



**UNIVERSITÀ DI PISA**

Dipartimento di Scienze della Terra  
Corso di Laurea Magistrale  
In  
Scienze e Tecnologie Geologiche

Titolo Tesi di laurea

Eruzione di Codola: dati geochemici preliminari

Candidato

Dott.ssa Laura Calabrò

Relatore

Prof. Giovanni Zanchetta

Correlatore

Prof. Roberto Santacroce

ANNO ACCADEMICO

2015/2016



# Indice

|  |    |
|--|----|
| Riassunto  | 4  |
| Introduzione   | 6  |
| 1 Inquadramento geologico dell'Appennino Meridionale | 9  |
| 1.1 Inquadramento geologico della Piana Campana      | 11 |
| 1.2 Provincia Co-Magmatica-Romana                    | 13 |
| 1.3 Somma-Vesuvio                                    | 14 |
| 1.3.1 Introduzione                                   | 14 |
| 1.3.2 La Storia eruttiva del Somma – Vesuvio         | 15 |
| 1.3.3 Geochimica e Petrografia                       | 20 |
| 1.3.4 Sistema di alimentazione                       | 24 |
| 1.4 Eruzione di Codola                               | 26 |
| 2 Materiali e Metodi                                 | 27 |
| 2.1 Preparazione di Campioni                         | 27 |
| 2.2 Diffrazione a raggi X (XRD)                      | 29 |
| 2.3 Fluorescenza a Raggi X (XRF)                     | 33 |
| 2.3.1 Preparazione del Campione                      | 34 |
| 2.3.2 Loss on Ignition                               | 34 |
| 2.4 Thermal Ionization Mass Spectrometry (TIMS)      | 35 |
| 2.4.1 Preparazione dei campioni                      | 37 |
| 2.5 Spettrometria all'infrarosso (FT-IR)             | 41 |
| 2.5.1 Preparazione del campione                      | 42 |
| 2.6 Microscopio elettronico a scansione (SEM-EDS)    | 43 |
| 2.6.1 Preparazione dei campioni                      | 44 |
| 3 Presentazione Dati                                 | 45 |
| 3.1 Stratigrafia                                     | 45 |
| 3.2 Petrografia                                      | 47 |
| 3.3 Chimica dei minerali                             | 50 |
| 3.4 Geochimica                                       | 55 |
| 3.5 Volumi   | 67 |
| 4 Discussione  | 71 |
| 4.1 Aspetti geochimici                               | 73 |
| 4.1.1 Processo di cristallizzazione frazionata       | 76 |
| 5 Conclusioni  | 86 |
| 6 Appendice  | 89 |

|     |                         |     |
|-----|-------------------------|-----|
| 6.1 | Norma CIPW -----        | 89  |
| 6.2 | Analisi Taurano -----   | 91  |
| 6.3 | Dati grafici -----      | 93  |
| 6.4 | Dati Campi Flegrei----- | 98  |
| 6.5 | Campioni studiati ----- | 107 |
| 6.6 | XLFRAC dati-----        | 108 |
|     | Ringraziamenti -----    | 110 |
|     | Bibliografia -----      | 111 |

## Riassunto

Il Somma-Vesuvio è uno stratovulcano situato al margine meridionale della Piana Campana. Nonostante, esso sia uno dei vulcani più studiati al mondo vi sono ancora diverse problematiche rimaste aperte riguardanti la data d'inizio dell'attività, la genesi dei magmi e l'evoluzione della camera magmatica. Alcuni autori, considerano l'inizio dell'attività del Somma-Vesuvio intorno a 22ka con l'eruzione di Pomici di Base, mentre altri autori la fanno risalire a circa 25ka con l'eruzione di Codola. Allo stato attuale, l'attribuzione dell'eruzione Codola a una sorgente Campana specifica è ancora dibattuta.

I prodotti dell'attività più antica del Somma-Vesuvio sono saturi o leggermente sotto saturi in silice in silice (K-trachite a k-latite), mentre i prodotti dell'attività più recente mostrano una forte sottosaturazione in silice (fonolite-fono-tephrite tephrite). Dai dati che sono stati studiati fino ad oggi, il sistema vulcanico vesuviano è caratterizzato dalla presenza costante di serbatoi magmatici, la cui profondità varia nel tempo, alimentati da masse discrete di magma mafico di provenienza profonda. Quello che finora si è osservato è che all'aumentare del volume e dell'età le camere magmatiche vesuviane potrebbero evolvere cambiando forma e tipo di stratificazione composizionale partendo da uno stadio iniziale, con camere ad alto rapporto d'aspetto, fino ad uno stadio finale, aventi camere a rapporto d'aspetto medio-basso, a "due falde, separate da un sottile *"boundary layer"*. Lo scopo di questo lavoro di tesi è quello di fornire un contributo alla conoscenza dell'eruzione di Codola e dell'evoluzione della camera magmatica. Con lo scopo di proseguire queste finalità ci siamo posti l'obbiettivo di raccogliere ed elaborare i dati dell'eruzione di Codola, inserendoli nel quadro più generale dell'evoluzione magmatologica delle camere pliniane e sub pliniane del Somma - Vesuvio. I campioni analizzati sono stati prelevati dalla sezione stratigrafica localizzata nell'area di Castel S. Giorgio; le analisi effettuate consistono nella separazione e polverizzazione delle pomici e delle scorie per le analisi per fluorescenza a raggi X (XRF), diffrattometria a raggi x(XRD) e

Inductively Coupled Plasma mass Spectrometry (ICP-MS); Separazione dei cristalli per le Melt inclusion (MI); Preparazione campioni per l'analisi dello Sr e del Nd per il Thermal Ionization Mass Spectrometry (TIMS); infine, i calsti pomicei e scoriacei di interesse sono stati inglobati per la realizzazione di sezioni sottili adatte per analisi alla microsonda elettronica (SEM). I dati geochimici e isotopici ottenuti dai campioni prelevati e dai dati di letteratura indicano una probabile origine vesuviana. Si è tentato di stimare il volume dell'eruzione e l'altezza della colonna per definirne lo stile eruttivo. Dai nostri dati risulta un volume stimato compreso fra 0.20 e 0.70 km<sup>3</sup>; e un'altezza stimata compresa fra 21 e 24 km e con una portata compresa tra 10<sup>7</sup> e 10<sup>8</sup> kg/s. Questi dati suggeriscono che Codola sia una sub-pliniana con colonna oscillante in un regime transizionale, simile all'eruzione trachitica delle Pomici Verdoline (≈19ka). I nostri dati, inoltre, hanno messo in evidenza che i magmi emessi dall'eruzione di Codola siano il risultato della cristallizzazione frazionata di un magma latitico (Taurano).

## Introduzione

Con un elevato rischio vulcanico dovuto alla sua passata attività in un'area densamente popolata, il Somma – Vesuvio è uno dei vulcani più studiati al mondo. La sua storia eruttiva è caratterizzata da un'alternanza di attività effusiva ed esplosiva, verificatasi negli ultimi 25 ka. Dal 1944 è in uno stato di quiescenza, ed attualmente è caratterizzato solo da una diffusa attività fumarolica sulle pendici e nel cratere (Chiodini et al., 2001) e da una moderata attività micro-sismica (De Natale et al., 2006). Il Somma - Vesuvio è ancora considerato uno dei vulcani più pericolosi al mondo, in quanto la sua storia vulcanica ci suggerisce che più lungo è il periodo di riposo, più violenta è l'attività eruttiva (Santacroce et al., 1994).

Lo scopo principale del presente lavoro di tesi è quello di fornire un contributo significativo alle indagini vulcanologiche del sistema magmatico vesuviano ancora messo in discussione, nonostante gli innumerevoli studi (Santacroce, 1987; Civetta e Santacroce, 1992; Rolandi et al., 1993, 1998; Santacroce et al., 1993; Civetta et al., 1991; Marianelli et al., 1995, 1999; Cioni et al., 1995, 1998; Peccerillo, 2001, 2005; Somma et al., 2001; Andronico e Cioni, 2002) effettuati sulla ricostruzione della sua storia vulcanica e magmatica. Attualmente, le problematiche principali sono associate: i) all'origine intraplacca versus subduzionale del magmatismo potassico; ii) al ruolo relativo della composizione della sorgente e dei processi a bassa pressione nella determinazione delle caratteristiche geochimiche dei prodotti vulcanici e iii) allo stato attuale del sistema magmatico di cui ancora non si ha certezza se sia costituito o meno da un sistema di alimentazione simile a una complessa "colonna" formata da piccole camere magmatiche più o meno superficiali.

Nel corso degli ultimi 22.000 anni e sulla base dei dati che sono stati studiati, il sistema vulcanico vesuviano sembra sia stato caratterizzato dalla presenza costante di serbatoi magmatici, la cui profondità varia nel tempo, alimentati da masse discrete di magma mafico di provenienza profonda. Quello che finora si è osservato, è che all'aumentare del volume e dell'età, le camere magmatiche vesuviane potrebbero

evolvere cambiando forma e tipo di stratificazione composizionale : i) stadio iniziale, camere ad alto rapporto d'aspetto contenenti fusi mafici omogenei ( $T^{\circ}\text{C}\sim 1100$ ), arricchiti in cristalli verso il basso e verso le pareti; ii) stadio giovanile, camere a rapporto d'aspetto medio-alto contenenti liquidi magmatici che mostrano una variazione continua di composizione da intermedia ( $T^{\circ}\text{C}\sim 1100-1050$ ), a evoluta ( $T^{\circ}\text{C}\sim 850-900$ ); iii) stadio finale, camere a rapporto d'aspetto medio-basso, a "due falde", con un gradiente composizionale molto marcato che separa la porzione inferiore, convettiva, contenente magma più primitivo e più caldo ( $T^{\circ}\text{C}\sim 1100-1050$ ), da quella superiore, con magma stratificato staticamente, evoluto, più freddo ( $T^{\circ}\text{C}\sim 800-900$ ).

La tesi si è focalizzata principalmente sullo studio geochimico e isotopico dei prodotti dell'eruzione di Codola.

Parte del lavoro di tesi è stato svolto attraverso un training di circa un mese presso i laboratori dell'Osservatorio Vesuviano (OV), sezione di Napoli dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. L'obiettivo del training è stato duplice:

- 1) acquisire le informazioni necessarie sulle tecniche di preparazione e analisi di campioni da eruzioni esplosive mediante: i) diffrattometria a raggi X su polveri (XRPD), ii) spettrometria all'infrarosso (FT-IR), iii) spettrometria di massa (TIMS).
- 2) caratterizzare da un punto di vista minero-petrologico i diversi campioni prelevati lungo la sequenza affiorante a Castel S. Giorgio (SA) attribuita all'eruzione di Codola

Il training ha permesso di acquisire tecniche di:

- Setacciatura e Polverizzazione di materiale vescicolato e minerale.
- Separazione dei cristalli mediante hand-picking al microscopio binoculare.
- Analisi con XRPD
- Solubilizzazione dei campioni in acidi forti (chimica-fine) per la separazione dello Sr e del Nd da analizzarsi via TIMS
- Preparazione delle *melt inclusion* in cristalli e analisi via FT-IR



Successivamente il lavoro di tesi è stato effettuato e ultimato presso il dipartimento di Scienze della terra di Pisa, svolgendo analisi di microsonda elettronica (SEM) e elaborazione dei dati.

## 1 Inquadramento geologico dell'Appennino Meridionale

L'Appennino meridionale è un segmento del sistema orogenico circum-Mediterraneo, compreso tra l'Appennino centrale e l'Arco Calabro (fig. 1), la cui evoluzione tardo-miocenica e pliocenica si colloca in un contesto di tettonica post-collisionale, legato alla complessa interazione tra la zolla africana, la zolla europea e le altre microzolle interposte (Roure et al., 1991; Guerrera et al., 1993).

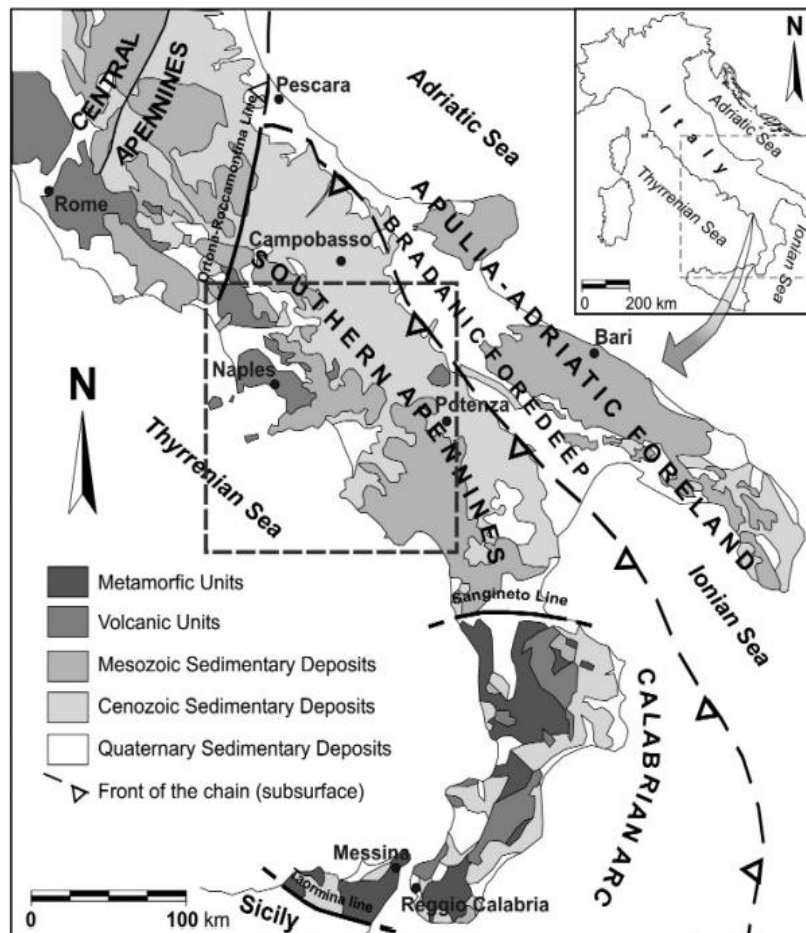


Figura 1: Carta geologica dell'Italia centro-meridionale ed ubicazione dell'area studiata. (Bonardi et al., 2009)

L'attuale assetto strutturale dell'Appennino meridionale è il risultato di eventi, compressivi, distensivi e trascorrenti, connessi alla subduzione e al successivo

arretramento flessurale della microplacca apulo-adriatica, a cui si accompagna, sul bordo interno della catena, a partire dal Tortoniano, l'estensione connessa all'apertura del bacino di retroarco tirrenico (Patacca et al., 1990; Bonardi et al., 2009). La propagazione spazio-temporale dell'onda di compressione-estensione, iniziata a partire dai domini interni nel Miocene inferiore-medio, è proseguita fino al raggiungimento dell'attuale configurazione, che mostra la catena appenninica e l'avanfossa limitate dall'area tirrenica in distensione ad occidente e dall'avampaese apulo-adriatico poco deformato ad oriente. La struttura attuale dell'Appennino meridionale viene interpretato (Lentini et al., 1990; Patacca e Scandone 2007), come un complesso sistema di tipo *duplex*, in cui un complesso di "*thrust-sheets*" (falde di sovrascorrimento) carbonatici, derivanti dalla deformazione dell'avampaese apulo è sepolto al di sotto di una serie di coltri di provenienza interna, come evidenziato dai profili sismici e dai risultati delle perforazioni realizzate per la ricerca petrolifera (Butler et al., 2004).

A partire dal Pliocene superiore e nel corso del Pleistocene inferiore il margine tirrenico dell'Appennino meridionale era dominato da un regime estensionale che ha prodotto ampi rigetti verticali lungo le faglie orientate N-S e NO-SE ("sistema appenninico") (Caiazza et al., 2006; Cinque et al., 2000). A partire dal Pleistocene inferiore e fino al Pleistocene medio, un ulteriore sistema di faglie orientate NE-SO ("sistema anti-appenninico") disseca il margine tirrenico e origina le strutture a *horst* e *graben* che lo caratterizzano (Caiazza et al., 2006), causando anche alcune dislocazioni con cinematica obliqua sinistra (Ortolani & Pagliuca, 1988). Questi eventi tettonici costituiscono i principali fattori responsabili della definizione morfostrutturale della Piana Campana.

## 1.1 Inquadramento geologico della Piana Campana

La Piana Campana è una depressione strutturale che borda il margine occidentale dell'Appennino Meridionale. Essa è delimitata, da NO a SE, dalle dorsali carbonatiche meso-cenozoiche del Monte Massico, Monte Maggiore, Monti di Caserta, Monti di Nola, Monti di Sarno e dei Monti Lattari, che evidenziano una struttura a blocchi monoclinali, dislocati e ruotati dagli eventi tettonici del Miocene e del Plio-pleistocene, posizionati al di sotto degli edifici vulcanici. Queste strutture a blocchi monoclinali sono legate a due eventi deformativi, con direzioni di estensione diverse, uno con orientazione NO-SE (il più antico) e uno con orientazione NE-SO (Brancaccio et al., 1991). L'evento deformativo con direzione di estensione NO-SE provoca la creazione di faglie normali NE-SO, con cinematica obliqua sinistra, e la riattivazione di faglie ad orientazione E-O ancora con cinematica obliqua sinistra (Cinque et al., 2000). In risposta a questo evento deformativo si forma il graben peritirrenico della Piana Campana, che è interessato da subsidenza tettonica a partire dal Pleistocene Inferiore. Tale subsidenza raggiunge entità che oscillano dai  $\approx 3000\text{m}$  nella sua parte settentrionale (Piana del Volturno) ai  $\approx 1500\text{m}$  in quella meridionale (Piana del Sarno).

La subsidenza è accompagnata, inoltre, da una attività vulcanica alimentata da magmi inizialmente di tipo calc-alcinalo (vulcani profondamente sepolti sotto la piana) e poi di tipo k-alcinalo (Campi Flegrei, Somma-Vesuvio, vulcani delle isole di Nisida, Procida, Vivara ed Ischia; Brocchini et al., 2001).

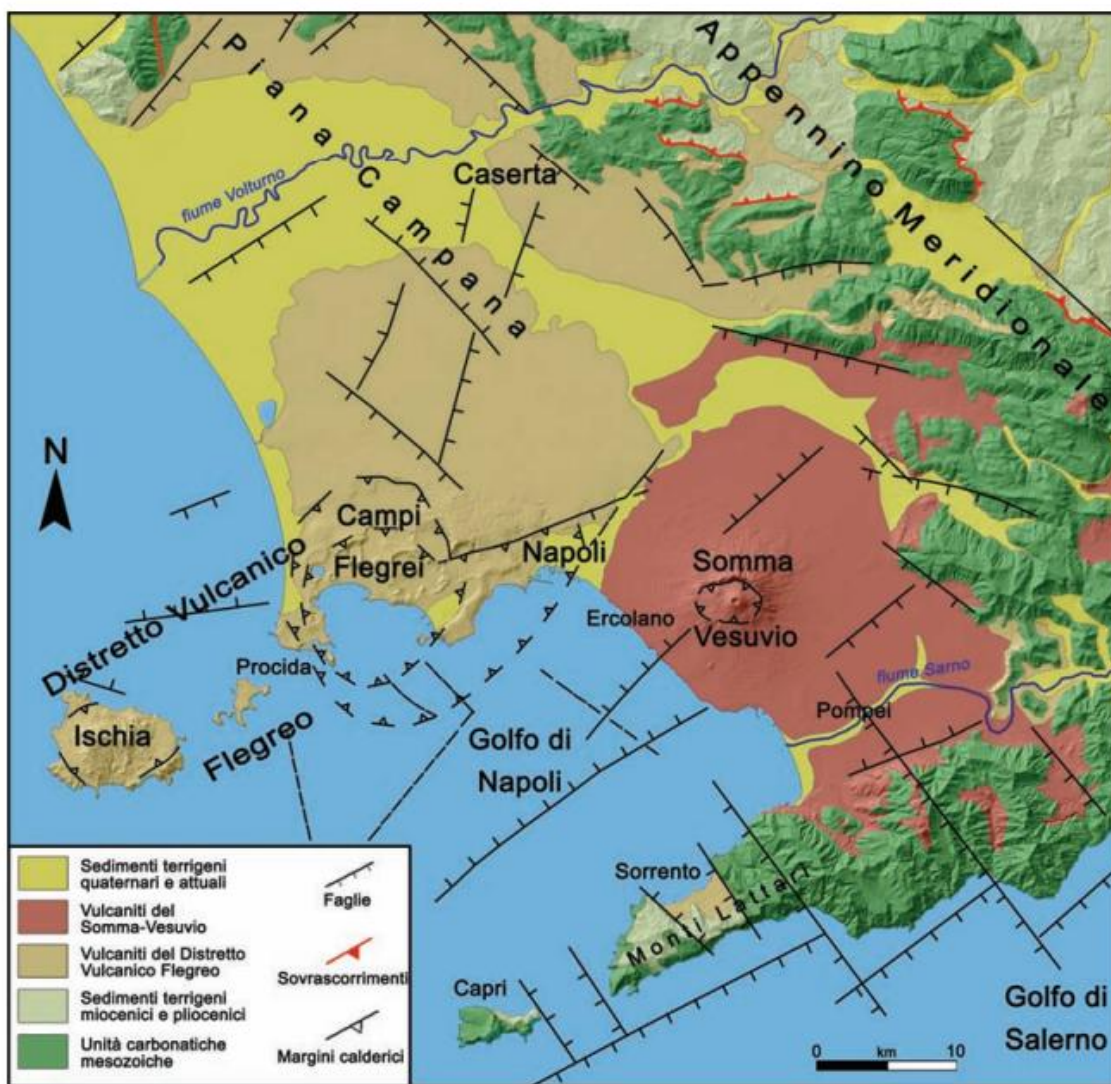


Figura 2: Carta geologico-strutturale della Piana Campana (Orsi e Zollo 2001)

## 1.2 Provincia Co-Magmatica-Romana

I prodotti vulcanici rinvenuti nella Piana Campana sono stati associati sulla base del grado di saturazione in  $\text{SiO}_2$  e sull'abbondanza del potassio delle rocce, alla Provincia Co-magmatica Romana; la quale viene suddivisa in due serie: *K-S*, serie potassica e *HK-S*, serie alta in potassio (Ayuso et al., 1998; Paone et al., 2001 e Peccerillo 2002):

- La prima comprende rocce al limite della saturazione che da k-basalti passano a trachibasalti, latiti e arrivano a trachiti;
- La seconda comprende rocce che mostrano invece gradi di sottosaturazione sempre marcati con termini da leucititi a fonoliti a leuciti.

Il magmatismo dell'area Campana è legato tettonicamente al processo di apertura del mar Tirreno. Lo stiramento e l'assottigliamento della zona in distensione hanno provocato nella crosta una serie di fratture che si sono via via approfondite e che hanno favorito la risalita del magma dal mantello astenosferico (Ayuso et al., 1998). Sulla genesi di questi magmi sono state proposte varie ipotesi: l'origine da una crosta profonda (Marinelli, 1967; Capaldi et al., 1972), l'interazione tra mantello superiore e crosta (Turi & Taylor, 1976; Vollmer, 1977), la fusione di un mantello arricchito in LILE (elementi liofili a largo raggio ionico) (Cox et al., 1976; Carter et al., 1978; Vollmer & Hawkesworth, 1980) e l'interazione con la crosta durante i processi di frazionamento (Taylor et al., 1979; Vollmer & Hawkesworth, 1980). Ciononostante, sulla genesi dei magmi mafici dei vulcani campani si è generalmente d'accordo nel considerarli come il prodotto di differenti gradi di fusione parziale delle rocce del mantello caratterizzate da una variabile composizione mineralogica e un arricchimento anomalo in potassio, negli elementi incompatibili e negli isotopi radiogenici (Beccaluva et al., 1991 e Peccerillo 2005).

## 1.3 Somma-Vesuvio

### 1.3.1 Introduzione

Il Somma - Vesuvio (1279m s.l.m.), situato nel settore meridionale della Piana Campana a  $\sim 40^{\circ}49'17''\text{N}$  and  $14^{\circ}25'33''\text{E}$ , è uno stratovulcano caratterizzato da un cono più vecchio ripetutamente collassato, il Somma, e un cono più giovane formatosi all'interno, il Vesuvio(Fig.3).



Figura 3:Somma-Vesuvio (<http://www.thedayafterjournal.com/2015/05/terremoto-sotto-il-vesuvio-scossa-di-24.html>)

La caldera del Monte Somma ha una forma quasi ellittica con un asse maggiore con direzione E-O di circa 5 km, ed è il risultato di numerosi collassi, ognuno dei quali generato durante un'eruzione pliniana (Cioni et al.,1999). Il suo bordo settentrionale è ben visibile ed è rappresentato da una parete sub-verticale di altezza di circa 300 metri che espone una sequenza di lave e scorie, attraversata da una serie di dicchi. La parte meridionale della caldera è, invece, evidenziata da una variazione nella pendenza dei versanti, visibile a una quota di circa 600 m, ed è ricoperta da prodotti piroclastici e da lave recenti. La sequenza esposta evidenzia, come, l'attività più



antica fosse dominata da effusioni laviche ed eventi esplosivi di bassa energia (Santacroce, 1987; Cioni et al.,1999) e da eventi minori di media - alta energia. Un sondaggio effettuato nei pressi della bocca eccentrica di Camaldoli della Torre ha rivelato la presenza di un'importante attività esplosiva nell'area vesuviana appena successive alla deposizione dell'Ignimbrite Campana, testimoniata da depositi piroclastici trachitici, caratterizzati da una fitta sequenza di livelli da centimetrici a decimetrici di cenere fine intercalati a più rari livelli pomicei (pomici bianche, ben vescicolare, < 5% di cristalli); nella parte inferiori della sequenza le pomici sono assenti e i livelli cineritici contengono lapilli accrezionali (CdT1 - Di Renzo et al., 2007). Questi depositi possono essere in qualche modo correlati con depositi di caduta di ugual composizione (trachitica) affioranti sui monti che limitano la Piana Campana ("Pomici di Schiava") e datati a 36 ka Inoltre, Di Vito et al., (2008) suggeriscono l'esistenza, tra 36 ka e 33 ka, di un'attività esplosiva da forte a moderata attribuita all'eruzione di Taurano, i cui depositi, caratterizzati da lapilli scoriacei neri a composizione fonotefritica, affiorano alle falde dell'Appennino in direzione N-NE del Vesuvio.

