia 2000/2006, cod. Edizioni Plaza fondazione. ISBN 978-88-95671-05-5.

Zantedeschi C. (1994) - Nevil Rb-Sr radiometric data from Colli Euganei (North-Eastern Italy). *Mem. Sci. Geol.*, vol.46, pp.17-22.

Zellmer G.F. (1998) - Petrogenetic processes and their Timescales beneath Santorini, Aegean Volcanic Arc, Greece. Department of Earth Sciences, Open University, Milton Keynes, U. K.