### **1.3.2 La Storia eruttiva del Somma – Vesuvio**

Le evidenze dell'inizio dell'attività vulcanica, risalgono al Pleistocene medio, e sono state riconosciute, attraverso un sondaggio geotermico al pozzo Trecase, dalla presenza di lave datate a circa 400ka (Brocchini et al.,2001). Tuttavia, sono pochi i dati che esistono riguardanti l'attività prima dell'eruzione dell'Ignimbrite Camapana (39ka); invece, si hanno maggiori dati a partire da 22 ka fino al presente.

Gli eventi principali, che si sono verificati nel Somma-Vesuvio, sono rappresentati da quattro eruzioni pliniane: Pomici di Base, Pomici di Mercato, Pomici di Avellino e Pomici di Pompei (79 d.C). i depositi di queste eruzioni rappresentano un chiaro "*marker*" stratigrafico che ci ha permesso di definire quattro grandi intervalli stratigrafici (Santacroce et al., 2008; fig. 4):



1. Intervallo Pomici di Base – Pomici di Mercato (B-M);
2. Intervallo Pomici di Mercato – Pomici di Avellino (M-A);
3. Intervallo Pomici di Avellino – Pomici di Pompei(A-P);
4. Intervallo Pomici di Pompei – XX (P-XX).

#### Intervallo Pomici di Base – Pomici di Mercato

L'eruzione delle *Pomici di Base* (o *Sarno*, 22ka) è la più grande e più vecchia eruzione “*caldera forming*” della storia eruttiva del Vesuvio. Essa si sviluppò in tre fasi: i) una fase di apertura in cui si ha la deposizione di cenere e pomici; ii) una fase intermedia, quella di pliniana vera e propria, dominata da depositi di caduta e flussi piroclastici con asse di dispersione E-NE e volumi emessi di  $\approx 4.4 \text{ km}^3$ ; iii) una fase freatomagmatica caratterizzata da depositi di surge e di flusso che ha preceduto il crollo della caldera (Bertagnini et al., 1998 e Santacroce et al., 2008). Dopo quest'eruzione, si verificò una fase effusiva con l'emissione di lave e scorie k-latitiche da bocche eccentriche localizzate a nord e a sud del vulcano. Iniziò successivamente una fase di quiescenza interrotta intorno ai 19ka dall'eruzione sub-pliniana delle *Pomici Verdoline* (o *Greenish*, Andronico et al., 1995). Quest'eruzione è caratterizzata da quattro fasi (Cioni et al., 2003): i) una fase d'apertura di bassa intensità; ii) una fase principale sub-pliniana, che ha sviluppato una colonna eruttiva semi-stazionaria di 17-20 km di altezza; iii) una fase più discontinua e pulsante caratterizzata dall'alternanza di fasi sub-pliniane e vulcaniane; iv) una fase finale di tipo freatomagmatico. A quest'eruzione seguì un'altra fase di quiescenza, durante la quale si verificarono due eruzioni di bassa energia, di probabile origine vesuviana, VM1 e VM2 (Andronico et al., 1995).

## Intervallo Pomici di Mercato – Pomici di Avellino

L'eruzione delle *Pomici di Mercato* (o Ottaviano, 8ka) si può suddividere in tre fasi principali (Aulinas et al., 2008, Mele et al., 2011): i) una fase di apertura caratterizzata dall'alternanza di fasi freatomagmatiche e magmatiche; ii) una fase intermedia, dominata da prodotti di caduta e flusso con asse di dispersione verso NE; iii) una fase finale di tipo freatomagmatica. Infine, è stato osservato che nel corso di quest'eruzione sono stati emessi notevoli quantità di cenere, attribuiti essenzialmente alla fragilità delle pomici fonolitiche. I depositi di Mercato sono peculiari rispetto alle altre eruzioni pliniane del Vesuvio, in quanto non vi è una marcata stratificazione composizionale, i depositi, infatti, mostrano una composizione trachitica molto poco variabile. Un'altra caratteristica di questa eruzione è data dal fatto che sembra essere stata lunga e pulsante, Mele et al. (2011) suggeriscono che questo comportamento sia il risultato della ascesa di masse magmatiche dalla camera magmatica alla superficie attraverso un "reticolo di fratture", resa intermittente dal ripetuto aprirsi e richiudersi delle fratture controllato dai rapporti tra stress locale e sovrappressione della camera magmatica. Dopo quest'eruzione il Vesuvio entrò in un lungo periodo di riposo interrotto dall'eruzione di Avellino.

## Intervallo Pomici di Avellino – Pomici di Pompei

I depositi piroclastici dell'eruzione di *Avellino* hanno un volume che può essere considerato abbastanza vicino a quello dei depositi dell'eruzione di Mercato, intorno a 2-2,5 km<sup>3</sup> DRE con un asse di dispersione E-NE. La sequenza eruttiva fu simile a quella delle altre Pliniane del Vesuvio, riconducibile a tre fasi: i) una fase di apertura caratterizzata da una colonna sostenuta (13 – 21 km di altezza) e disperdendo sottili livelli di caduta e piccoli flussi piroclastici; ii) una fase di pliniana, nel corso della quale furono emessi la maggior parte dei prodotti, caratterizzati da un brusco cambio

di colore tra base bianca fonolitica (EU2) e tetto grigio tefri-fonolitico (EU3); iii) fase finale freatomagmatica all'interno delle quali sono state individuate cinque Unità Eruttive (Sulpizio et al., 2010). Durante la fase pliniana furono raggiunte altezze massime di 23 e 31 km per l'emissione delle pomici bianche e grigie rispettivamente, con l'azimut dell'asse di dispersione delle seconde ruotato in senso antiorario di una quindicina di gradi. Si verificò un collasso calderico che allargò la depressione già esistente, formatasi dopo l'eruzione delle Pomici di Base e modificata nel corso delle fasi finali dell'eruzione di Mercato, che marcò la transizione dalla fase pliniana a quella freatomagmatica. Nel corso della fase freatomagmatica una bassa colonna pulsante generò prevalentemente flussi piroclastici più o meno densi ed energetici i cui depositi formarono un grande cono di tufo che coprì il bordo occidentale della caldera. Dopo l'eruzione di Avellino, seguirono poi sei distinte eruzioni (AP1, AP2, AP3, AP4, AP5 E AP6) i cui depositi piroclastici, in qualche caso, si ritrovarono fino a 20km dalla bocca. Tali depositi sono riconducibili a due tipi diversi di eruzione: subpliniane deboli e stromboliane violente. I primi (AP1 e AP2) sono rappresentati da livelli di pomici e scorie di caduta alternati a tufi cineritici fini, vescicolari e ricchi in lapilli accrezionali; i secondi (AP3, AP4, AP5 E AP6) costituiscono complesse sequenze deposizionali, da massive a sottilmente stratificate, di livelli scoriacei di caduta e livelli di cenere fine. La composizione del materiale emesso mostra sensibili cambiamenti da un'eruzione all'altra, un fatto che viene messo in relazione alla migrazione della posizione della bocca e alla profondità della camera magmatica (Andronico e Cioni 2002). Seguì una stasi nell'attività del vulcano, di almeno tre secoli, che precedette l'eruzione pliniana delle Pomici di Pompei (o 79 d.C.)

#### Intervallo Pomici di Pompei – XX

L'eruzione del 79 d.C si sviluppò in tre fasi: i) una fase di apertura esplosiva con caratteristiche freatomagmatiche abbastanza marcate; ii) una fase pliniana in senso stretto, con formazione e mantenimento prolungato nel tempo di un'alta colonna

sostenuta, dalla quale imponenti quantità di pomice, prima bianche fonolitiche, e poi grigie tefri-fonolitiche, ricaddero sottovento; iii) una fase finale caratterizzata dal collasso calderico. Nella successione stratigrafica dei depositi piroclastici sono distinguibili otto diverse "unità eruttive" (da EU1 a EU8 verso l'alto, Cioni et al. 1992,1999), rappresentative della variabilità dei diversi eventi che si sono succeduti nel corso dell'eruzione. Dopo quest'eruzione, seguì un lungo periodo di quiescenza che fu interrotto dall'eruzione sub-pliniana del 472 AD (o *Pollena*, Rosi e Santacroce, 1983). L'eruzione ha un comportamento pulsante con l'alternanza di depositi piroclastici e flussi piroclastici più densi (*PDC - pyroclastic density current*). I prodotti presentano una variazione composizionale quasi continua dalla base leucitit-fonolitica al tetto leucitit-tefrifonolitico. Un'altra eruzione sub-pliniana, più debole di quella del 472 AD, avvenne nel 512 AD, caratterizzata dall'emissione di magmi con composizione molto simile a quella degli ultimi prodotti del 472 AD. L'eruzione del 512 AD fu probabilmente seguita da un lungo periodo di attività semipersistente del cono vulcanico interno alla caldera, con effusioni laviche frequenti e sporadiche eruzioni più violente. Seguì un'altra eruzione, quella del 1631 AD a carattere sub-pliniano caratterizzato da attività semipersistente, sporadicamente interrotta da eruzioni effusive o miste, di intensità variabile, e da brevi periodi di assenza. Dopo queste eruzioni, il vulcano rimase attivo fino al 1944 producendo un gran numero di piccole eruzioni inter-pliniane con un tempo massimo di riposo tra loro di non più di 40 anni. Questi eventi hanno prodotto principalmente colate di lave. (Rolandi et al., 1993, Santacroce et al. 2008).

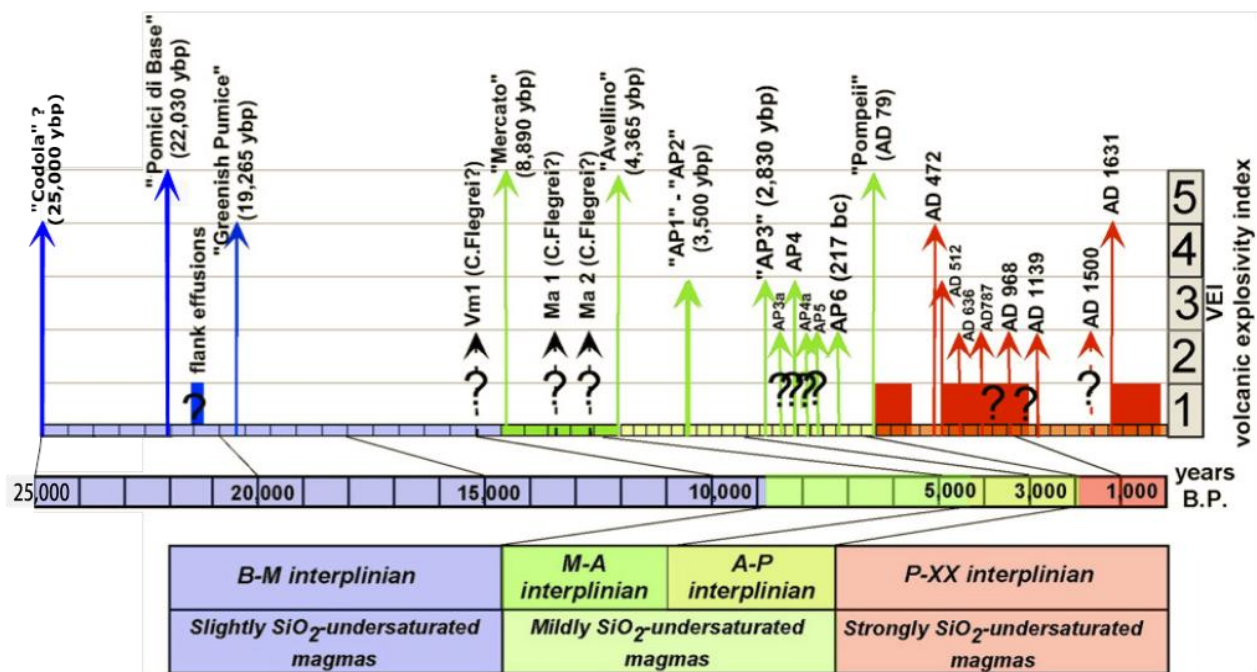


Figura 4: Cronogramma dell'attività del Somma – Vesuvio. Santacroce et al., 2008 (modificata). B-M: intervallo di tempo tra Pomici di Base e Mercato; M-A: Mercato – Avellino; A-P: Avellino – Pompei e P-XX: Pompei – 1944.

### 1.3.3 Geochimica e Petrografia

Le rocce vulcaniche del Somma-Vesuvio vanno da scarsamente (lave) a fortemente (scorie e pomici) vescicolate e da afiriche (per lo più nelle eruzioni pliniane) a fortemente porfiriche ( fino al 50% nell'eruzione del 472 AD e nei prodotti più giovani del 1631 AD; De Vivo et al., 2010). Tutte le rocce mostrano un ampio range composizionale e per questo motivo è stato possibile suddividerle in tre principali serie, ben riconoscibili nella classificazione TAS (Fig.5).

- 1) Rocce fortemente sottosatura in SiO<sub>2</sub>: comprendono tutti i prodotti emessi dopo l'eruzione del 79 d.C., e sono caratterizzate da rocce con composizione leucitit-tefritica, leucititica, fonotefritica, tefrifonolitica e fonolitica (Fig 4-5).
- 2) Rocce con un grado intermedio di saturazione in SiO<sub>2</sub>: comprende tutti i prodotti emessi dall'eruzione di Mercato (8 ka) all'eruzione di Pompei

(79d.C). Esso comprende rocce fonotefritiche, tefrifonolitiche e fonolitiche (Fig 4-5).

- 3) Rocce leggermente sottosature in  $\text{SiO}_2$  (fino a sature): in questo gruppo ricadono tutti i prodotti precedenti all'eruzione di Mercato, inoltre, in questa serie facciamo ricadere anche altre eruzioni verificatesi tra il 22 e 33 ka, da fonte incerta: l'eruzione di Codola, Schiava e Taurano. Essa comprende rocce con composizione tra trachibasaltica a trachitica (Fig 4-5).

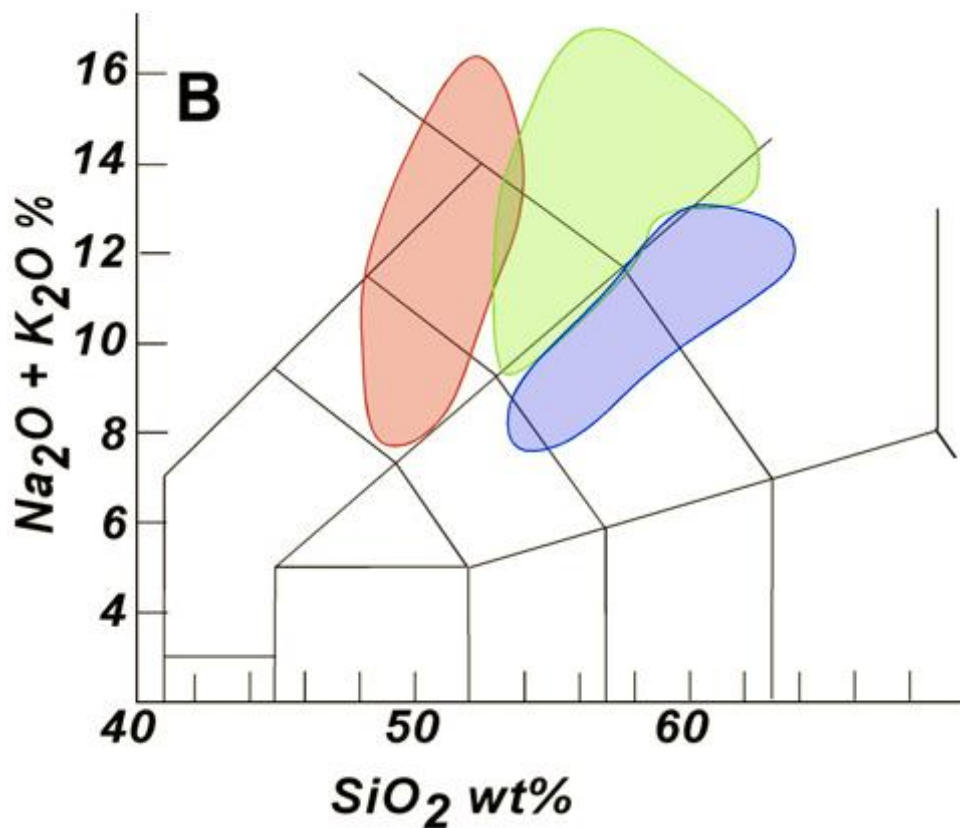


Figura 5:Variazione delle rocce del Somma-Vesuvio riportate sul TAS. (Santacroce et al., 2008). Il campo rosso rappresenta le rocce fortemente sottosature in  $\text{SiO}_2$ ; il campo verde rappresenta le rocce mediamente sottosature in  $\text{SiO}_2$ ; il campo blu indica le rocce leggermente sottosature in  $\text{SiO}_2$ ;

Le rocce vulcaniche prodotte vanno, dunque, da shoshonitiche a ultrapotassiche con variazione della silice con il tempo (Peccerillo 2005) e quelle appartenenti alle serie più vecchie (rocce leggermente sottosature in  $\text{SiO}_2$ ) mostrano una

tessitura con scarsa porfiricità e con diminuzione dei fenocristalli dalle rocce mafiche a quelle felsiche.

È stato realizzato un database per gli elementi maggiori, in traccia e per la composizione isotopica dei prodotti del Somma - Vesuvio (Ayuso et al., 1998; Paone, 2005, 2006; Piochi et al., 2006b; Somma et al., 2001; Di Vito et al., 2008, Santacroce et al., 2008) in cui si può osservare una diminuzione del contenuto degli elementi maggiori come  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  Tot, CaO,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{TiO}_2$  ossidi di Fe e Ti. La distribuzione degli elementi in traccia nei prodotti meno evoluti ( $\text{MgO} > 3\text{wt}\%$ ), è caratterizzato da alti *LILE* (*Large ion lithophile elements* Rb, Ba, Th, K) e bassi *HFSE* (*high field strength elements*, Zr, Nb, Piochi et al.; 2006; Fig 6a, b). Una sorgente eterogenea è stata quindi proposta per spiegare il grado saturazione variabile delle rocce e, in particolare, per l'evoluzione dei differenti trend (Piochi et al. 2006). Altri autori (Pappalardo et al. 2004; Piochi et al. 2006a) hanno anche ipotizzato che i processi di contaminazione crustali hanno contribuito all'arricchimento in k e in altri elementi in traccia. Entrambe le ipotesi (Ayuso et al. 1998; Piochi et al. 2006; Pappalardo et al 2004;. Paone 2005) sono supportate da significative variazioni isotopiche, infatti i valori isotopici dello  $^{87}\text{Sr} / ^{86}\text{Sr}$  variano tra 0,706 e 0,708 (Ayuso et al., 1998; Piochi et al. 2006 e De Vivo et al. 2010) e valori isotopici del  $^{143}\text{Nd} / ^{144}\text{Nd}$  variano fra 0,5122 e 0,5126 (Fig 6c).

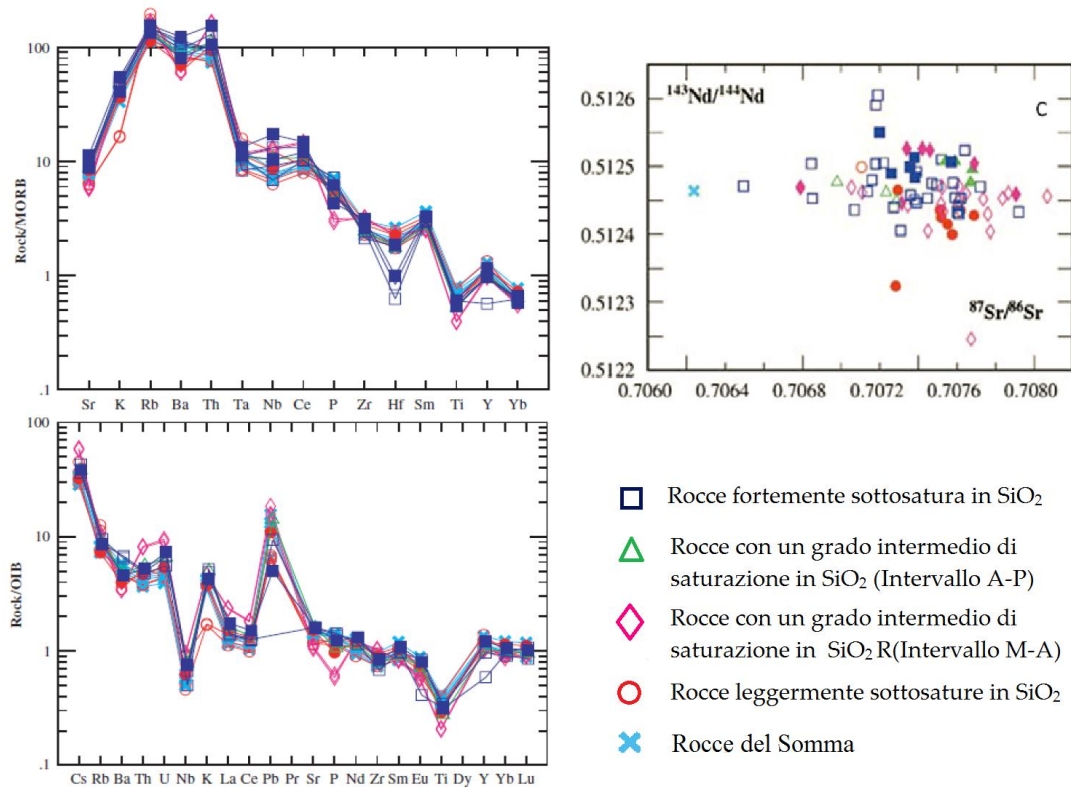


Figura 6: Le Figure a e b mostrano gli spider diagrams per le rocce del Somma-Vesuvio aventi  $\text{MgO} > 3\text{wt}\%$ . La figura c mostra il diagramma isotopico  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  vs  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ . I simboli chiusi indicano le rocce delle eruzioni pliniane e sub-pliniane e simboli aperti indicano le rocce dei periodi interpliniani (Piochi et al., 2006)

I valori isotopici dello  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  variano sistematicamente lungo le sequenze stratigrafiche degli eventi pliniani-subpliniani: per gli eventi pliniani abbiamo una camera zonata (ad esempio, l'eruzione di Pomice di Base, d'Avellino e del 79 dC), i due magmi mostrano diversi valori isotopici, il che rende possibile ipotizzare il verificarsi di due diversi magmi che stazionano e differenziano all'interno della stessa camera magmatica (De Vivo et al., 2010).



### 1.3.4 Sistema di alimentazione

Il sistema di alimentazione, nonostante i numerosi studi effettuati (Zollo et al., 1996, Marianelli et al., 1999, De Natale et al., 2001-2006, Piochi et al 2006) risulta ancora oggetto di studio.

Le analisi relative alle inclusioni fluide nei fenocristalli (Belkin et al., 1985; Belkin e De Vivo, 1993; Marianelli et al., 1999; Lima et al., 2003; Lima et al., 2007) indicano tre differenti profondità di cristallizzazione rispettivamente a 3.5 – 5 km, a 8 – 10 km e profondità superiore a 12 km (Fig.7).

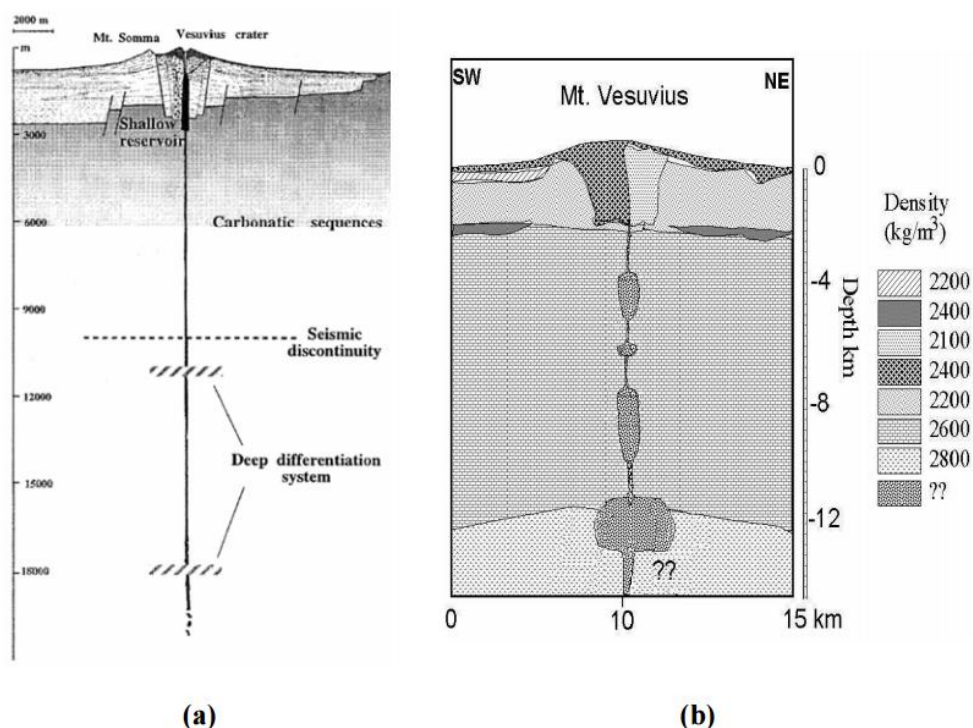


Figura 7: Sintesi dei modelli delle camere magmatiche del Somma – Vesuvio desunte dagli studi sulle inclusioni fuse e fluide di Marianelli et al. (1999) (a) e di Lima et al. (2003) (b)

Tali profondità sono in accordo con quelle desunte dai rapporti isotopici  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  e  $\delta^{18}\text{O}$  che propongono una contaminazione crostale della composizione chimica dei magmi indicante i carbonati come principali contaminatori (Pappalardo et al., 2004). Tali studi evidenziano una zona di contaminazione superficiale ad una profondità di circa 5 km con rapporti isotopici  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} > 0.7074$ , origine del vulcanismo di tipo

pliniano e sub-pliniano ed una seconda zona a profondità superiori a 10 km, isotopicamente meno contaminata con  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} < 0.7074$ , alimentante il vulcanismo interpliniano tra il 1631 ed il 1944, in condizioni di condotto aperto (Fig. 8)

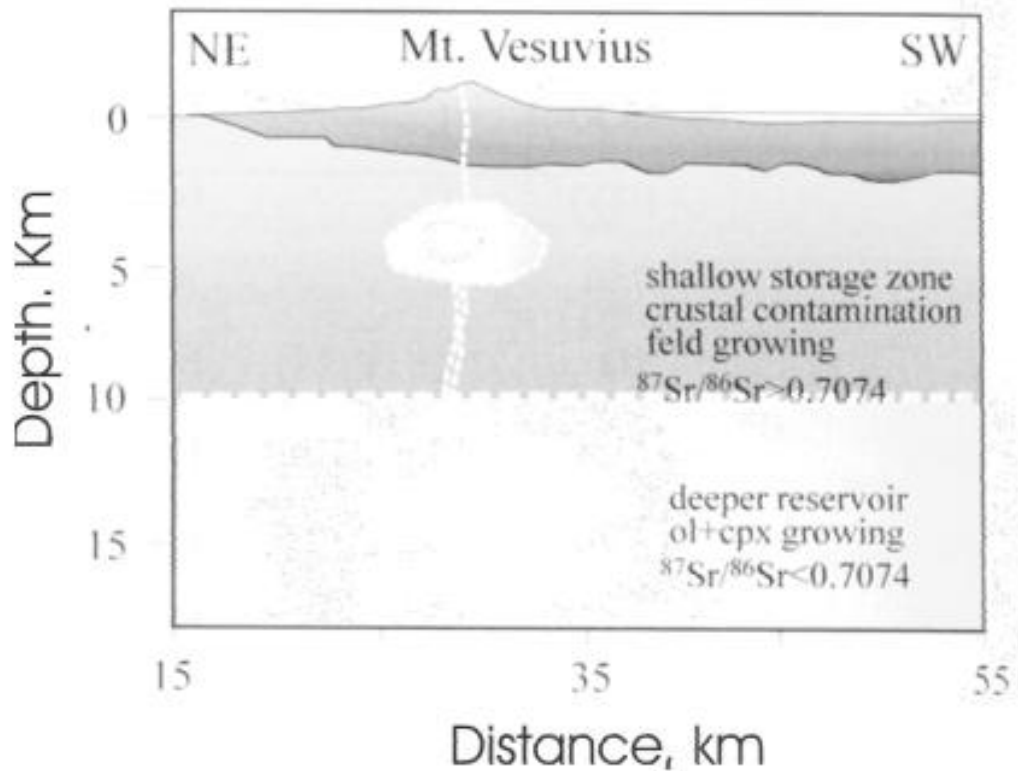


Figura 8:Modello schematico del sistema di alimentazione del Somma-Vesuvio, ricostruito su base geochimica e isotopica (L.Pappalardo et al., 2004)

Piochi et al. (2006) designano un modello più complicato di contaminazione magmatica evidenziando che la decarbonatazione non è l'unico processo invocabile dato che nessuna correlazione è stata trovata tra  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  e  $\delta^{18}\text{O}$ . Il ritrovamento infatti in vari depositi piroclastici di pomice riolitiche termometamorfosate tra gli ejecta, con rapporti isotopici  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  superiori a 0.711 e  $\delta^{18}\text{O}$  intorno al 15‰, interpretati come sedimenti pelitici parzialmente fusi durante episodi termometamorfici (De Moro et al., 2001; Fulignati et al., 2005), suggeriscono in aggiunta, una possibile contaminazione magmatica da parte di sedimenti miocenici. Piochi et al., (2006) propongono, infatti, un sistema di alimentazione per il complesso vulcanico Somma – Vesuvio costituito da tre livelli situati a profondità crescenti. Il più superficiale, localizzato a circa 5 km è rappresenta la sede delle camere magmatiche delle eruzioni

pliniane; l'intermedio tra gli 8 km ed i 12 km di profondità alimentante magmi con rapporti isotopici  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  compresi tra 0.7071 e 0.7074 e  $\delta^{18}\text{O} < 8\text{‰}$  tipici di eventi interpliniani ( e. g. 1906 ) e sub-pliniani (472, 1631); il più profondo localizzato a profondità superiori a 15 km ed originante magmi con rapporti isotopici  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  inferiori a 0.7072 e  $\delta^{18}\text{O} < 8\text{‰}$ .

#### **1.4 Eruzione di Codola**

Le attuali conoscenze sull'eruzione di Codola sono piuttosto scarse; quest'eruzione e i depositi connessi sono infatti sporadicamente citati in studi riguardanti la storia eruttiva e la geochimica del Somma-Vesuvio o in studi di tefrostratigrafia della regione Campania (Ayuso et al., 1998; Rolandi et al., 1998; Brocchini et al., 2001; Paone 2005; Di Vito et al., 2008; Giaccio et al., 2008; Santacroce et al., 2008; Sulpizio et al., 2003, 2010 e Tomlinson et al., 2014), ma fino ad oggi non è stato effettuato nessuno studio di tipo sistematico. Gli autori non sono d'accordo neanche sulla sua origine, infatti viene associata sia all'attività del Somma – Vesuvio (Santacroce et al., 1987; Rolandi et al., 1998; Di Vito et al., 2008; Giaccio et al., 2008 e Santacroce et al., 2008) che all'attività dei Campi Flegrei (Sulpizio et al., 2003).

Per la prima volta fu menzionata da Alessio et al.,(1978), che descrisse un deposito caratterizzato da un livello di pomice bianche che grada verso l'alto in un livello di pomice verdi. Successivamente fu ridescritta da Santacroce et al., (1987), come un'eruzione Pliniana, i cui depositi sono caratterizzati da uno strato basale di pomice biancastre vescicolate che grada verso l'alto in pomice grigio scuro-nero. Le analisi chimiche dei piroclasti di Codola sono presenti in diversi studi recenti (Brocchini et al., 2001; Di Vito et al., 2008; Giaccio et al., 2008 e Santacroce et al., 2008), secondo i quali la composizione dei prodotti di Codola varia da trachitica a fonolitica, per le pomice e le scorie, a tefri-fonolitica per i vetri.

## 2 Materiali e Metodi

### 2.1 Preparazione di Campioni

I campioni sono stati lavati in una vasca ad ultrasuoni per rimuovere la parte più fine; naturalmente fino a quando non si è verificata una situazione ottimale, cioè la rimozione totale della parte più fine, l'acqua in cui erano immersi i campioni è stata cambiata e i campioni sciacquati, con frequenza giornaliera; tale operazione ha richiesto non più di un giorno. Ogni campione è stato asciugato in forno a 90°C per circa 24h; successivamente con l'utilizzo di un mulino colloidale, si sono ottenute le polveri, di granulometria inferiore a 50µm, che è quella richiesta per l'esecuzione delle procedure di trattamento del campione finalizzate alle analisi chimiche.

Inoltre, dai campioni, tramite setacci, è stata separata la frazione granulometrica compresa tra 40 e 80 mesh; da questa frazione sono state separate, manualmente, utilizzando una microsonda binoculare le fasi mineralogiche. Per la fase mineralogica del clinopirosseno è stata effettuata un'ulteriore separazione sulla base della diversa colorazione dei vari cristalli presenti nei campioni; si sono distinti clinopirosseni verde chiaro e clinopirosseni verde scuro. Sulle fasi separate sono state effettuate analisi isotopiche dello stronzio e del neodimio .

Nella tabella sottostante sono riportate le analisi effettuate su ogni campione.

| Sigla campioni | Analisi  |
|----------------|--|
| C4 Int         | -XRD<br>-XRF<br>-TIMS<br>-SEM  |
| C4 Base        | -Separazione delle fasi mineralogiche<br>-XRD<br>-XRF<br>-TIMS<br>-SEM   |
| C2 Top         | -Separazione della frazione juvenile<br>sulla base della colorazione (chiaro,<br>grigio e scuro)<br>-Separazione delle fasi mineralogiche<br>-XRD<br>-XRF<br>-TIMS<br>-SEM |
| C2 Base        | XRD<br>-XRF<br>-TIMS<br>-SEM   |

Tabella 1:Analisi effettuate sul campione

## 2.2 Diffrazione a raggi X (XRD)

La diffrazione a raggi X da polveri è la tecnica più utilizzata ed efficace per l'identificazione e l'analisi quantitativa delle fasi mineralogiche, in particolare quando si studiano campioni multifase, come nel caso in esame.

Nello studio con diffrazione a raggi X da polveri cristalline, il campione da esaminare viene macinato il più finemente possibile e preparato su un apposito porta-campione.

Un preparato di polveri per diffrazione a raggi X è costituito idealmente da un elevatissimo numero di particelle cristalline orientate in maniera totalmente casuale.

Quando un fascio di raggi X monocromatici colpisce il preparato, tutti i possibili effetti di diffrazione avvengono simultaneamente e se l'orientazione dei frammenti cristallini nel preparato è veramente casuale, per ogni famiglia di piani atomici con la sua distanza interplanare ( $d$ ) caratteristica, vi saranno molte particelle la cui orientazione è tale da possedere l'angolo  $\theta$  appropriato rispetto al fascio incidente tale da soddisfare la legge di Bragg:

$$n\lambda = 2d \sin \theta$$

dove  $\lambda$  è la lunghezza d'onda caratteristica del raggio X incidente (Fig.9).

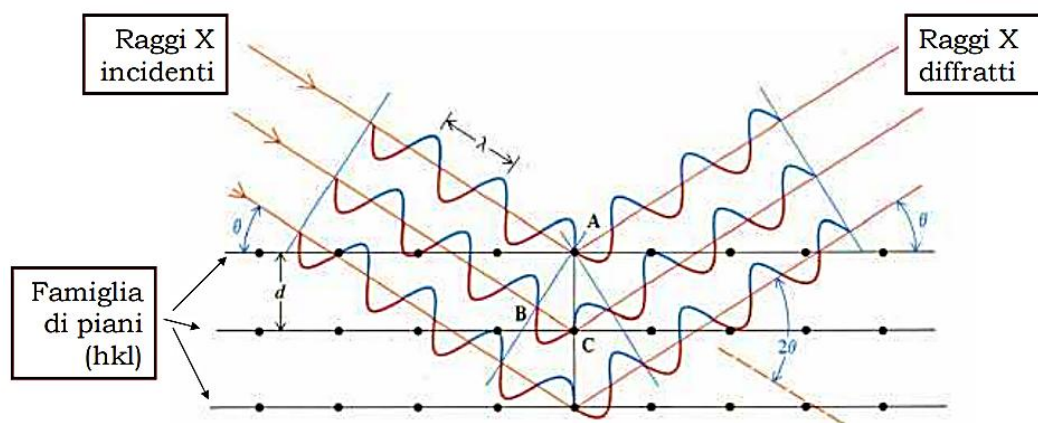


Figura 9: Legge di Bragg

I massimi di diffrazione di una determinata serie di piani formeranno coni di diffrazione aventi il fascio incidente come asse e angolo interno  $4\theta$ . Qualunque dei 38

gruppi di piani atomici produrrà una serie di coni concentrici corrispondenti a “riflessi” di primo, secondo, terzo ordine e superiore ( $n = 1, 2, 3, \dots$ ). Famiglie differenti di piani con distanze interplanari differenti soddisferanno la legge di Bragg ai valori opportuni di  $\theta$  per valori differenti di numeri interi  $n$ , originando una serie di coni nidificati di raggi X “riflessi”. Quindi la diffrazione può essere definita come una riflessione “selettiva”, in quanto si verifica solo per ben determinati angoli dei raggi X rispetto ai piani reticolari.(Klein, 2004).

Per le nostre analisi è stato utilizzato un Diffrattometro X'PERT PRO PANalytical per polveri (Fig.10) con anticatodo di Cu ( $\text{CuK}\alpha = 1.5406 \text{ \AA}$ ) ha una configurazione a geometria parafocalizzante di tipo Bragg-Brentano ed è dotato di un rivelatore di ultima generazione X' PIXEL. Il Goniometro verticale, con alloggiamento porta-campione orizzontale consta di encoder ottici posizionati direttamente sui cerchi goniometrici,

per elevare la riproducibilità di posizionamento nel tempo.

Durante l'analisi diffrattometrica, le radiazioni generate dal tubo a raggi X, refrigerato in continuo da un'unità di raffreddamento a sistema chiuso (Chilly 35), vengono collimate sul campione mediante un set di fenditure:



Figura 10: Diffrattometro X'PERT PRO PANalytical

- a) slitte di Soller (serie di lamine metalliche parallele spaziate tra loro di 0.02 rad);
- b) slitte divergenti, che regolano l'area irradiata dai raggi X incidenti;
- c) Beam mask, che controlla la divergenza laterale del fascio.

Il supporto orizzontale (sample stage), su cui è posizionato planarmente il campione polverizzato da analizzare, è fisso rispetto ai cerchi goniometrici che ruotano, per garantire la massima esposizione dei cristalliti al raggio incidente nel corso di tutta l'analisi. Tali supporti sono facilmente e rapidamente intercambiabili, e soprattutto non richiedono alcuna operazione di riallineamento, garantendo la massima accuratezza e riproducibilità del dato. Tra il supporto porta-campione ed il detector sono presenti le ottiche secondarie:

- a) slitte di Soller per la collimazione del fascio diffratto;
- b) fenditure convergenti e collimatori per focalizzare i raggi diffratti dal campione sul ricevitore;

Tra queste ultime ed il detector è posizionato il monocromatore o un filtro in nickel, entrambi utilizzati per attenuare le radiazioni  $K\beta$  prodotte dal tubo in Cu.

In particolare, il monocromatore è un cristallo singolo di grafite pirolitica, con elevata riflettanza e scarsa dispersione, montato ed orientato in modo tale da filtrare la lunghezza d'onda diffratta, rimuovere le radiazioni non coerenti, attenuarne la policromaticità ( $K\alpha$ ,  $K\beta$ ) e quindi ottimizzare il rapporto picco/fondo dello spettro di diffrazione acquisito. Il monocromatore, collocato dopo le slitte riceventi, ha anche lo scopo di attenuare le radiazioni di fluorescenza che eventualmente possono essere emesse dal campione polverizzato soprattutto se in esso sono presenti minerali di ferro. La radiazione una volta giunta sul monocromatore, è trasferita al detector. Tutti i raggi diffratti sono quindi intercettati dal rivelatore, che ruota con un angolo  $2\theta$  rispetto alla sorgente del raggio incidente ( $\theta$ ), in modo da essere sempre allineato con l'eventuale raggio diffratto. Il detector consta di una piastra formata da 250 pixel (55x55 micron), ad apertura e conseguente sensibilità regolabile, che lavorano in simultanea per l'acquisizione dell'intensità del raggio diffratto. Tale configurazione



meccanica accelera sensibilmente i tempi di acquisizione mantenendo un'ottima risoluzione del dato acquisito e un migliore rapporto picco/fondo ad alti tassi di conteggio. Le radiazioni rilevate sono trasformate in impulsi elettrici, i quali vengono poi amplificati e inviati ad un computer, che ne consente l'acquisizione e l'elaborazione grafica (diffrattogramma) (fig.11)

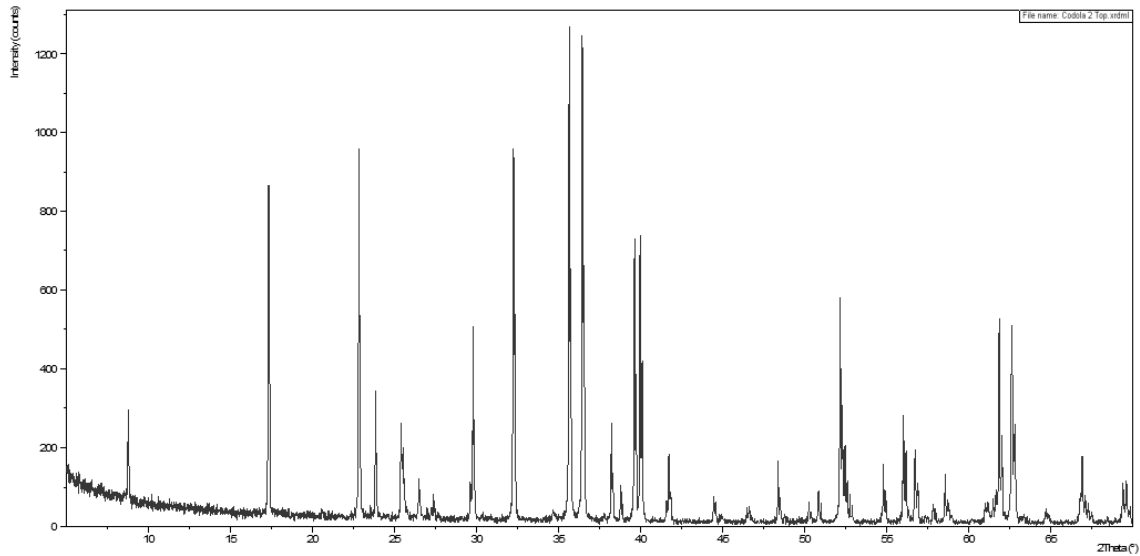


Figura 11: Diffrattogramma di un cristallo di Olivina del C2 Top

### 2.3 Fluorescenza a Raggi X (XRF)

Le analisi chimiche sui campioni sono state acquisite tramite la spettroscopia a fluorescenza a raggi x (XRF- "X-Ray Fluorescence spectroscopy" o "X-Ray Fluorescence"). L' XRF è una tecnica di analisi non distruttiva che permette di conoscere la composizione elementare di un campione attraverso lo studio della radiazione di fluorescenza X. Si usa, infatti, per la determinazione degli elementi maggiori ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ), aventi concentrazioni variabili fra 0,1wt%, fino ad alcune decine di unità percentuali, e la determinazione degli elementi minori e in tracce (Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Ba, Cr, Ni, Sc, V) aventi concentrazioni di qualche ppm.

La precisione analitica è stimata fra l'1 e il 6% per gli elementi maggiori e fra il 5 e il 10% per gli elementi in traccia (Melluso et al., 2005) Successivamente i dati acquisiti sono stati corretti per evitare l'effetto matrice (Franzini et al., 1975; Leoni e Saitta, 1976).

L'energia assorbita determina l'emissione di uno spettro di radiazione di fluorescenza X caratteristico per ciascuno degli elementi presenti nel campione. L'analisi per fluorescenza X di un campione implica l'identificazione delle varie linee spettrali e l'attribuzione delle stesse agli elementi emettitori che compongono il campione. Lo spettro X complessivo generato da un campione che contiene due o più elementi può essere molto complesso ed essere costituito da molte linee spettrali. Un tale spettro deve essere risolto nelle linee spettrali componenti, in maniera tale che sia possibile identificare gli elementi emettitori sulla base delle lunghezze d'onda di emissione caratteristiche per ciascuno elemento. La risoluzione delle righe spettrali si effettua con uno spettrometro X costituito da un cristallo detto "cristallo analizzatore" che ha la funzione di diffrangere la radiazione X di fluorescenza. L'intensità e la posizione delle righe spettrali diffratte dal cristallo sono misurate tramite un contatore di raggi X. Lo spettro ottenuto viene visualizzato su di un videoterminale, dove si procede all'identificazione dei vari elementi. Oltre all'analisi

qualitativa, questa tecnica permette di compiere anche un'analisi di tipo quantitativo. In questo caso l'intensità di ciascuna delle righe X emesse dagli elementi presenti nel campione deve essere confrontata quantitativamente con quella registrata su campioni a composizione nota (detti "standard") e costituiti dagli stessi elementi.

### **2.3.1 Preparazione del Campione**

Per essere analizzato il campione deve essere innanzitutto macinato sino ad ottenere una polvere fine: si compie una prima macinatura grossolana che sminuzza il campione fino ad ottenere un granulato di dimensione millimetrica, che viene poi inserito in un macinatore a tungsteno, in grado di produrre una polvere finissima ("taglia cipria"). Questa viene fusa per formare una pasticca circolare, che viene, infine, irraggiata, con raggi X, i quali vengono in buona parte assorbiti dal campione.

### **2.3.2 Loss on Ignition**

La perdita al fuoco o LoI (*Loss on Ignition*) è una stima della perdita di peso percentuale, rappresentata dal contenuto in elementi volatili della roccia (H<sub>2</sub>O e CO<sub>2</sub>), che si registra dopo aver sottoposto il campione, preventivamente pesato e posto incrogioli di ceramica (Fig. 3.18), ad una temperatura di 1000 °C in un forno a muffola per almeno 2 h. La perdita percentuale in peso è misurata in seguito al raffreddamento del campione in un essiccatore. Tale operazione è ripetuta fino al raggiungimento del peso costante

## 2.4 Thermal Ionization Mass Spectrometry (TIMS)

In questo lavoro sono stati analizzati i rapporti isotopici dello Sr e del Nd., tramite *il Thermal Ionization Mass Spectrometry (TIMS) Finnigan MAT Multicollector Triton TI®* (e.g., Wieser and Schwieters, 2005) presso i laboratori dell'INGV di Napoli. . Nel Triton TI®, la sorgente di ionizzazione termica viene mandata in una camera, in condizioni di vuoto ( $10^{-7}$ mbar). La camera contiene un porta campioni con 21

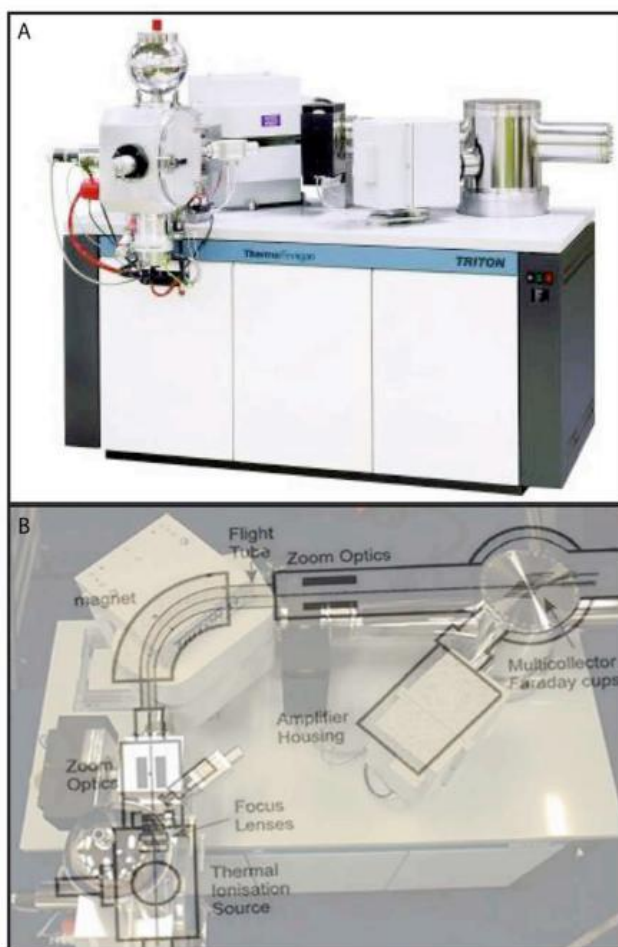


Figura 12: A) fotografia del TIMS; B) rappresentazione schematica dei componenti dello strumento

posizioni. I campioni solitamente vengono caricati su dei filamenti fatti da elementi di rifrazione, con elevate funzioni di lavoro come Re, Ta, Pt o W per atomizzare e ionizzare i campioni, nel nostro caso è stato utilizzato il Re. Anche se entrambe le funzioni possono essere svolte da un singolo filamento, la maggior parte degli strumenti utilizza due filamenti disposti l'uno di fronte all'altro: uno usato per la vaporizzazione e l'altro per la ionizzazione- per avere un miglior controllo sul processo.

Nel TIMS, il campione, quando viene depositato sul filamento per la vaporizzazione, usualmente si trova nella sua forma ossidata- nitrata- o clorata- in soluzione acquosa. una volta depositato sul filamento, il tutto viene asciugato e poi montato nello strumento, dove, tramite riscaldamento resistivo viene riscaldato sotto vuoto fino ad atomizzare il campione. Mentre i componenti vaporizzati migrano verso il filamento ionizzatore, il loro livello fermi si avvicina a quello del filamento metallico e l'atomo inizia a

scambiare elettroni con esso(il filamento metallico). La probabilita' che l'atomo venga ionizzato e' calcolabile tramite l'equazione di Langmuir-Saha:

$$\alpha = \frac{g_+}{g_0} \frac{1 - r_+}{1 - r_0} \exp \left[ \frac{e(\phi - U_i)}{kT} \right]$$

dove  $\alpha$  e' la capacita' ionizzante,  $U$  indica il potenziale di ionizzazione,  $r$  e  $r_0$  sono rispettivamente il numero di ioni e il numero di atomi,  $\phi$  e' la funzione di lavoro della superficie del filamento,  $e$  indica l'energia di ionizzazione dell'atomo che viene ionizzato,  $k$  e' la costante di boltzmann e  $T$  e' la temperatura in kelvin. dunque, il filamento ionizzante ha bisogno di avere un'alta funzione di lavoro e deve operare ad alte temperature in modo da aumentare il rendimento di ionizzazione (la sua capacita' ionizzante). Il filamento di vaporizzazione, invece, deve solo raggiungere una temperatura abbastanza alta da permettere l'evaporazione del campione al tasso desiderato. una volta che il campione e' stato atomizzato e ionizzato, viene accelerato tramite campo elettrico e direzionato verso l'analizzatore di massa, una parte dello strumento con un collettore multiplo per massimizzare la precisione dei rilevamenti. Dato che gli ioni (termici) prodotti tramite questa tecnica in genere posseggono energia cinetica molto bassa, (0.1 - 0.2 eV), e' sufficiente un singolo settore magnetico per l'analisi di massa.

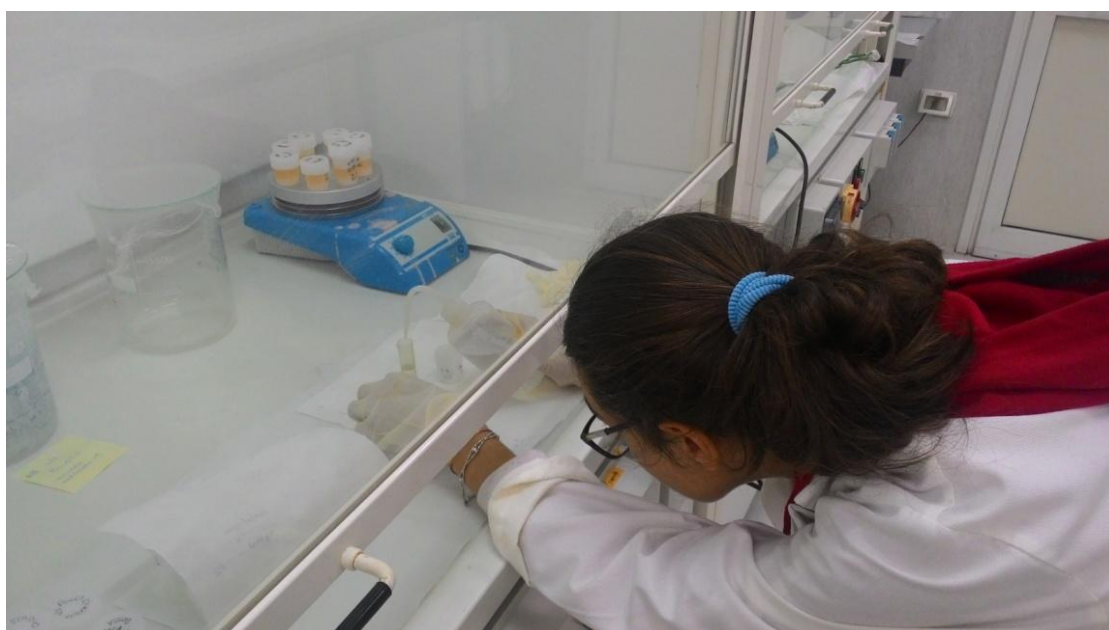
Questo processo di ionizzazione controllato permette di ottenere una precisione dello 0.01% per i gli strumenti monocollettori e dello 0.001% per gli strumenti a multicollettore, rendendola adatta per la misurazione anche di minime variazioni di concentrazione tra i vari isotopi, riscontrabili in natura. Inoltre e' sufficiente una quantita' di campione nell'ordine dei nanogrammi per ottenere precise misurazioni. Tuttavia, i campioni preparati dovrebbero contenere solo gli elementi di interesse, e per ottenere questo risultato spesso sono necessarie multiple separazioni chimiche. Le misurazioni tramite TIMS richiedono inoltre molto tempo (4 settimane per questo lavoro di tesi) in genere, per automatizzare il processo vengono utilizzate larghe torrette di filamenti.

### 2.4.1 Preparazione dei campioni

I campioni precedentemente polverizzati, sono stati pesati in funzione delle loro concentrazioni di Sr e Nd. È importante calcolare in maniera esatta l'aliquota di ciascun campione in modo tale da montare sul filamento circa 300ng di Sr e 150ng di Nd; si scelgono queste quantità per non danneggiare le gabbie di Faraday.

La seconda operazione che viene fatta è quella del "*Leaching*" che prevede 3 attacchi con acidi:

1. Il primo attacco viene effettuato versando 1ml di  $\text{HNO}_3$  puro e poi 5 ml di HF puro nei beakers in cui si trova l'aliquota di campione. Le quantità di acido vengono misurate mediante una pipetta di precisione da 1000 microlitri o 500 microlitri. I beakers contenenti la miscela devono essere perfettamente chiusi e posti sulla piastra riscaldante e lasciati per 12 ore. Passate le 12 ore i beakers devono essere lasciati aperti per far evaporare completamente l'acido. In questa fase è importante rispettare i tempi indicati per evitare la carbonizzazione del campione, dopo la completa evaporazione degli acidi.



2. Il secondo attacco viene effettuato aggiungendo 2 ml di  $\text{HNO}_3$  e posta sulla piastra riscaldante fino alla completa evaporazione dell'acido, assicurandosi che il campione non carbonizzi. In questa fase i beakers vengono lasciati aperti.
3. Il terzo attacco viene effettuato aggiungendo 8 ml di  $\text{HCl}$  (6N) la miscela ottenuta va posta sulla piastra riscaldante con i beakers chiusi per 12 ore. terminate le 12 ore, i beakers sempre sulla piastra vengono lasciati aperti fino all'evaporazione completa dell'acido. In quest'ultima fase il campione deve essere perfettamente asciutto ma non bruciato in quanto le parti bruciate potrebbero non essere portate in soluzione dall'acido più debole usato nelle fasi successive.

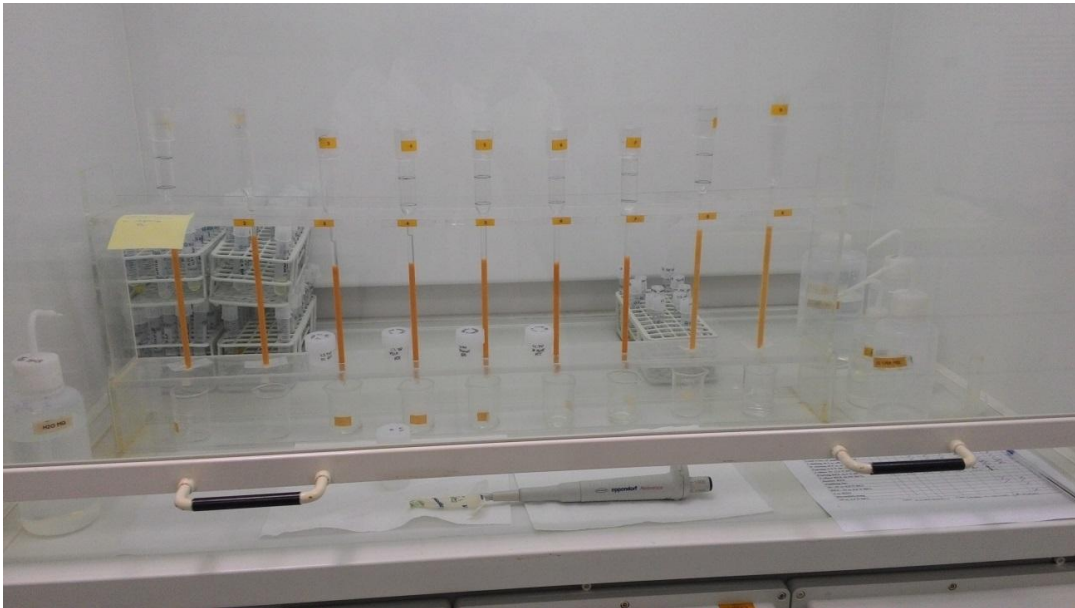
Alla fine del terzo attacco il campione viene dissolto con 5 ml di  $\text{HCl}$  (2.5N), le quantità possono variare a secondo delle quantità di Sr e Nd presenti nel campione, e centrifugato mediante una centrifuga a 5000 r.p.m. per circa 10 minuti. Quest'operazione viene effettuata per far sedimentare sul fondo della provetta eventuali residui che non si sono dissolti durante gli attacchi acidi.

La terza operazione è la "*Separazione Cromatografica*" in cui si caricano 0.5 ml del centrifugato nelle colonne di separazione utilizzando la pipetta da 0.5 ml.

A questo punto, si passa al caricamento delle colonne per la raccolta dello Sr, seguendo diverse operazioni (è importante che queste vengono eseguite nel giusto ordine):

1. Load 0.5 cc of sample solution
2. I Eluting (0.5 cc of 2.5 N  $\text{HCl}$ )
3. II Eluting (0.5cc of 2.5  $\text{HCl}$ )

4. III Eluting (2.5 N HCL)
5. Collect Sr (2.5 N HCl)
6. Eluting REE (6.3 N HCl)
7. Collect REE (6.3 N HCl)
8. Washing for REE (10cc of 6.0 N HCl)
9. 3cc of H<sub>2</sub>O
10. Riconditioning (10cc 2.5 N HCl)



Dopodiché, si passa alla raccolta del Nd, che viene fatta con delle colonne aventi delle resine differenti da quelle per la separazione dello Sr , seguendo operazioni simili alle precedenti

1. Caricamento di 0.3cc di campione, messo in soluzione con 0.25 N HCl
2. Eluting con 0.25 N HCl
3. Raccolta del Nd con 0.25 N HCl
4. Washing 15cc 6.0 N HCl
5. Ricondizionamento 7 cc 0.25 N HCl





Preparati i campioni di Sr e Nd si procede con la "Nitrificazione". Quest'operazione viene effettuata versando dalla pipetta 100  $\mu$ l di  $\text{HNO}_3$  puro sulla frazione di Sr e Nd e asciugandola in piastra. Questa operazione è stata ripetuta tre volte. Finite le operazioni di nitrificazione si passa al caricamento del campione di Sr e Nd sul filamento di Renio, preparato in precedenza.

Le operazioni di caricamento differiscono tra Sr e Nd. Nel caso dello Sr sono state effettuati i seguenti passaggi:

1. Diluizione del campione con 0.10ml di  $\text{HNO}_3$  puro
2. Riscaldare il filamento
3. Mettere il parafilm sul filamento
4. 0.10 ml di Tantalio
5. 0.10 ml  $\text{H}_3\text{PO}_4$
6. Carica del campione nitrificato sul filamento

Nel caso del Nd :

1. Diluizione del campione con 0.10ml di  $\text{HNO}_3$  puro
2. Riscaldare il filamento
3. Mettere il parafilm sul filamento
4. Caricare il campione di Nd

## 2.5 Spettrometria all'infrarosso (FT-IR)

Per questo studio è stato utilizzato uno spettrometro FTIR nexus TM delle Nicolet, equipaggiato con una sorgente in ceramica (Globar), un beamsplitter kBr e un detector MCT. Gli spettri sono stati processati mediante il software della OMNIC. Lo strumento si divide in due parti:

- un banco ottico ed un microscopio;
- la sorgente laser che produce una luce nel campo dell'infrarosso;

La luce assorbita dal campione determina stati vibrazionali eccitati delle molecole che lo costituiscono e un tipico spettro di assorbimento che rappresenta il risultato analitico. Nel corso delle analisi, va inserito dell'azoto liquido al fine di raffreddare la sorgente laser. Poniamo il campione in esame su una pasticca di cloruro di sodio (NaCl) che viene attraversata dalla luce infrarosso senza interferenze. Per primo acquisiamo il background dalla superficie della pasticca e in seguito il segnale proveniente dal campione, spostando lo spot visibile al microscopio esattamente nello spazio di interesse analitico. Lo spettro ad infrarosso fornisce utili informazioni per il riconoscimento di una molecola incognita (H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> e fasi della silice). A tal proposito, al fine di associare un legame a un dato numero d'onda, si utilizzano apposite tavole incluse nel software della strumentazione. Una volta ottenuto il grafico si deve calcolare l'assorbanza sulla curva ottenuta cioè si calcola la differenza tra la base della curva ed il suo punto più alto. Infine, avendo misurato preventivamente lo spessore del campione (in  $\mu\text{m}$ ), possiamo calcolare la concentrazione della molecola (in %) mediante la *formula di Beer-Lambert*, la quale, oltre all'assorbanza e allo spessore, prende in considerazione anche il peso molecolare del gruppo funzionale, la densità ( $\rho$ ) ed il coefficiente di assorbimento ( $\epsilon$ ), la formula è la seguente:

$$C = \frac{100 * A * M}{\rho * \epsilon * \tau}$$

### 2.5.1 Preparazione del campione

I cristalli di Pirosseno e Olivina, prelevati mediante il metodo hand-picking al microscopio binoculare, sono stati sottoposti a lappatura seguendo il procedimento di seguito descritto.

I cristalli vengono posizionati su dei vetrini porta-oggetti e si inglobano in una resina speciale, *crystal bond*, mediante posizionamento su piastra riscaldante (80°C) e successivo raffreddamento. A questo punto, servendoci di una serie di panni abrasivi a diversa granulometria (320, 1200, 2500 micron), procediamo a strofinarvi il vetrino contenente il campione per eliminare il *crystal bond*. Una volta emersa la melt inclusion, questa è stata lucidata con l'allumina. L'inclusione deve emergere da entrambi i lati, pertanto l'operazione dianzi descritta è stata operata sull'altra faccia, dopo ribaltamento del cristallo.

I campioni, da noi prelevati, non presentano inclusioni queste, quando presenti, sono non adatte agli scopi perchè troppo piccole (<50 micron in diametro), posizionate in fratture che hanno determinato la perdita del materiale, o cristallizzate. Su circa 50 cristalli trattati solo due cristalli hanno inclusioni analizzabili allo FTIR.

## 2.6 Microscopio elettronico a scansione (SEM-EDS)

Questo strumento è formato dall'unione di un microscopio elettronico a scansione (SEM, *Scanning Electron Microscope*) con un dispositivo per la microanalisi in dispersione di energia (EDS, *Energy Dispersive Spectrometer*). Il campione viene bombardato mediante un fascio elettronico sottoposto ad una differenza di potenziale di 20 kV. L'interazione elettroni incidenti – campione è all'origine di vari fenomeni che possono essere utilizzati per ottenere informazioni sulla chimica del campione e per raccogliere immagini dettagliate della morfologia superficiale dell'oggetto. Un primo tipo di segnale è costituito dagli elettroni secondari (SE, *Secondary Electrons*); si tratta di elettroni con energia inferiore ai 50 eV, emessi dalla porzione superficiale del campione. Pertanto essi sono il segnale usato per lo studio della morfologia del campione stesso. Un altro tipo di segnale è rappresentato dagli elettroni retrodiffusi (BSE, *Back-Scattered Electrons*), ossia quella porzione del fascio incidente che viene riflessa dal campione. Hanno energie comprese fra 50 eV sino a quella di incidenza. La quantità di BSE emessi dipende, oltre che dalla morfologia della superficie del campione, anche dal numero atomico medio degli atomi costituenti l'esemplare esaminato. Questo consente di individuare eventuali disomogeneità composizionali all'interno del campione studiato. Infine un ulteriore segnale che si origina per l'interazione fra il fascio elettronico e gli atomi del campione è rappresentato da raggi X caratteristici che, raccolti mediante un cristallo di Si drogato con Li, consentono di conoscere la composizione chimica della porzione di campione bombardata dagli elettroni. Lo spettrometro opera, come detto sopra, in modalità EDS e riceve simultaneamente tutti i fotoni della radiazione X, separandoli successivamente in funzione delle loro energie.

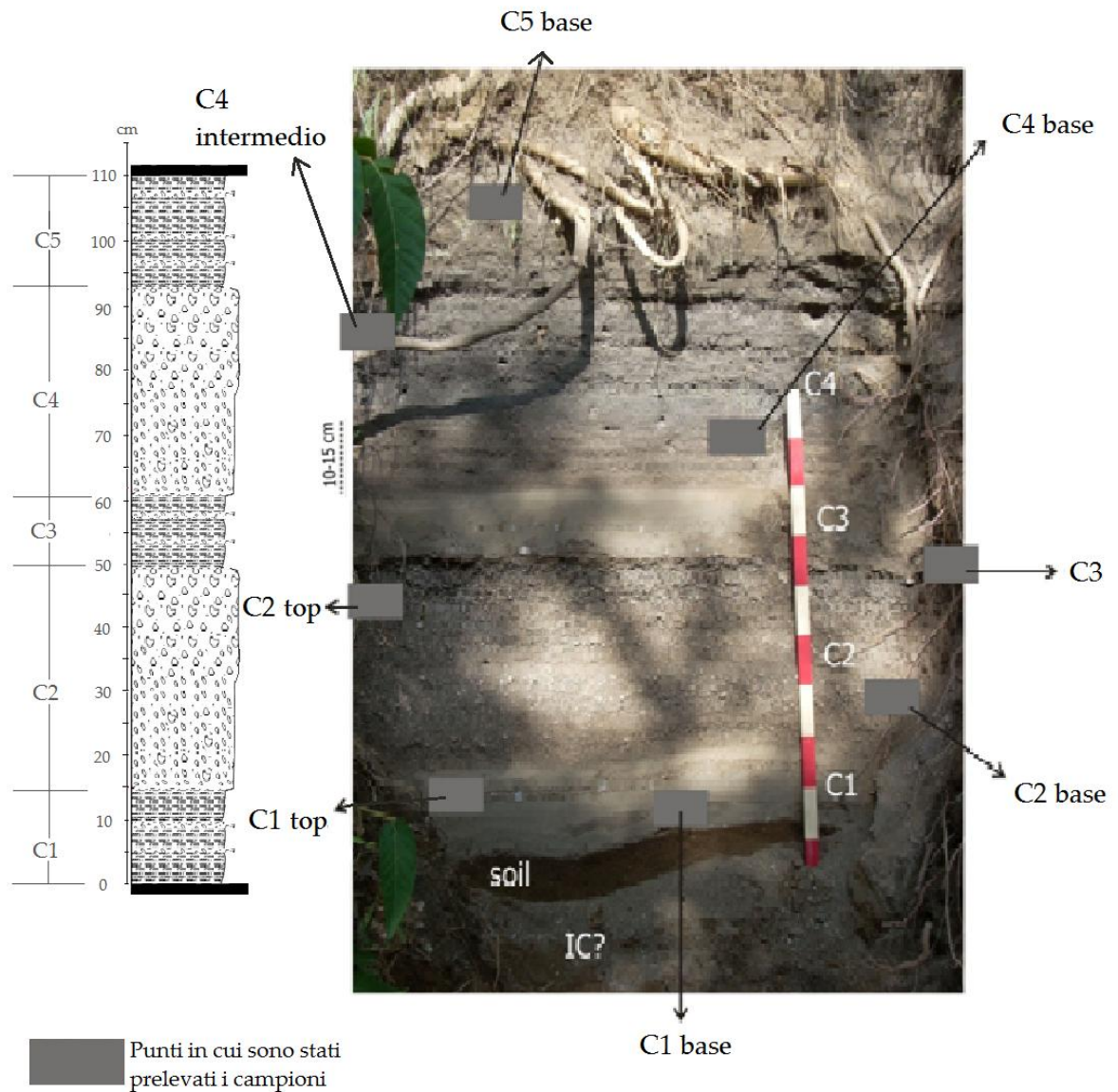
### **2.6.1 Preparazione dei campioni**


Per le analisi al SEM sono stati selezionati 5 campioni, i quali sono stati incollati con resine epossidiche ( rapporto tra resina e indurente utilizzato è 5:1) all'interno di anelli. Dopo aver effettuato quest'operazione si porta a spessore, utilizzando carte abrasive da 400, 600, 800, 1200 e 2400 micron. Successivamente, la sezione dopo averla lucidata con l'allumina viene resa conduttiva con la metallizzazione di questa, applicando un film di grafite di spessore noto (25 nm)

## 3 Presentazione Dati

### 3.1 Stratigrafia

La sequenza stratigrafica, localizzata nell'area di Castel S. Giorgio, con uno spessore di 110cm, è composta dall'alternanza di livelli di pomice e scorie e con livelli di ceneri (Fig. 13). La successione è delimitata da un paleosuolo sia al top che alla base. In generale, i livelli di cenere (C1, C3 e C5) sono costituiti da cenere fine e da lapilli pomicee e scoriacee, di colore grigio-beige. Questi livelli hanno uno spessore variabile, 15 cm per il livello C1, 10cm per il livello C3 e circa 17cm per il livello C5. I livelli di pomice e scorie hanno uno spessore di 35 e 30cm, rispettivamente per il livello C2 e C4. Lo strato C2 è caratterizzato da pomice e scorie con gradazione inversa. La parte basale (C2 Base) presenta pomice di varie dimensioni, comprese tra 0,5 e 1,3 cm; la parte superiore (C2 TOP) è, invece, caratterizzata da scorie nero-brunastre rivestite da una patina ceneritica, con diametro superiore a 1 cm e da pomice beige di diametro di circa 2,5 cm. Lo strato C4, simili al C2, mostra una gradazione inversa di pomice e scorie. La parte basale (C4 Base) è caratterizzata da scorie e pomice di piccole dimensioni, poco più grandi di 4mm; la parte alta, invece, è caratterizzata da scorie e pomice aventi un diametro superiore a 1 cm. In generale, i livelli campionati, C2 e C4, risultano poco e mal classati.



 Pomice bianche eterometriche (con diametro da pochi mm ad alcuni cm) e scorie prevalentemente di colore grigio scuro (dimensione max 2,5cm).


 Cineriti bruno-beige con frammenti di scorie grigie e pomice bianche di dimensioni mm

Figura 14 :Sezione stratigrafica di Castel S. Giorgio

## 3.2 Petrografia

Dall'esame dei componenti, i piroclasti sono costituiti da juvenili (pomici e scorie) e da una ridotta quantità di cristalli. La frazione juvenile è caratterizzata da una variabilità continua di pomici chiare, pomici scoriacee e alcune pomici bandate. Le pomici e le scorie vanno da afriche a scarsamente porfiriche (5-20% di fenocristalli). I fenocristalli più abbondanti sono rappresentati da clinopirosseno e analcime (possibile ex-leucite). A questi sono associati in quantità subordinata k-feldspato, flogopite, e ossidi di Fe e Ti e rari sono i cristalli di olivina. Alcuni dei fenocristalli contengono spesso inclusioni primarie e secondarie di piccole dimensioni (<50micron), alcune delle quali posizionate su fratture. Sulla base delle osservazioni macroscopiche e microscopiche è stato possibile distinguere tre tipi di juvenili:

1. Tipo 1: Pomici di colore grigio chiaro sono generalmente smussate e raramente angolari. Alcuni campioni presentano una superficie esterna a crosta di pane. Un grado di vescicolazione medio-alto, con vescicole piccole e grandi, sferiche o allungate. Struttura afirica. Una parte di questo materiale mostra evidenze di alterazione e mostrano un rivestimento ceneritico. Le analisi tramite SEM, hanno confermato la presenza di una componente vetrosa con composizione fonolitica. (Fig.15)



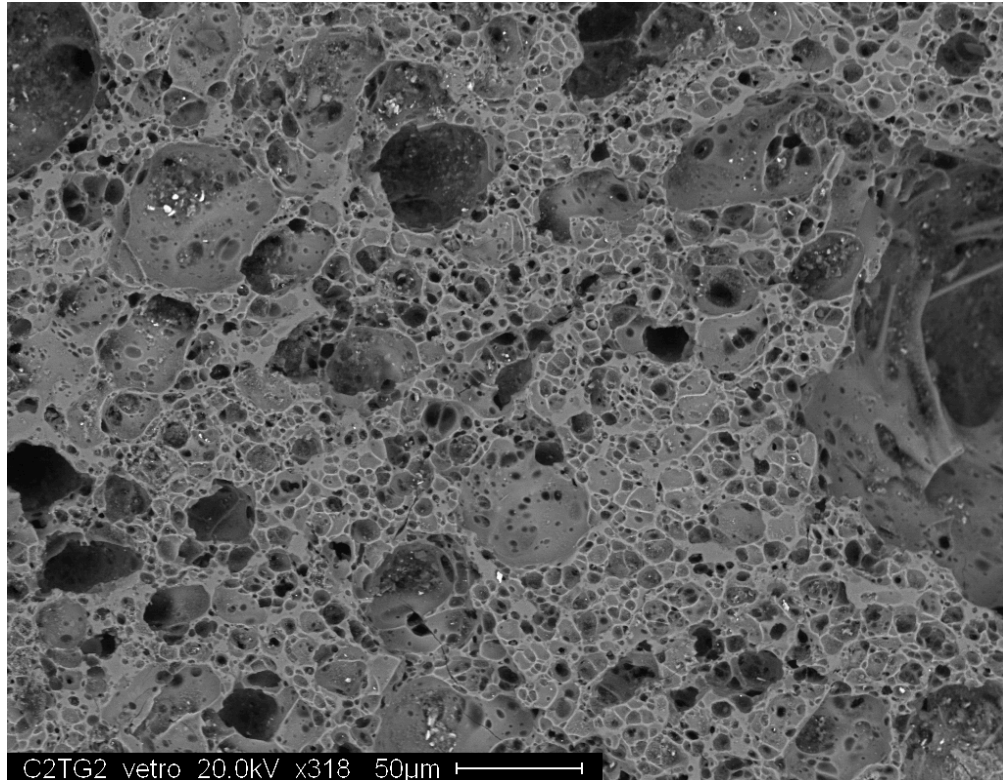


Figura15: Immagine al Sem: Campione di pomice del C2-TOP Chiaro

2. Tipo 2: Pomici bandate, presenti in ridotte quantità, sono di colore da grigio chiaro a grigio scuro – nero; con una morfologia spigolosa. La banda chiara presenta una buona vescicolazione e mostra delle bolle allungate parallele al banding. Una micro-vescicolazione, può essere invece apprezzata nella banda scura. Al Sem i campioni analizzati mostrano, invece, una composizione omogenea e una componente vetrosa a composizione fonolitica (Fig. 16).

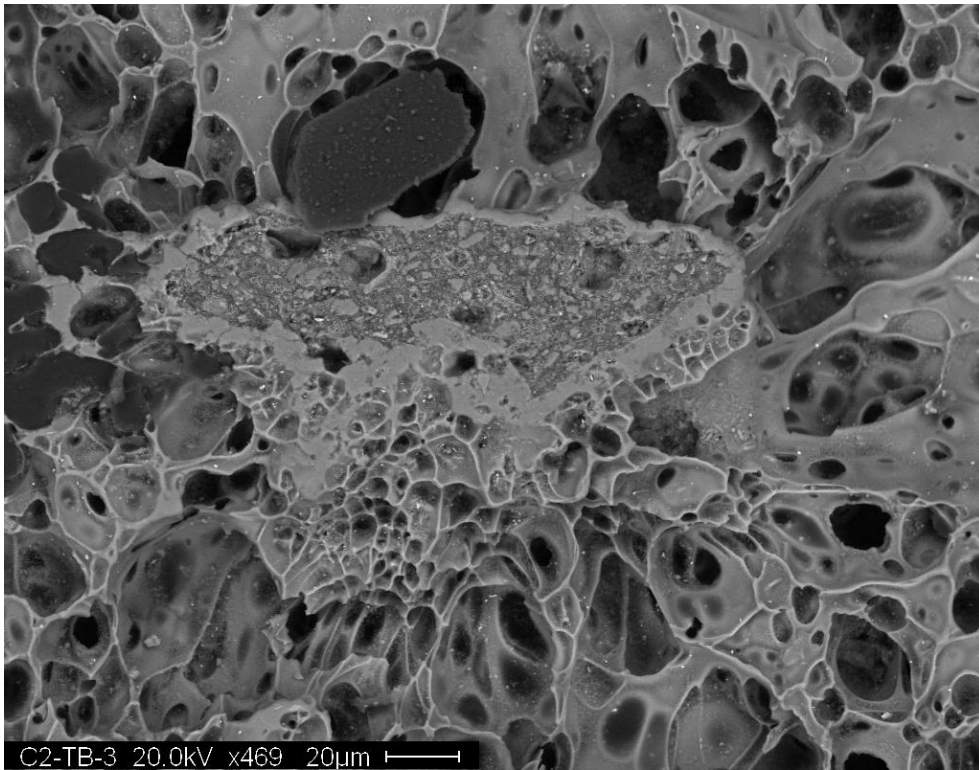


Figura 16: Immagine al Sem: Campione di pomice del C2-TOP bandato

3. Tipo 3: Scorie grigio scuro brunastro mostrano un rivestimento ceneritico. Presentano una struttura scarsamente porfirica, un grado di vescicolazione basso e fenocristalli di pirosseno, analcime, feldspato e biotite. Dalle analisi effettuate al SEM, le scorie presentano una matrice composta da clinopirosseni e analcime.

### 3.3 Chimica dei minerali

La composizione dei minerali è stata investigata su 5 campioni di pomici e scorie rappresentativi dell'intera sequenza stratigrafica.

#### Clinopirosseni

I clinopirosseni, rinvenuti al microscopio binoculare, sono stati distinti in due gruppi di colori: clinopirosseni di colore verde chiaro e clinopirosseni di colore verde scuro. Al microscopio elettronico tutti i fenocristalli mostrano un "habitus" euedrale e subeuedrale e l'assenza di zonatura. In base al diagramma ternario Ca-Mg-Fe (Fig. 17) i campioni sono classificabili come saliti ( $Wo_{47-50}$ ,  $En_{22-29}$ ,  $Fs_{12-21}$ ) ad eccezione di un solo campione che si colloca nel campo delle ferrosaliti ( $Wo_{50}$ ,  $En_{22}$ ,  $Fs_{26}$ ). I dati ottenuti mostrano un elevato contenuto in alluminio, significativamente superiore a quello riscontrato nelle eruzioni di pomici di base e pomici verdoline. Si osservano, inoltre, diverse inclusioni cristallizzate di dimensioni inferiori a 50 micron con forme variabili da sub-sferiche ad allungate; alcune delle quali posizionate su fratture.

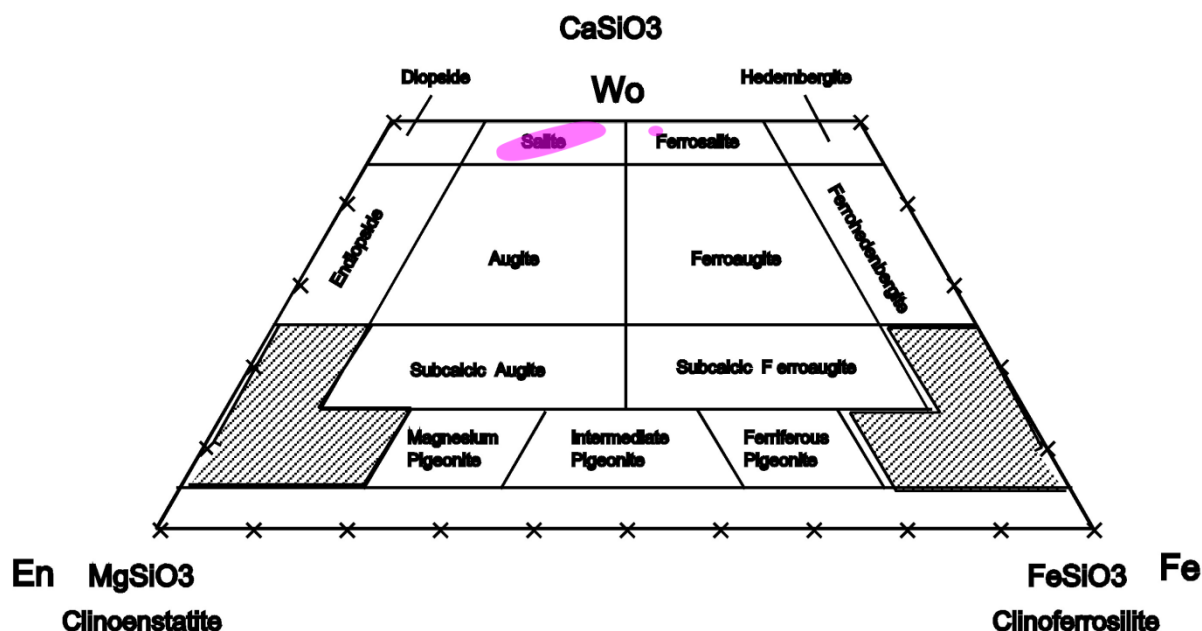


Figura 17: Diagramma ternario Ca-Mg-Fe classificativo dei clinopirosseni. Il campo rosa rappresenta l'area in cui ricadono i campioni.

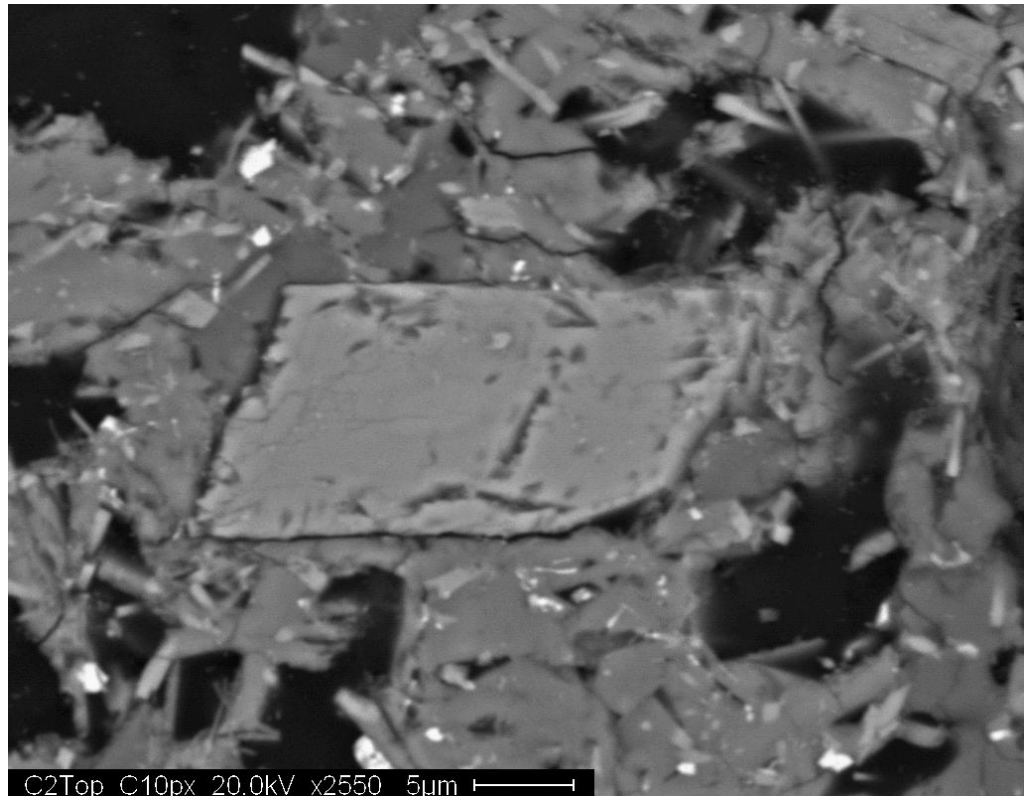


Figura 18: Cristallo di Px analizzato al SEM. Campione di scoria del C2 Top

### Analcime

L'analcime è una delle fasi minerali più abbondanti, è presente sia come fenocristalli che come microlite nella massa di fondo. La sua presenza molto probabilmente è dovuta alla trasformazione secondaria della leucite. I cristalli sono caratterizzati da forme arrotondate e sulla superficie si osservano diverse fratture (che si estendono fino al vetro).

### Feldspati

I feldspati, a differenza delle altre eruzioni del Somma-Vesuvio, sono rari in questi campioni. Tramite le analisi effettuate con l'XRD si è rilevata la presenza del sanidino, il quale non è stato individuato dalle analisi al SEM. Dalle analisi effettuate,

con la microsonda elettronica, i campioni plottati sul diagramma ternario, ricadono nel campo delle miscele di due feldspati. Inoltre, si osserva che le composizioni più ricche in albite ( $Ab_{90}$ ) sono presenti esclusivamente nel campione C2TC-5 (Fig. 19).

### Flogopite

La Flogopite è una mica brunastra. Dalle analisi all'XRD e al Sem risulta essere presente in tutti i campioni. I cristalli hanno un habitus euedrale ed una composizione  $Mg/(Fe + Mg)$  compresa tra 0.67 – 0.73.

### Matrice vetrosa

I vetri riportati in tabella 3 e plottati sul diagramma classificativo TAS (Le Bas et al., 1986) mostrano una composizione omogenea fonolitica sia per i prodotti pomicei e sia per le scorie.

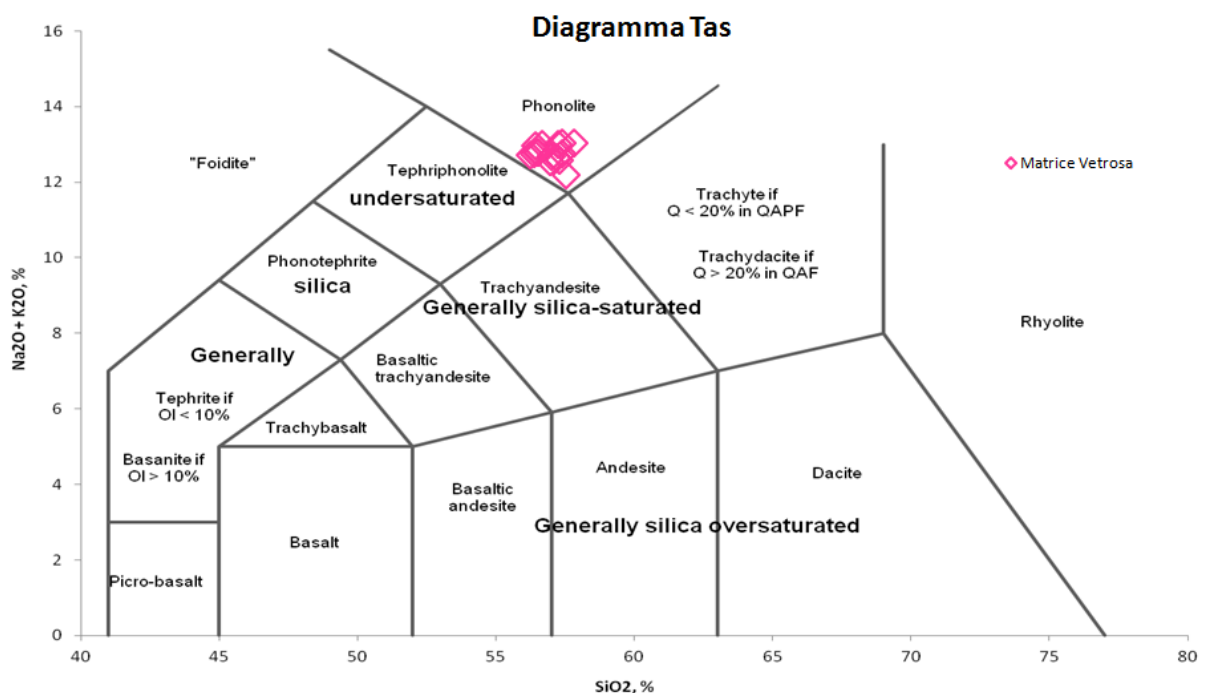


Figura 20: Diagramma Total alkali Vs Silica. Composizione della matrice vetrosa

◇ Matrice Vetrosa

CLINOPIROSSENO (CaMgSi<sub>2</sub>O<sub>6</sub>)

| Campioni n.                    |               | CODOLA        |              |              |              |              |              |              |              |
|--------------------------------|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Sigla                          | C4-int        | C4-int3       | C4-int4      | C4-int6      | C2TC-1       | C2TC-2       | C2TC-3       | C2TC-4       | C2TC-9CORE   |
| SiO <sub>2</sub>               | 50,61         | 44,03         | 44,94        | 43,98        | 47,03        | 43,87        | 44,05        | 45,93        | 44,86        |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,53          | 2,00          | 1,83         | 2,04         | 1,31         | 1,95         | 2,05         | 1,57         | 1,73         |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 3,90          | 10,78         | 9,57         | 9,99         | 7,71         | 10,98        | 10,19        | 13,07        | 9,29         |
| FeO                            | 7,76          | 11,19         | 11,11        | 11,38        | 8,15         | 10,53        | 10,69        | 10,49        | 11,32        |
| MnO                            | 0,14          | 0,10          | 0,08         | 0,22         | 0,25         | 0,08         | 0,10         | 0,00         | 0,00         |
| MgO                            | 13,94         | 9,36          | 10,01        | 9,76         | 12,91        | 10,29        | 10,41        | 8,26         | 9,73         |
| CaO                            | 23,08         | 22,54         | 22,40        | 22,35        | 22,57        | 22,24        | 22,40        | 19,35        | 23,06        |
| Na <sub>2</sub> O              | 0,00          | 0,00          | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,56         | 0,00         |
| K <sub>2</sub> O               | 0,04          | 0,00          | 0,00         | 0,06         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,65         | 0,00         |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,00          |               |              |              |              |              |              |              |              |
| <b>Tot.</b>                    | <b>100,00</b> | <b>100,00</b> | <b>99,94</b> | <b>99,78</b> | <b>99,93</b> | <b>99,94</b> | <b>99,89</b> | <b>99,88</b> | <b>99,99</b> |
| Wo                             | 47,55         | 50,88         | 49,78        | 9,87         | 48,13        | 49,67        | 49,52        | 49,57        | 50,75        |
| En                             | 39,97         | 29,40         | 30,95        | 0,31         | 38,31        | 31,98        | 32,03        | 29,45        | 29,80        |
| Fs                             | 12,48         | 19,72         | 19,27        | 9,82         | 13,56        | 18,35        | 18,45        | 20,98        | 19,45        |
| Mg/Mg+Fetot                    | 0,76          | 0,60          | 0,62         | 0,60         | 0,74         | 0,64         | 0,63         | 0,58         | 0,61         |

CLINOPIROSSENO  
FELDSPATI (Na,K,CaAl<sub>(1,2)</sub>Si<sub>(2,3)</sub>O<sub>8</sub>)

| Campioni n.                    |              | FELDSPATI (Na,K,CaAl <sub>(1,2)</sub> Si <sub>(2,3)</sub> O <sub>8</sub> ) |              |                                |              |              |
|--------------------------------|--------------|--|--------------|--------------------------------|--------------|--------------|
| Sigla                          | C2TC-10BORDO | CDC2B-6  | Sigla        | C2-TC8                         | C2TC_5       |              |
| SiO <sub>2</sub>               |              | 43,7   | 45,33        | SiO <sub>2</sub>               | 53,98        | 65,67        |
| TiO <sub>2</sub>               |              | 2,39   | 1,07         | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 28,31        | 24,92        |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |              | 12,39  | 7,78         | FeO                            | 0,88         | 0,91         |
| FeO                            |              | 11,11  | 15,28        | MgO                            | 0,36         | 0,31         |
| MnO                            |              | 0  | 0,75         | CaO                            | 10,36        | 0,57         |
| MgO                            |              | 8,91   | 7,26         | Na <sub>2</sub> O              | 2,6          | 6,93         |
| CaO                            |              | 21,14  | 22,28        | K <sub>2</sub> O               | 2,94         | 0,64         |
| Na <sub>2</sub> O              |              | 0,24   | 0,23         |                                |              |              |
| K <sub>2</sub> O               |              | 0  |              |                                |              |              |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |              |  |              |                                |              |              |
| <b>Tot.</b>                    |              | <b>99,88</b>   | <b>99,98</b> | <b>Tot.</b>                    | <b>99,07</b> | <b>99,64</b> |
| Wo                             |              | 50,08  | 50,28        | An                             | 55,8         | 4,11         |
| En                             |              | 29,37  | 22,8         | Ab                             | 25,34        | 90,40        |
| Fs                             |              | 20,54  | 26,92        | Or                             | 18,86        | 5,46         |
| Mg/Mg+Fetot                    |              | 0,59   | 0,46         |                                |              |              |

Tabella 2: Analisi al SEM su vetri e fenocristalli

**FLOGOPITE(KMg<sub>3</sub>(Si<sub>3</sub>Al)O<sub>10</sub>(F,OH)<sub>2</sub>) MATRICE VETOSA**

| Campione n.        |        |         |              |         |         |          |         |         |         |
|--------------------|--------|---------|--------------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|
| Sigla              | C4-int | C2-TB-2 | Sigla        | C2-TB-1 | C2-TB-2 | C2-TB-4* | C2-TB-5 | C2-TB-6 | C2-TB-7 |
| <b>SiO2</b>        | 39,38  | 38,99   | <b>SiO2</b>  | 56,99   | 57,95   | 57,26    | 57,7    | 57,74   | 57,16   |
| <b>TiO2</b>        | 4,34   | 4,30    | <b>TiO2</b>  | 0,52    | 0,53    | 0,5      | 0,73    | 0,55    | 0,71    |
| <b>Al2O3</b>       | 17,08  | 17,14   | <b>Al2O3</b> | 20,51   | 19,54   | 19,81    | 19,85   | 20,23   | 19,94   |
| <b>FeO</b>         | 11,50  | 13,81   | <b>FeO</b>   | 3,72    | 3,72    | 3,94     | 3,62    | 3,34    | 3,46    |
| <b>MnO</b>         | 0,00   | 0,21    | <b>MgO</b>   | 0,9     | 0,88    | 0,94     | 0,93    | 0,98    | 1,06    |
| <b>MgO</b>         | 17,75  | 15,79   | <b>CaO</b>   | 4,35    | 4,08    | 4,27     | 4,08    | 3,87    | 4,14    |
| <b>CaO</b>         | 0,19   | 0,15    | <b>Na2O</b>  | 2,97    | 3,09    | 3,33     | 3,49    | 3,99    | 3,95    |
| <b>K2O</b>         | 9,77   | 9,63    | <b>K2O</b>   | 9,77    | 9,56    | 9,46     | 9,05    | 8,71    | 9,03    |
|                    |        |         | <b>ClO</b>   | 0,51    | 0,57    | 0,37     | 0,47    | 0,48    | 0,45    |
| <b>Tot.</b>        | 100,01 | 100,02  | <b>Tot.</b>  | 100,24  | 99,92   | 99,88    | 99,92   | 99,89   | 99,9    |
| <b>Mg/Mg+Fetot</b> | 0,73   | 0,57    |              |         |         |          |         |         |         |

**MATRICE VETOSA**

| Campioni n.  |         |        |        |        |        |          |          |          |          |
|--------------|---------|--------|--------|--------|--------|----------|----------|----------|----------|
| Sigla        | C2-TB-8 | C2TG_1 | C2TG_2 | C2TG_5 | C2TG_6 | CdC2b4-1 | CdC2b4-2 | CdC2b4-3 | CdC2b4-4 |
| <b>SiO2</b>  | 57,12   | 58,15  | 58,07  | 58     | 58,57  | 58,29    | 58,15    | 57,24    | 57,41    |
| <b>TiO2</b>  | 0,49    | 0,54   | 0,28   | 0,58   | 0,44   | 0,58     | 0,41     | 0,6      | 0,56     |
| <b>Al2O3</b> | 19,82   | 20,19  | 20,88  | 19,99  | 19,87  | 20,24    | 20,4     | 20,3     | 19,77    |
| <b>FeO</b>   | 3,98    | 3,15   | 3,13   | 3,31   | 3,01   | 3,33     | 3,2      | 3,53     | 3,63     |
| <b>MgO</b>   | 1,17    | 1,06   | 1      | 0,86   | 0,82   | 0,65     | 0,76     | 0,74     | 0,98     |
| <b>CaO</b>   | 4,11    | 3,44   | 3,55   | 3,75   | 3,86   | 4,33     | 3,91     | 4,25     | 4,14     |
| <b>Na2O</b>  | 3,46    | 3,8    | 3,56   | 3,65   | 3,34   | 2,33     | 3,82     | 3,55     | 3,59     |
| <b>K2O</b>   | 9,29    | 9,24   | 9,02   | 9,34   | 9,7    | 9,87     | 8,93     | 9,26     | 9,4      |
| <b>ClO</b>   | 0,44    | 0,43   | 0,51   | 0,43   | 0,4    | 0,37     | 0,42     | 0,48     | 0,43     |
| <b>Tot.</b>  | 99,88   | 100    | 100    | 99,91  | 100,01 | 99,99    | 100      | 99,95    | 99,91    |

Tabella 2: Continuo

### 3.4 Geochimica

Gli studi geochimici, argomento di questa tesi, sull'eruzione di Codola sono stati focalizzati sull'analisi di pomici e scorie, prelevati dai livelli C2 e C4.

Le analisi su roccia totale degli elementi maggiori e minori (dati espressi in percentuale in peso degli ossidi; SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, FeO, MnO, MgO, CaO; Na<sub>2</sub>O, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>O, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, LOI) e le analisi di concentrazione degli elementi in traccia (dati espressi in ppm; Nb, Y, Ni, Co, Cr, V, Ce, La, Rb, Sr, Ba e Zr) tramite tecnologia XRF sono state effettuate presso il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Pisa. Le modalità analitiche e le strumentazioni adoperate sono state trattate nel capitolo precedente, *"Materiali e Metodi"*. I dati analitici riportati in tabella 3 si riferiscono a 7 campioni. È stata, inoltre, calcolata la mineralogia approssimativa dei campioni, seguendo quanto descritto nella *normativa CIPW* (proposto da *W.Cross, J.D. Iddings, L.V. Pirsson e H.S. Washington*). I minerali che si ottengono, seguendo la norma, sono minerali ideali che si suppone debbano essere presenti in un magma che ha cristallizzato avente quella composizione chimica. Il programma *Igpet* è stato utilizzato per effettuare il calcolo normativo. I dati ottenuti sono riportati in tabella 3.



|                                    | <b>C2<br/>BASE<br/>CHIARE</b> | <b>C2 BASE<br/>SCURE</b> | <b>C2 TOP<br/>CHIARE</b> | <b>C2 TOP<br/>GRIGIE</b> | <b>C2 TOP<br/>SCURE</b> | <b>C4<br/>BASE<br/>&gt;4mm</b> | <b>C4<br/>INTERMEDIO</b> |
|------------------------------------|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------------|--------------------------|
| <b>SiO<sub>2</sub></b>             | 56,2                          | 56,64                    | 56,1                     | 56,06                    | 56,42                   | 55,02                          | 55,49                    |
| <b>TiO<sub>2</sub></b>             | 0,61                          | 0,66                     | 0,61                     | 0,62                     | 0,63                    | 0,63                           | 0,69                     |
| <b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> | 18,72                         | 18,58                    | 18,82                    | 18,85                    | 19,02                   | 18,68                          | 18,86                    |
| <b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> | 4,03                          | 5,07                     | 4,23                     | 4,48                     | 4,44                    | 4,95                           | 5,9                      |
| <b>FeO</b>                         | 3,36                          | 4,56                     | 3,81                     | 4,03                     | 4                       | 4,45                           | 5,31                     |
| <b>MnO</b>                         | 0,15                          | 0,14                     | 0,14                     | 0,14                     | 0,14                    | 0,14                           | 0,14                     |
| <b>MgO</b>                         | 0,66                          | 1,29                     | 0,76                     | 0,81                     | 0,81                    | 1,17                           | 1,77                     |
| <b>CaO</b>                         | 4,4                           | 5,54                     | 4,79                     | 4,98                     | 4,89                    | 5,45                           | 6,49                     |
| <b>Na<sub>2</sub>O</b>             | 3,32                          | 3,35                     | 3,15                     | 3,52                     | 3,97                    | 3,97                           | 4,03                     |
| <b>K<sub>2</sub>O</b>              | 8,78                          | 7,22                     | 8,74                     | 8,3                      | 7,5                     | 6,73                           | 5,71                     |
| <b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>  | 0,12                          | 0,22                     | 0,15                     | 0,14                     | 0,15                    | 0,18                           | 0,28                     |
| <b>L.O.I.</b>                      | 3,06                          | 2,43                     | 3,17                     | 2,89                     | 2,35                    | 2,87                           | 1,94                     |
| <b>Elementi in Traccia</b>         |                               |                          |                          |                          |                         |                                |                          |
| <b>Nb</b>                          | 57                            | 47                       | 53                       | 54                       | 54                      | 51                             | 43                       |
| <b>Zr</b>                          | 268                           | 256                      | 260                      | 260                      | 264                     | 251                            | 252                      |
| <b>Y</b>                           | 31                            | 29                       | 28                       | 28                       | 27                      | 28                             | 26                       |
| <b>Sr</b>                          | 1109                          | 1050                     | 1207                     | 1231                     | 1240                    | 1325                           | 1242                     |
| <b>Rb</b>                          | 291                           | 273                      | 280                      | 294                      | 313                     | 290                            | 275                      |
| <b>Ce</b>                          | 132                           | 114                      | 131                      | 135                      | 128                     | 111                            | 107                      |
| <b>Ba</b>                          | 1363                          | 1405                     | 1705                     | 1744                     | 1753                    | 1955                           | 2051                     |
| <b>La</b>                          | 119                           | 100                      | 128                      | 126                      | 91                      | 89                             | 92                       |
| <b>Ni</b>                          | <5                            | <5                       | <5                       | <5                       | <5                      | <5                             | <5                       |
| <b>Cr</b>                          | 5                             | 14                       | 12                       | 6                        | <5                      | 13                             | 17                       |
| <b>V</b>                           | 62                            | 100                      | 77                       | 71                       | 86                      | 95                             | 124                      |
| <b>Co</b>                          | <5                            | 7                        | <5                       | <5                       | <5                      | 11                             | 7                        |
| <b>CIPW</b>                        |                               |                          |                          |                          |                         |                                |                          |
| <b>Or</b>                          | 53,7                          | 43,4                     | 53,2                     | 50,3                     | 45,4                    | 41,2                           | 34,1                     |
| <b>Ab</b>                          | 14,3                          | 21,9                     | 13,3                     | 14,4                     | 20,2                    | 20,8                           | 24                       |
| <b>An</b>                          | 10,5                          | 14,6                     | 11,6                     | 11,3                     | 12,2                    | 13,6                           | 16,6                     |
| <b>Ne</b>                          | 7,9                           | 3,7                      | 7,6                      | 8,7                      | 7,6                     | -                              | 5,6                      |
| <b>Di</b>                          | 9,6                           | 10,1                     | 11,1                     | 11,2                     | 9,9                     | 11,2                           | 11,9                     |
| <b>Ol</b>                          | 2,1                           | 4,3                      | 2,3                      | 2,3                      | 2,7                     | 3,7                            | 5,5                      |
| <b>Il</b>                          | 1,2                           | 1,2                      | 1,2                      | 1,2                      | 1,2                     | 1,2                            | 1,3                      |
| <b>Ap</b>                          | 0,2                           | 0,5                      | 0,3                      | 0,3                      | 0,3                     | 0,4                            | 0,6                      |

Tabella3:Analisi XRF e CIPW

Dai dati indicati in tabella 3 si può osservare una costante variazione della concentrazione della maggior parte degli elementi analizzati in relazione all'altezza stratigrafica. In particolare, il Ba mostra un range molto più ampio man mano che ci spostiamo verso gli strati più alti, questo probabilmente è legato al frazionamento del k-feldspato; e il K<sub>2</sub>O presenta, invece, una diminuzione nella concentrazione man mano che ci spostiamo verso la parte alta della colonna stratigrafica (Fig. 21).

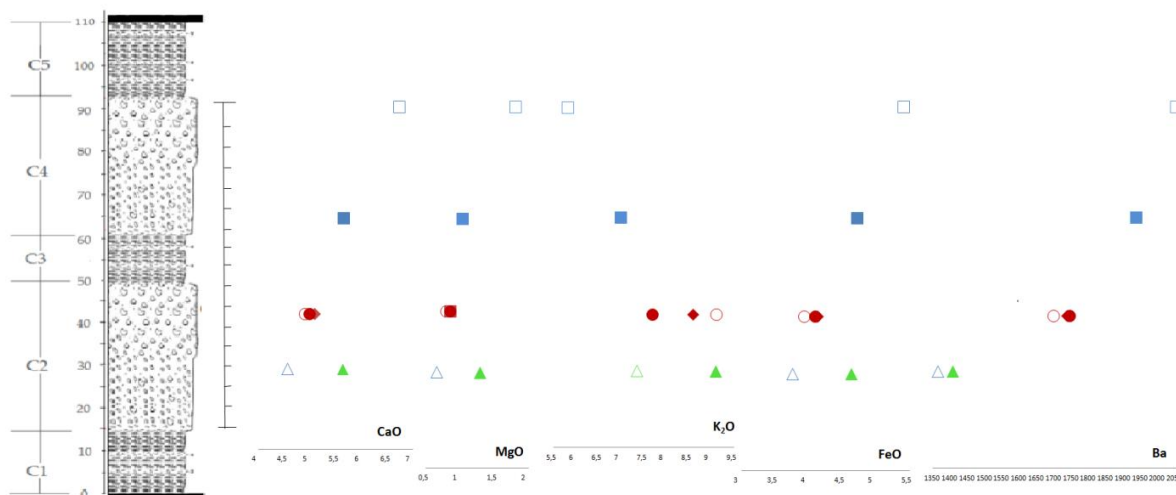


Figura 21: Variazione chimica Vs Sequenza stratigrafica. Simboli: Triangolo vuoto: C2 Base chiaro. Triangolo pieno: C2 Base scuro. Cerchio vuoto: C2 Top chiaro. Cerchio pieno: C2 Top Scuro. Rombo pieno: C2 Top grigio. Quadrato pieno: C4 Base>4mm. Quadrato vuoto: C4 intermedio.

Nel diagramma *TAS – Total Alkali – Silica* (Le Bas et al., 1986; Fig. 22a) che prende in considerazione il rapporto tra la somma degli alcali (Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O) e della silice (SiO<sub>2</sub>), sono stati riportati i dati dei campioni analizzati insieme ai dati di letteratura, per fini comparativi. I dati ricadono nel campo delle Trachi-andesiti. In un secondo diagramma *TAS* sono stati riportati i campi di quattro eruzioni del Somma – Vesuvio, Taurano, Schiava, Pomici di Base e Greenish (Fig. 22b). Si può notare come i campioni associati all'eruzione di Codola ricadano perfettamente nell'area delle Pomici di Base. In particolare, la somma degli elementi alcalini (Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O) varia tra 7.06 a 12.67 (%wt), mentre il contenuto in silice (SiO<sub>2</sub>) è compreso tra 56,18 e 59,34 (%wt).

I diagrammi di Harker, riportati in figura 23, mostrano le variazioni degli elementi maggiori e in traccia rispetto alla Silice. I dati mostrano un decremento di  $TiO_2$ ,  $FeO_{TOT}$ ,  $CaO$ ,  $MgO$ ,  $Na_2O$ ,  $Ba$  e  $Sr$  e un incremento di  $K_2O$ ,  $Nb$  e  $Zr$  in rapporto alla concentrazione di  $SiO_2$ . L'  $Al_2O_3$  e  $MnO$  mostrano invece un andamento costante (non riportati).

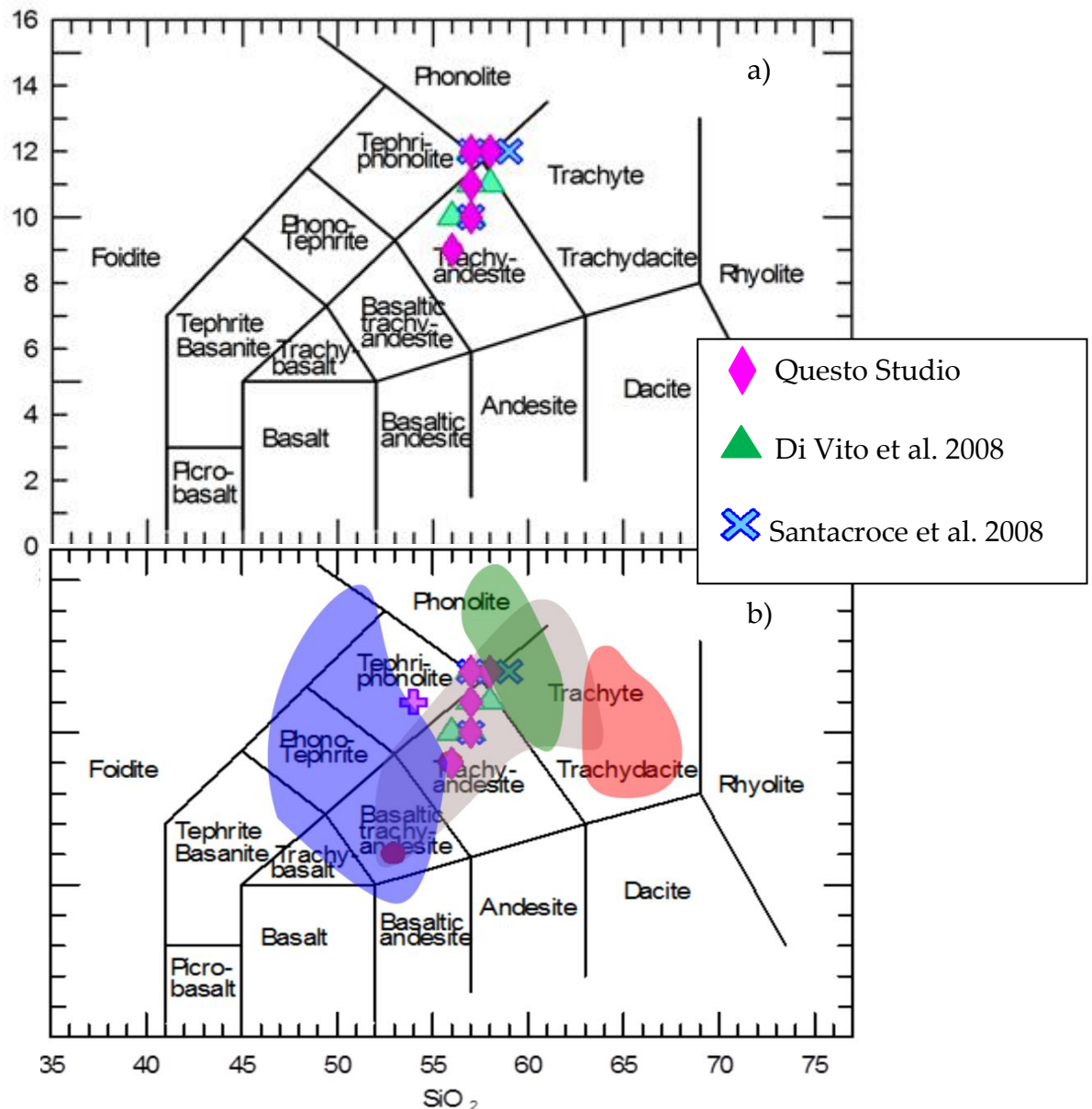
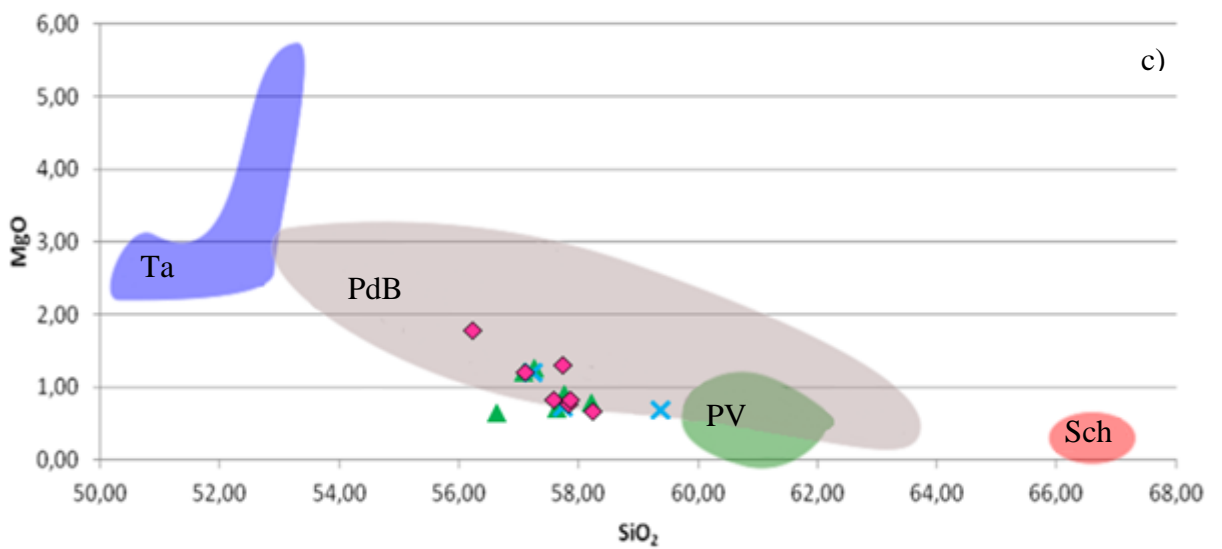
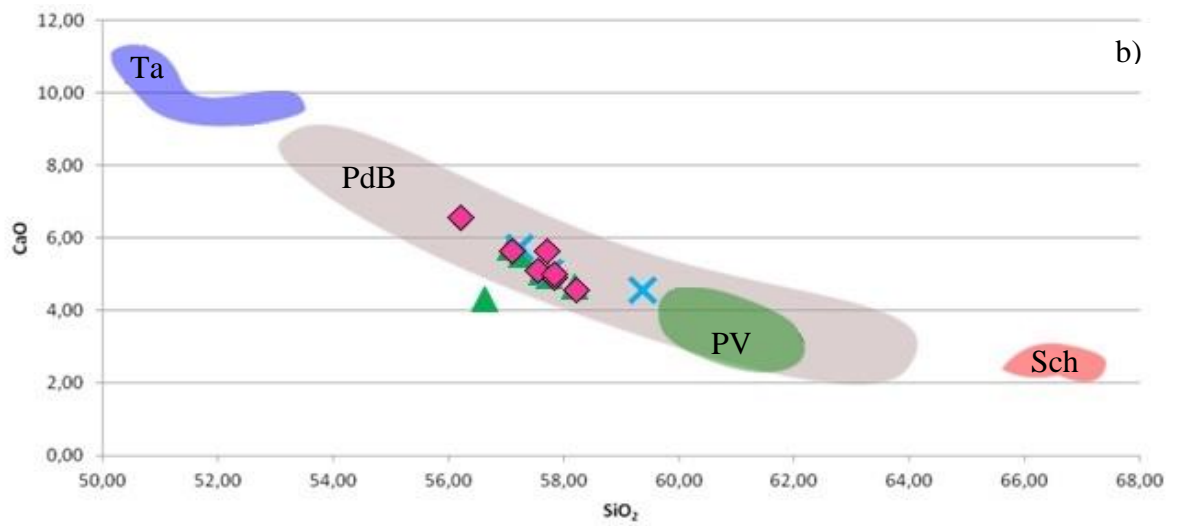
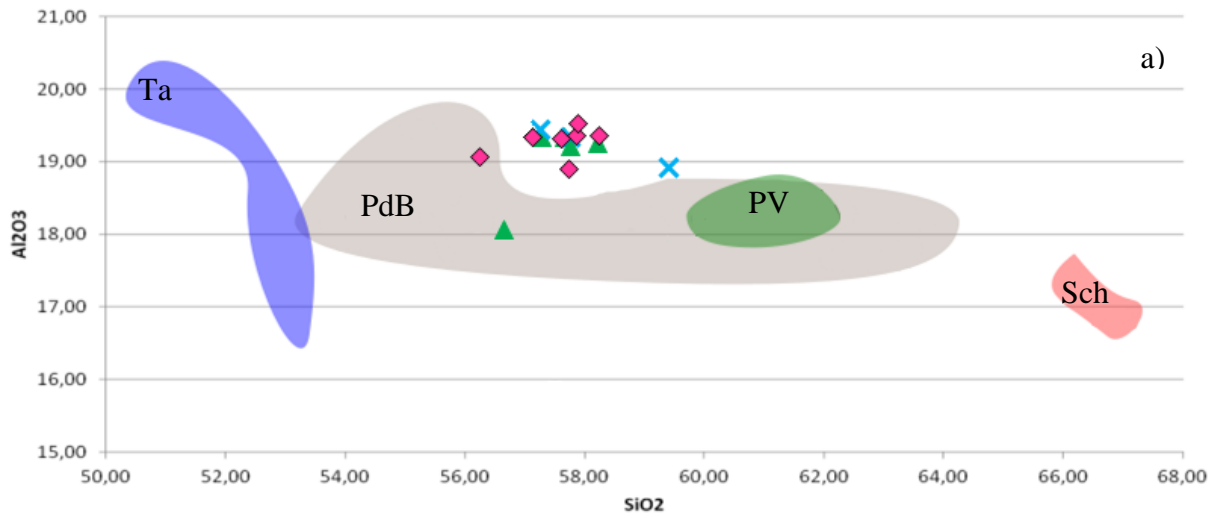
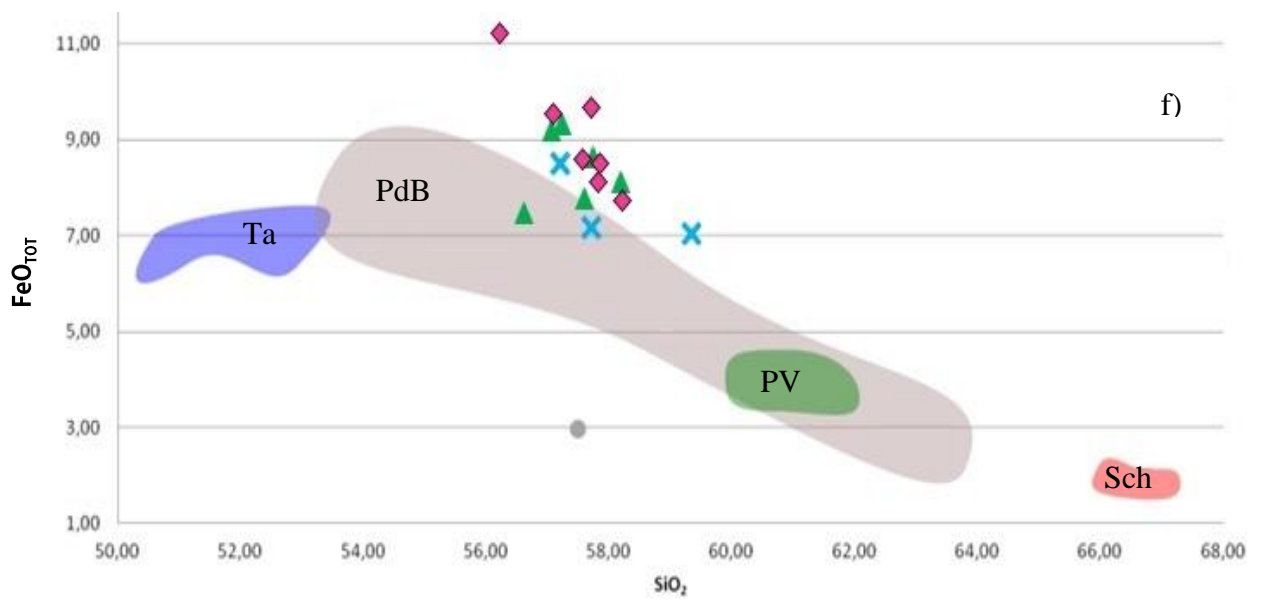
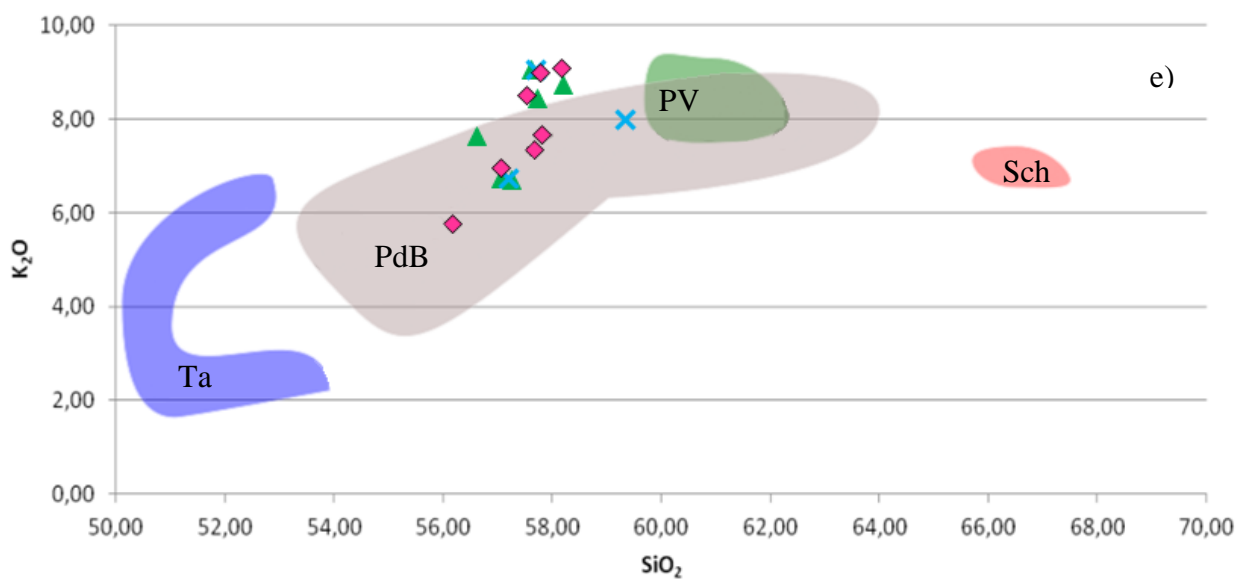
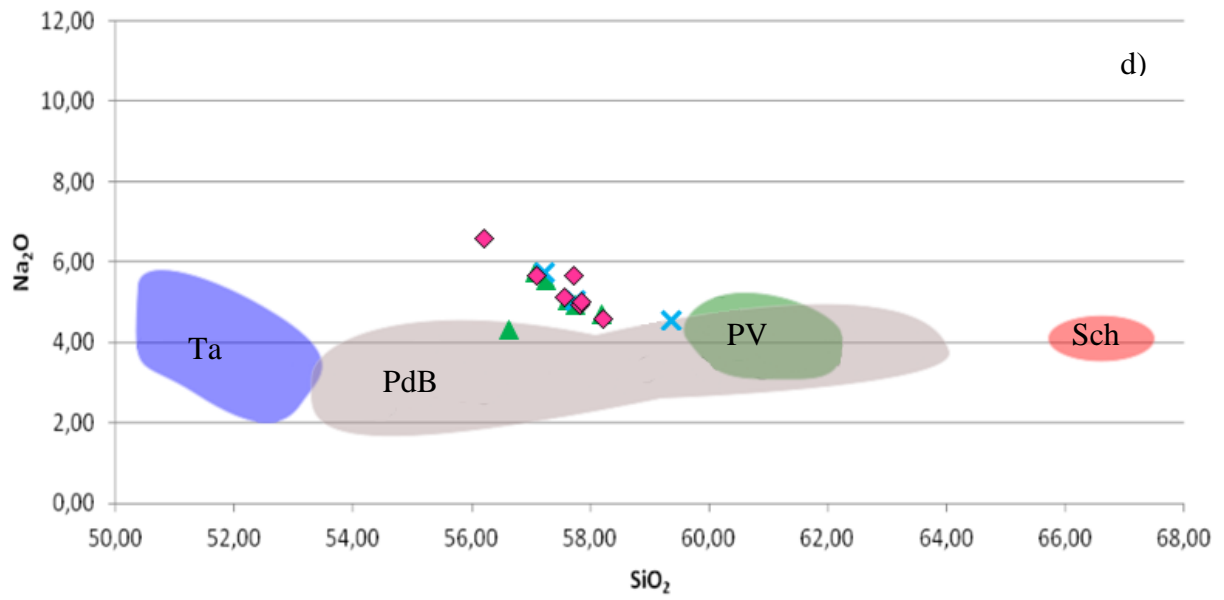
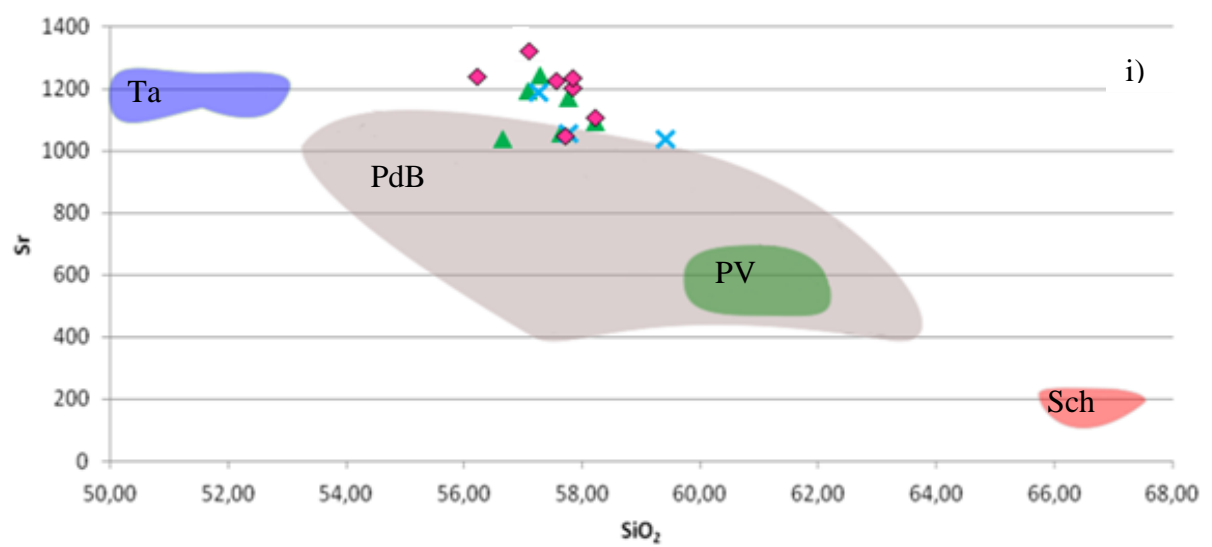
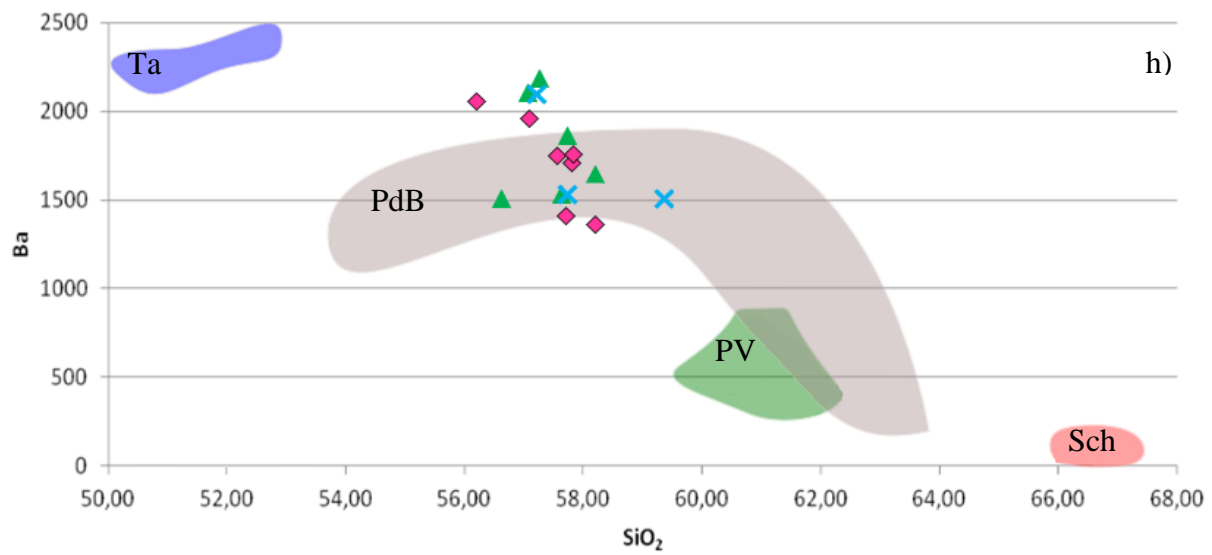
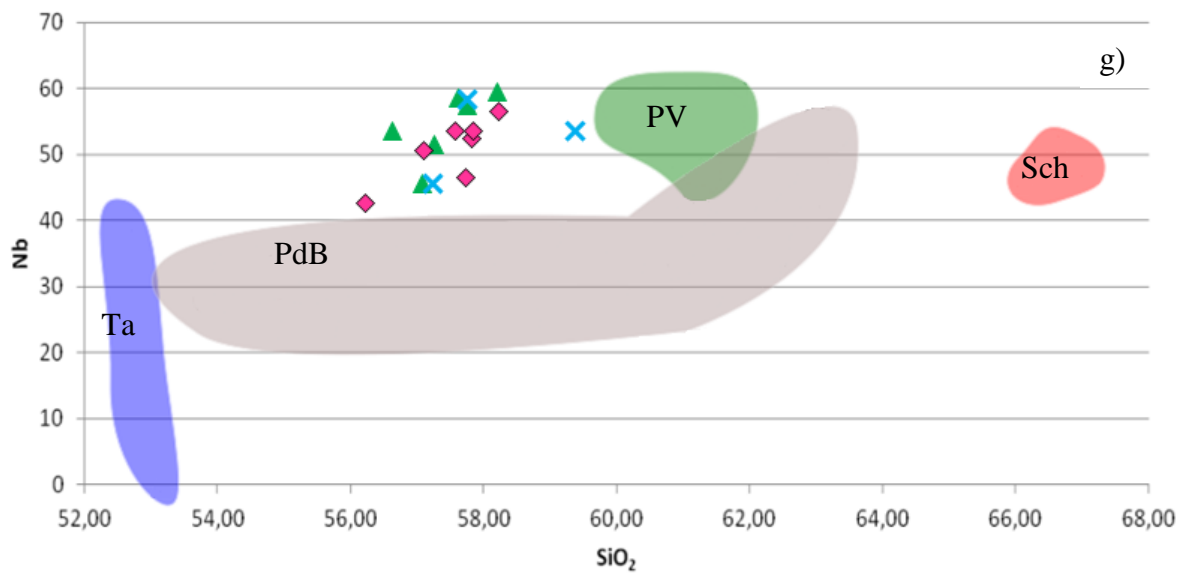


Figura 22: Diagramma TAS (Total Alkali Vs Silice (Le Bas et al., 1986). Nella figura a sono mostrati i dati associati all'eruzione di Codola. Nella figura b sono evidenziati i campi di quattro eruzioni del Vesuvio: Taurano, Schiava, Pomici di Base e Greenish rispettivamente rappresentate dai campi blu, rosso, grigio e verde. I campi comprendono i dati della composizione whole rock e dei vetri.

Diagrammi di Harker







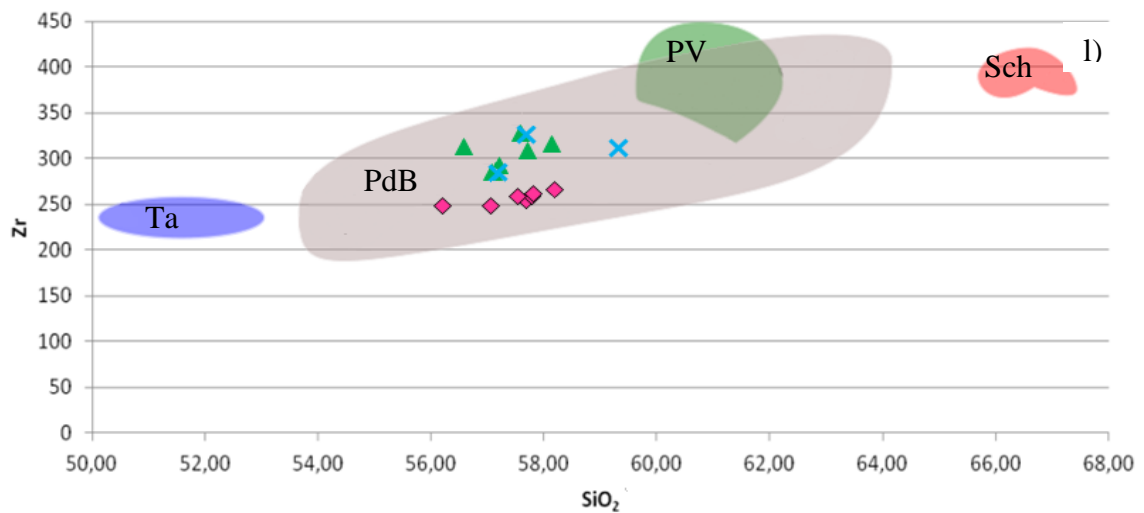
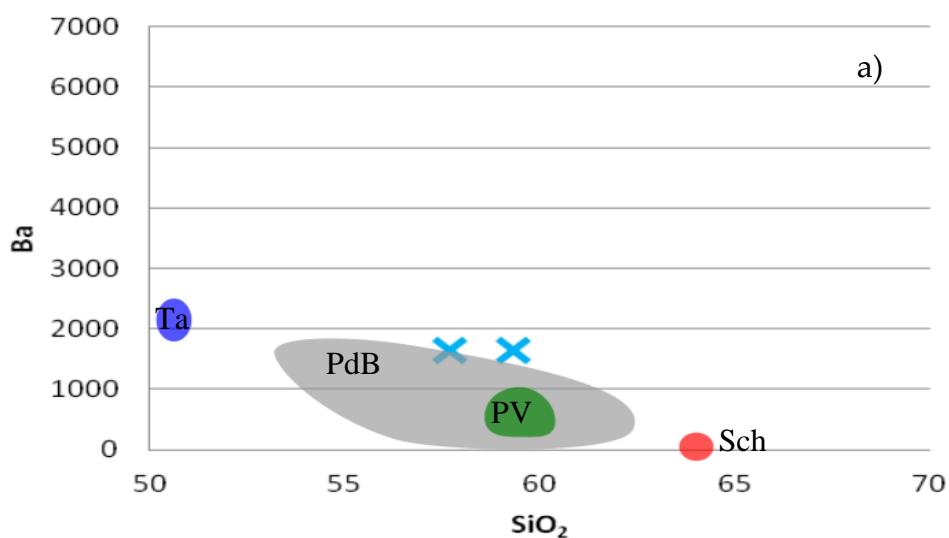
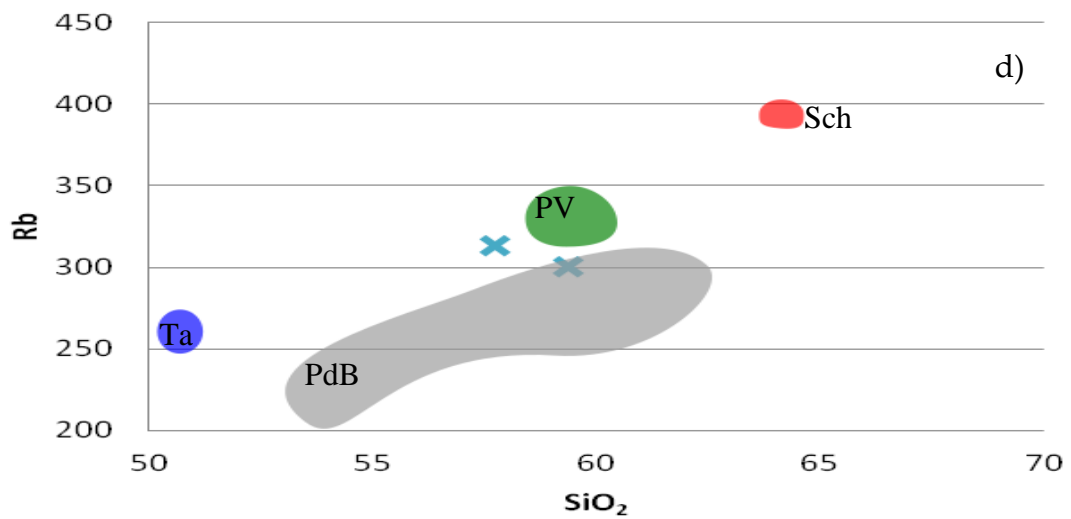
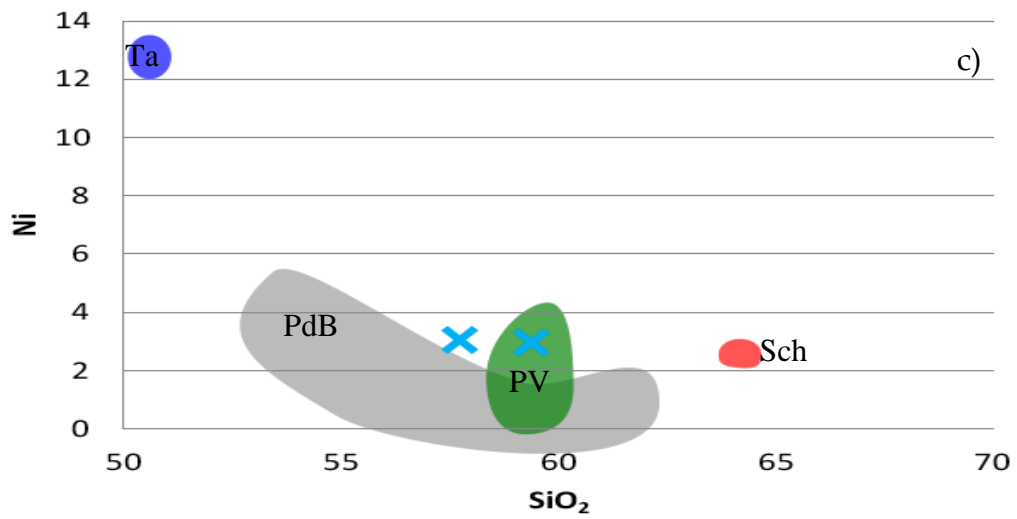
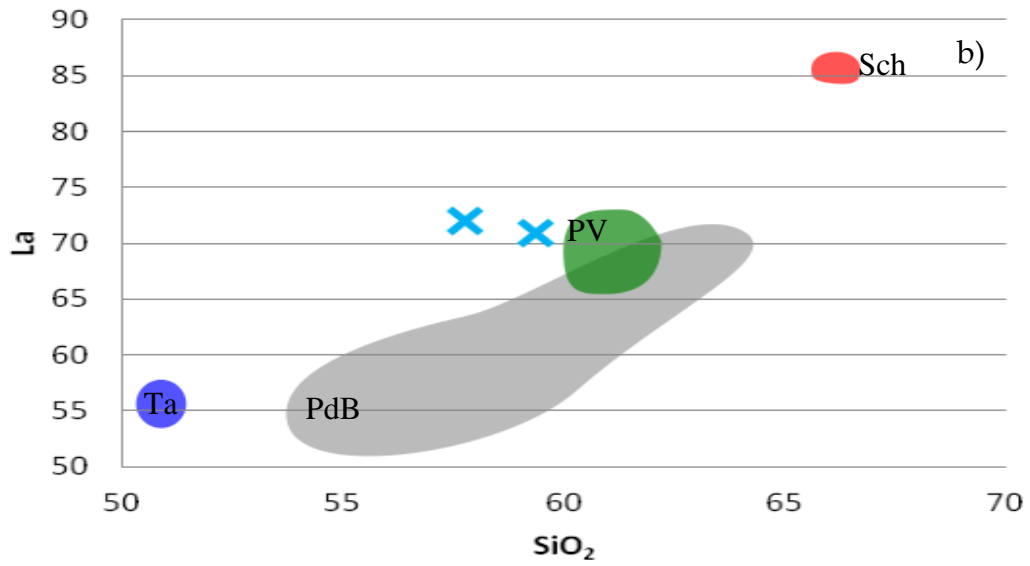


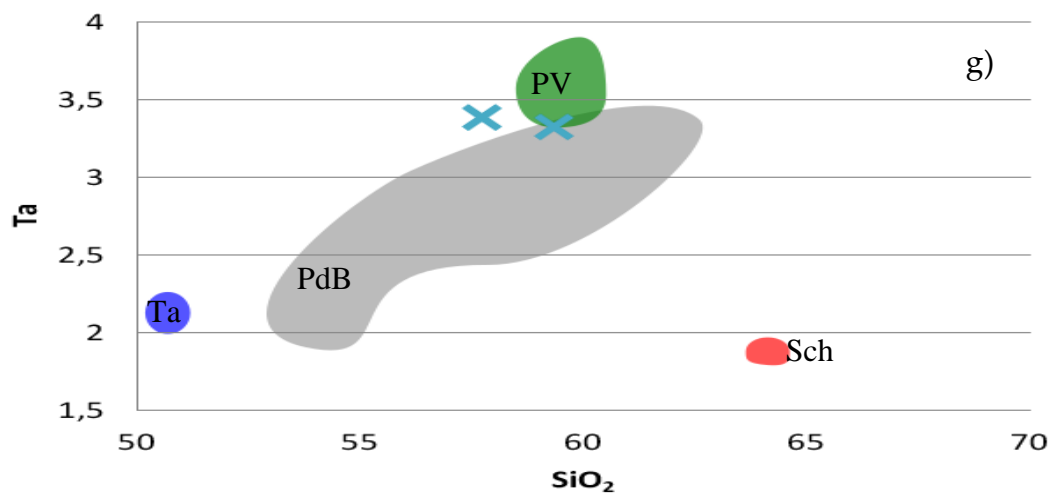
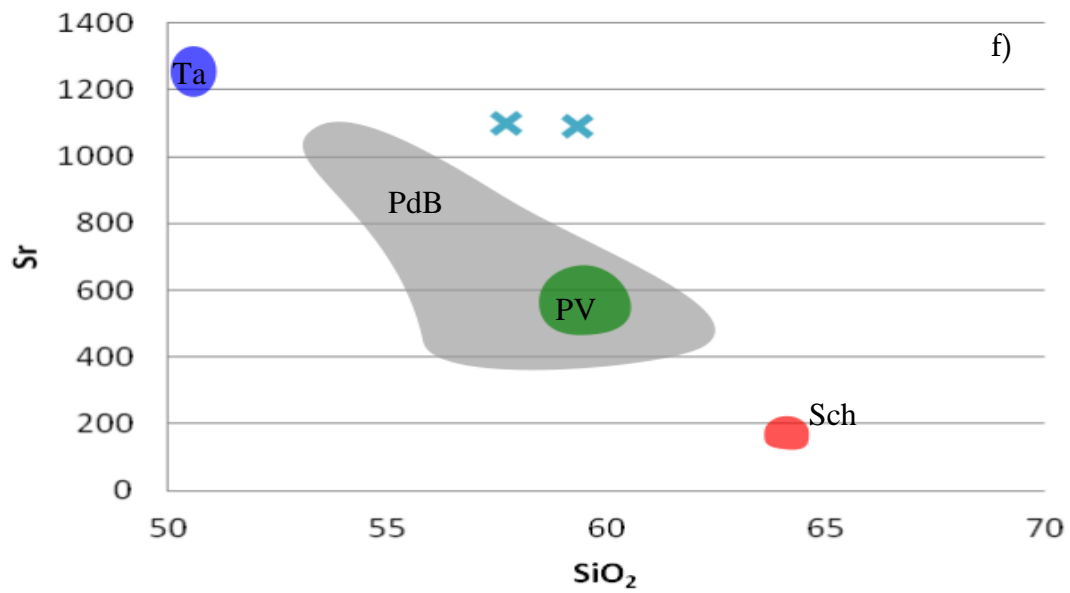
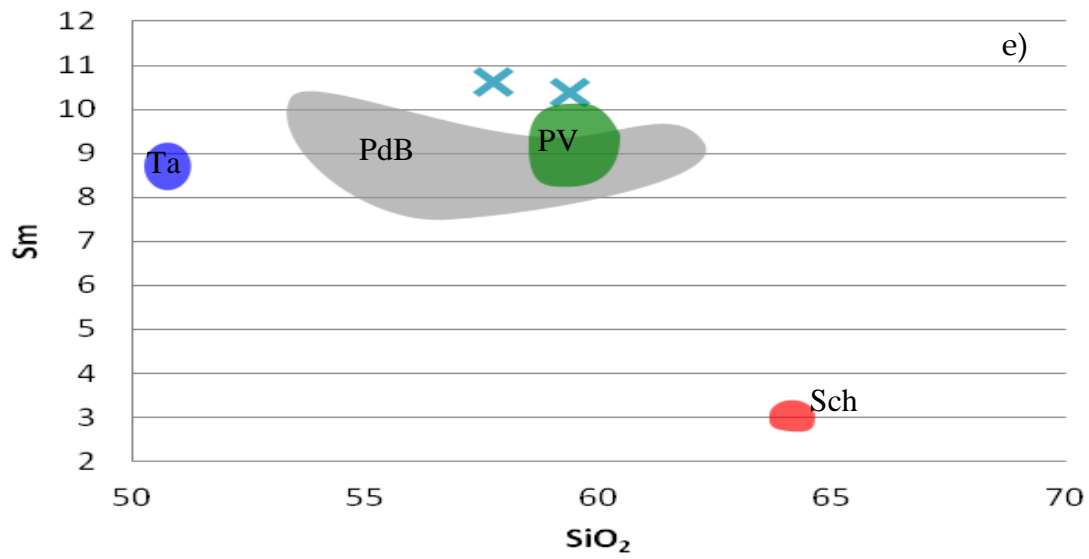
Figura 22: Rappresentazione dei diagrammi di Harker degli elementi maggiori e in traccia; ottenuti tramite XRF. Simbologia: Ta=Taurano; Sch=Schiava; PdB=Pomici di Base e PV=Pomici Verdoline. Rombi Rosa= questo studio; Triangoli verdi= Di Vito et al., 2008 e Croci azzurre=Santacroce et al., 2008.

Per questo studio sono stati utilizzati i dati ottenuti dalle analisi all'ICP (*Induced Coupled Plasma*) di Santacroce et al., 2008. Questi sono riportati in tabella 4 e graficamente rappresentati in figura 23.









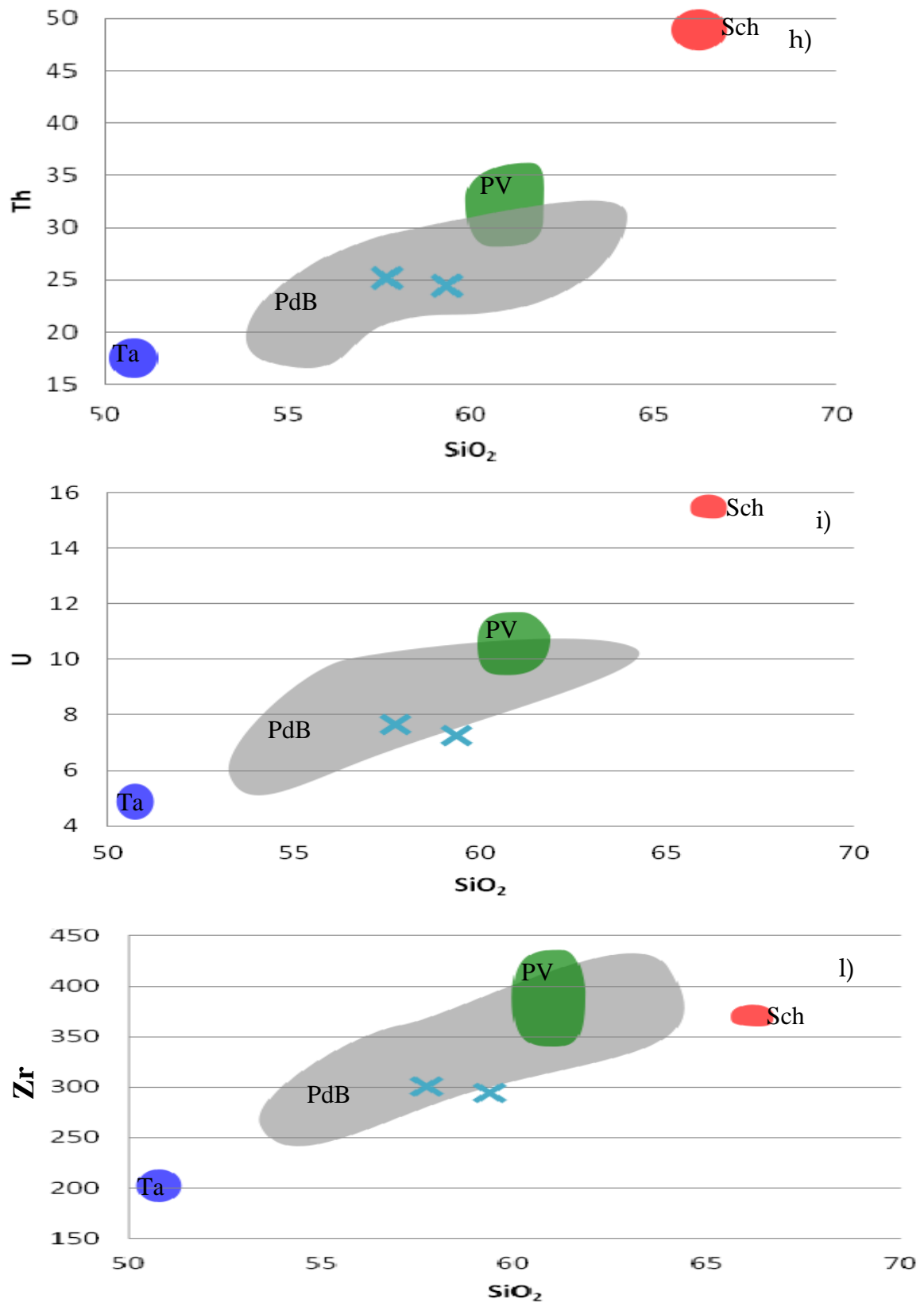


Figura 23: Diagrammi degli elementi in traccia verso la silice. Simbologia vedi figura 22

Sono state effettuate analisi isotopiche, presso i laboratori dell'Osservatorio Vesuviano (OV), sezione di Napoli dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia con il *Thermal Ionizzazione Mass Spectrometry (TIMS.)* I dati isotopici dello  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  e del  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  sono stati misurati sulle pomici e sui cristalli di olivina, clinopirosseni (verde chiaro e verde scuro) e feldspato. I dati ottenuti sono rappresentati in tabella 5 e graficamente rappresentati in figura 24. I rapporti isotopici  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ , delle pomici e delle scorie, variano da 0,707263 a 0,707298, mentre i valori isotopici del  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  variano tra 0.512467 a 0.512471. Inoltre, imprevisti tecnici non ci hanno permesso di ottenere in tempistiche ragionevoli i dati riguardanti le composizioni isotopiche dei cristalli.

| Campioni                  | $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ | errore   | $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ | errore   |
|---------------------------|---------------------------------|----------|-----------------------------------|----------|
| <b>C4 base</b>            | 0,707293                        | 0,000006 | 0,512470                          | 0,000005 |
| <b>C4 int<sup>^</sup></b> | 0,707263                        | 0,000004 | 0,512471                          | 0,000006 |
| <b>C2 top chiare</b>      | 0,707272                        | 0,000006 | 0,512467                          | 0,000006 |
| <b>C2 top scure</b>       | 0,707289                        | 0,000006 | -                                 |          |
| <b>C2 top grigie</b>      | 0,707288                        | 0,000006 | 0,512471                          | 0,000006 |
| <b>C2 base chiare</b>     | 0,707282                        | 0,000006 | -                                 |          |
| <b>C2 base scure</b>      | 0,707298                        | 0,000006 | -                                 |          |

Tabella5:Dati isotopici dello Sr e del Nd

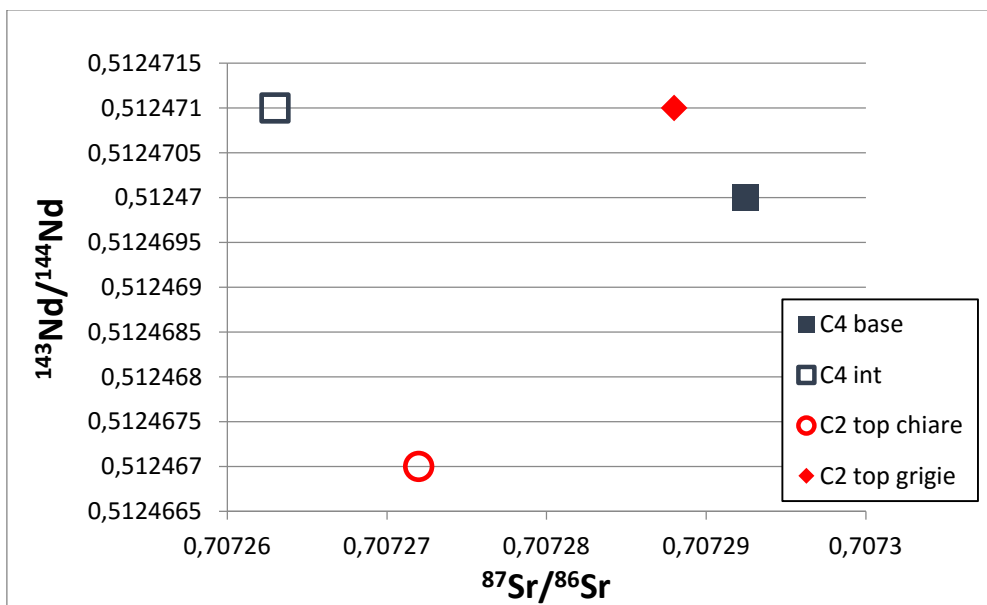


Figura 24: Diagramma  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  Vs  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$

## **Melt Inclusion**

Durante le analisi dei cristalli di clinopirosseno e olivine tramite microscopio ottico a luce trasmessa polarizzata (dovrebbe essere questo il nome) sono state rinvenute delle inclusioni (melt inclusion). Le melt inclusions, sono delle piccole “bolle” di vetro magmatico di dimensioni micrometriche (tra i 20 e i 50  $\mu\text{m}$ ) che vengono intrappolate in condizione di alte pressioni e temperature all'interno di alcuni cristalli. La presenza delle melt inclusion è molto importante perché forniscono informazioni sulla composizione e sull'evoluzione del magma originario. Tuttavia, la maggior parte delle inclusioni rinvenute sono localizzate su fratture e questo ha reso difficile effettuare le analisi di microtermometria.

## **3.5 Volumi**

Dai pochi affioramenti individuati è stato possibile realizzare una mappa teorica delle isopache, basandosi sugli affioramenti trovati in ambiente distale e medio-distale. In ambiente distale, depositi di cenere correlati all'eruzione di Codola sono stati riconosciuti nei record stratigrafici del Lago di Monticchio, localizzati a circa 100 km a est dal Somma-Vesuvio con uno spessore di 7 cm (Tm-16, *Wulf et al., 2004*); e nei depositi lacustri di San Gregorio Magno a circa 80-100 km sud-est dai vulcani campani con uno spessore di 20 cm (S-18, *Munno e Petrosino 2006-7*). In ambiente medio – distale, invece, i depositi riconosciuti appartenenti a quest'eruzione sono stati localizzati tra la penisola Sorrentina e il Plateau di Visciano (Tomlinson et al., 2014). La ricostruzione delle mappe delle isopache per i depositi ci ha permesso di stimare il volume dell'eruzione e il suo asse di dispersione.

In accordo con *Giaccio et al., 2008* si osserva un asse di dispersione verso sud-est, suggerendo come possibile sorgente il Somma – Vesuvio (Fig. 25)

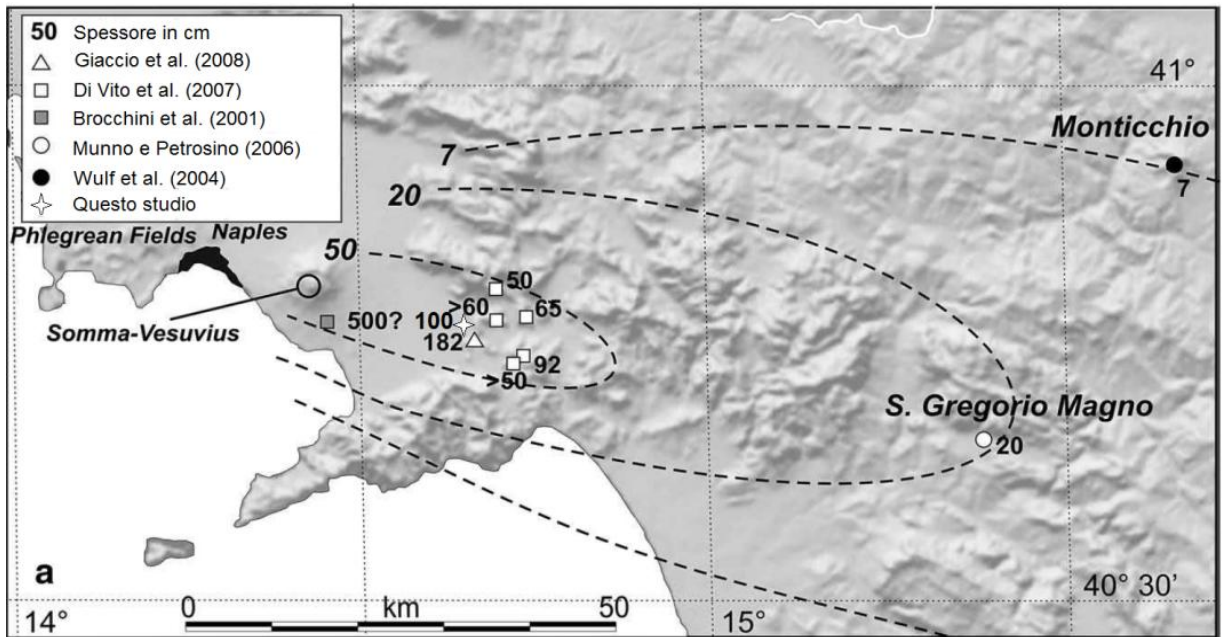


Figura 25: Ricostruzione della mappa delle Isopache. (Giaccio et al., 2008, modificata)

Basandoci sulla mappa delle isopache di figura 26, il volume è stato calcolato applicando il metodo di *Pyle et al., (1989)*, che si basa su un metodo empirico in cui il calcolo del volume avviene tramite l'interpolazione e l'estrapolazione di dati riportati su un grafico, logaritmo dello spessore versus la radice quadrata dell'area. Questo metodo si basa sull'osservazione che i depositi di tefra si "assottigliano" man mano che ci allontaniamo dalla sorgente.

Tuttavia, per poterlo utilizzare si deve fare l'assunzione che le isopache abbiano forma circolare o ellittica. Per una visione più approfondita sul metodo consultare *Pyle et al. 1989*. Il volume così stimato ricade in un range di 0.20 - 0.70 km<sup>3</sup> (Tabella 5).

|                   | $A^{1/2}$ | Area km <sup>2</sup> | Spessore in km |
|-------------------|-----------|----------------------|----------------|
| <b>Isopaca 3</b>  | 151,855   | 23060                | 0,00003        |
| <b>Isopaca 7</b>  | 80,87     | 6540                 | 0,00007        |
| <b>Isopaca 20</b> | 45,858    | 2103                 | 0,0002         |
| <b>Isopaca 50</b> | 19,748    | 390                  | 0,0005         |

Tabella 3: Dati di area e spessore

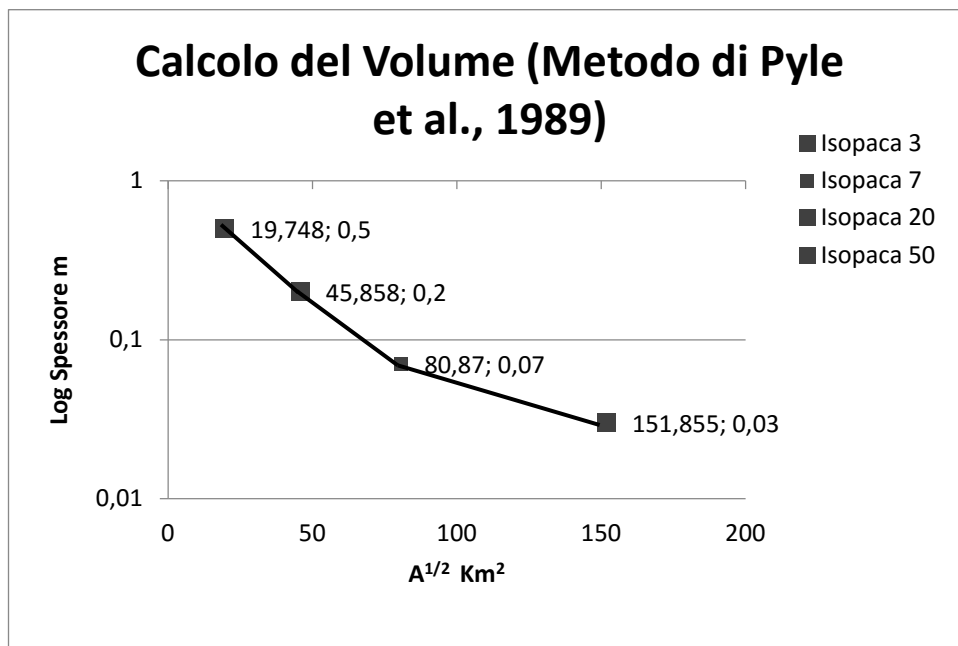


Figura 26: Calcolo del volume tramite metodo di Pyle et al., 1989

Il volume così calcolato ci ha permesso di stimare l'altezza della colonna eruttiva, come descritto da Mastin et al., 2009. Il risultato varia in un range compreso tra 21 e 24 km. Conoscendo le misure approssimative di volume e altezza è stato possibile ricavare il *Mass discharge rate (MDR)* che risulta essere compreso tra  $10^7$  e  $10^8$  kg/s.

## 4 Discussione

Le osservazioni alla microsonda elettronica hanno permesso di riconoscere la tessitura delle bolle e le principali specie mineralogiche presenti. Una stima preliminare, sulle principali fasi mineralogiche, è stata ricavata rapportando la superficie della sezione del campione con la superficie occupata dai cristalli. Si tratta di una stima ottica, che benché possa essere rapida e qualitativa, è una metodologia del tutto soggettiva; quindi utile per avere una conoscenza preliminare del campione. I campioni analizzati risultano afirici o scarsamente porfirici, solo pochi di essi contengono infatti circa il 5-20% di fenocristalli. Le specie presenti in ordine di abbondanza sono:

- Clinopirosseno
- Analcime
- Flogopite
- Feldspati
- Ossidi di Fe e Ti
- Olivine (rare)

Di seguito si riporta una breve descrizione dei campioni analizzati:

CD-1-b: Aspetto vescicolato, le bolle sono sia sferiche che allungate. La presenza dei cristalli è minima e si individuano solo piccoli cristalli di pirosseno (scala del micron).

CD-pomici (a e b): Scarsamente porfirica e da micro a nano cristallina. Le bolle sono sia di forma sferiche che allungata. La biotite è il più frequente dei fenocristalli. Si osservano, inoltre, piccoli cristalli di analcime, clinopirosseno, feldspato e ossidi con dimensioni che variano da nanometri e micrometri.

CD-scorie: Sono più porfiriche e microcristalline e più vescicolate delle pomice. Le bolle hanno una forma sia sferica che sub-sferica.



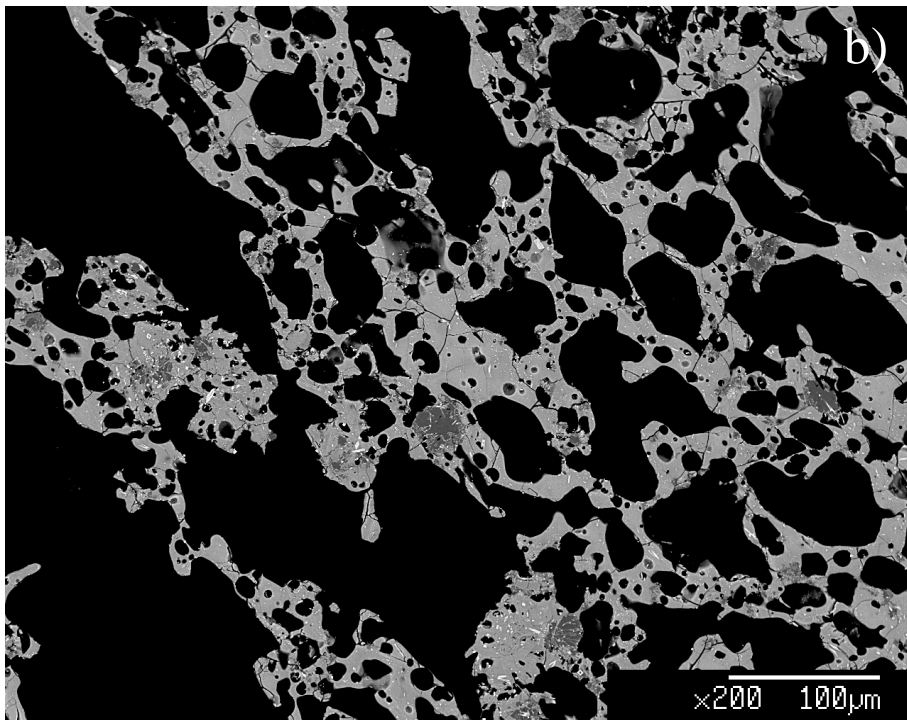
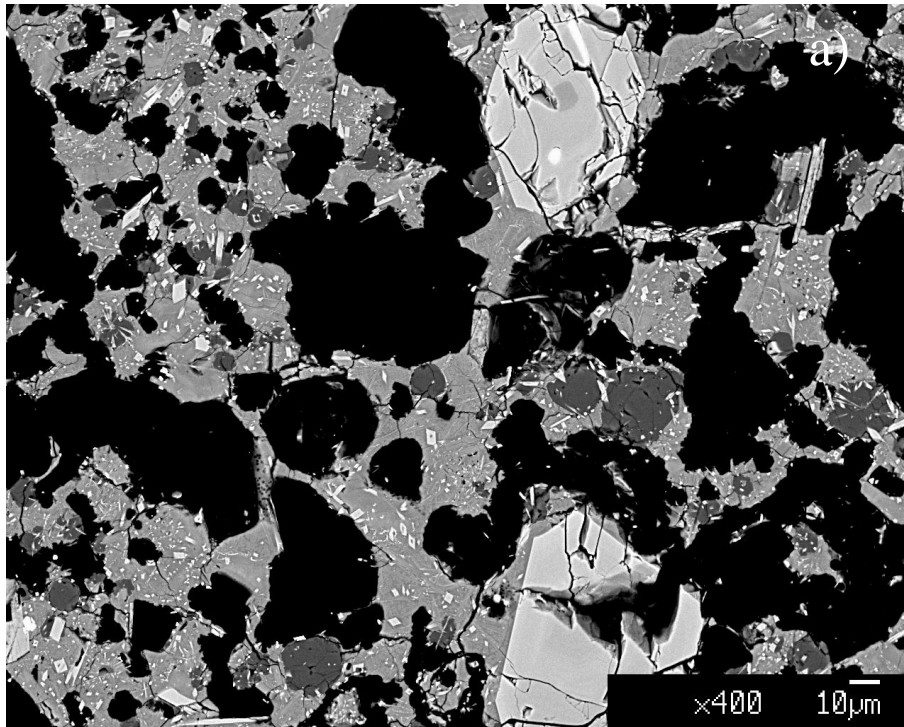


Figura 27: Immagini al SEM di campioni di scorie e pomici. Analcime: grigio scuro; Pirosseni: forme allungate bianche; Feldspato: grigio intermedio; Vetri: grigio; Biotite: grigio chiaro.

I minerali di analcime, presenti in tutti i campioni, possono essere considerati come la trasformazione secondaria della leucite, che avviene a causa del processo di analcimizzazione. Il processo di analcimizzazione può essersi verificato grazie alle fratture presenti sui cristalli, che hanno permesso ai fluidi idro-magmatici l'allontanamento del potassio dal reticolo cristallino e la sostituzione di questo con il sodio. La trasformazione da leucite ad analcime dovrebbe essersi verificata durante un processo sin-eruttivo. Quest'idea è supportata dalle forme abbastanza regolari dei cristalli di analcime.

#### **4.1 Aspetti geochimici**

Le analisi a fluorescenza a raggi X (XRF) effettuate sui campioni selezionati hanno fornito i valori indicati in tabella 3. I valori ottenuti sono stati normalizzati a 100, plottati su un diagramma TAS, e, infine, integrati con dati di lavori precedenti (Di Vito et al., 2008; Santacroce et al., 2008) e con i dati di altre quattro eruzioni del Somma-Vesuvio, Taurano, Schiava, Pomici di base e Pomici Verdoline. I campioni analizzati sul diagramma TAS si collocano nel campo delle trachiti. La composizione trachitica ottenuta, ricade nel campo delle Pomici di Base e delle Pomici Verdoline (Gruppo I). Questo è probabilmente uno dei motivi principali che hanno portato ad attribuire l'eruzione di Codola al Somma - Vesuvio, i cui prodotti sono appunto caratterizzati da affinità trachitica. Nella figura 28 sono stati inseriti i dati di composizione relativi alle eruzioni avvenute nell'arco di tempo fra 39ka a 14ka dei Campi Flegrei (comunicazione personale Piochi M.) con i dati del I gruppo del Somma -Vesuvio (Santacroce et al., 2008; Di Vito et al., 2008 e comunicazione personale Piochi M.). È possibile delimitare due campi distinti, in minima parte sovrapposti; il primo relativo a campioni vesuviani, il secondo relativo a campioni flegrei.

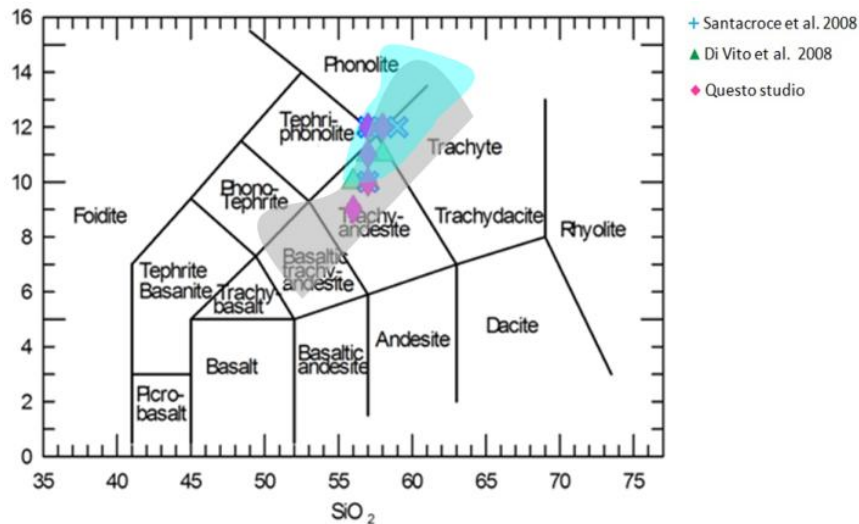


Figura 28: Diagramma Total Alkali Vs Silica. Il campo grigio comprende i dati delle Pomice di Base, Pomice Verdoline, Taurano e Schiava. Il campo azzurro comprende i dati dei Campi Flegrei riferiti al periodo compreso tra 39 e 14ka.

Come si osserva in figura 28 i campioni ricadono all'interno dei due campi. Basandoci esclusivamente sul diagramma TAS non è possibile definire una sorgente eruttiva per i prodotti di Codola. Tuttavia, le analisi effettuate sulle scorie, hanno mostrato un'affinità più simile ai prodotti vesuviani che a quelli flegrei. Le scorie, infatti, mostrano una più alta cristallinità caratterizzata da clinopirosseno, flogopite e analcime (interpretata come ex leucite), le quali risultano più simili ai prodotti vesuviani che a quelli flegrei. A differenza dei nostri campioni, le pomice e le scorie dei Campi Flegrei presentano generalmente una bassa cristallinità, la mica nera è rara e la leucite è un minerale "occasionale". Le misure dei rapporti isotopici che rivelano un rapporto isotopico della Sr e del Nd, di 0,707263 - 0,707298 e di 0,512467 - 0,512471, rispettivamente, avvalorano l'ipotesi di un'origine vesuviana. Le composizioni isotopiche ricadono perfettamente nel range composizionale del Somma-Vesuvio che è compreso tra 0,706 - 0,708 e non nell'intervallo isotopico dei Campi Flegrei indicato da Pappalardo et al., (1999).

Pappalardo et al., (1999) suddividono i prodotti dei Campi Flegrei in tre periodi: i) pre-Ignimbrite Campana (IC); ii) Post-IC - Tufo giallo Napoletano (TGN); iii) post-TGN. Nell'arco di tempo in cui si ritiene sia avvenuta l'eruzione di Codola, i Campi Flegrei hanno emesso dei prodotti con una composizione isotopica  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$

compresa tra 0.70745-0.70756 e quindi più alti dei rapporti isotopici che si sono ottenuti da questo studio.

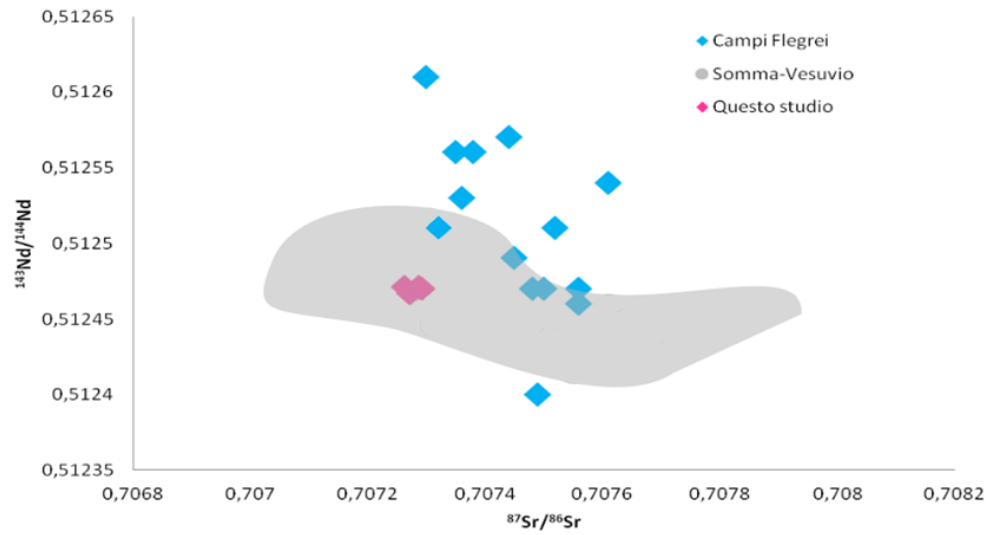


Figura 29: Diagramma  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  Vs  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ . I dati isotopici dei campi flegrei sono indicativi dell'arco di tempo tra Post-IC e TGN.

### 4.1.1 Processo di cristallizzazione frazionata

I diagrammi di variazione degli elementi maggiori in funzione della silice (% in peso), utilizzata come indice di differenziazione, sono mostrati in fig. 22: con l'aumentare della silice è osservabile una continua diminuzione delle concentrazioni di  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{FeO}_{\text{TOT}}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{Ba}$  e  $\text{Sr}$  e un incremento di  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Nb}$  e  $\text{Zr}$ . Dai diagrammi di Harker si osserva come i campioni di Codola siano ben correlati ai campioni di Taurano. La correlazione è ben evidenziata da linee di tendenza che presentano un andamento piuttosto regolare. Questo indica un probabile processo di cristallizzazione frazionata.

Nel tentativo di quantificare i processi di cristallizzazione frazionata che hanno generato i campioni di Codola sono stati utilizzati bilanci di massa e modelli petrogenetici di Treuil e Varet (1973). I calcoli di bilancio di massa sono stati eseguiti sulla base delle composizioni relative agli elementi maggiori dei campioni e delle fasi mineralogiche individuate attraverso la microsonda elettronica e da dati di letteratura. È stato utilizzato il programma *XLFRAC* di Stormer e Nicholls (1978) per risolvere i calcoli di bilancio di massa attraverso equazioni del tipo:

$$a. \quad el_{\text{magma1}} - \sum(X_{\text{Fase}} * el_{\text{fase}}) = el_{\text{magma2}}$$

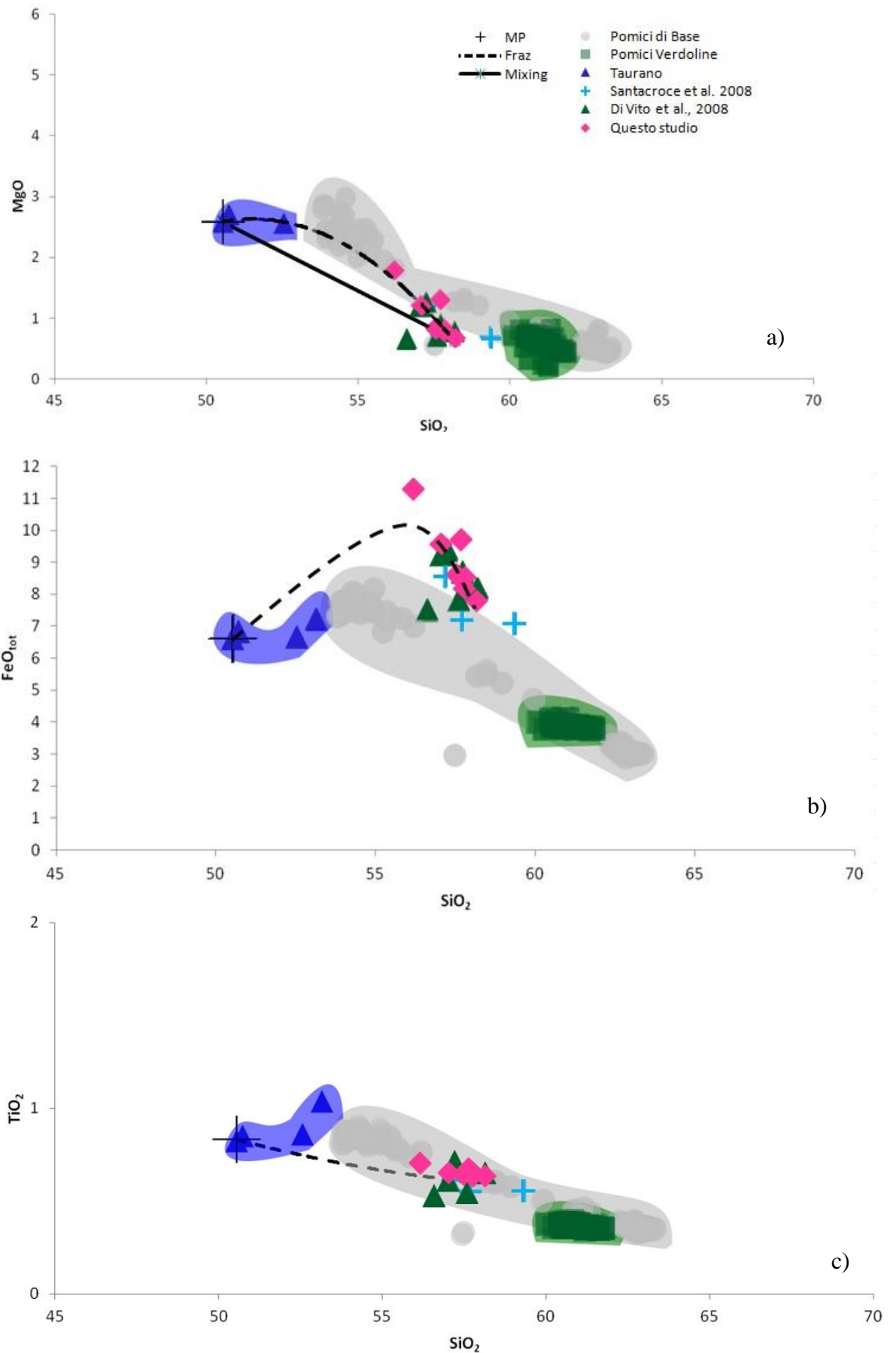
$$b. \quad \Sigma r^2 = \sum_{el=l,n} (\Delta_{\text{osservate}_{el}} - \Delta_{\text{calcolato}_{el}})^2$$

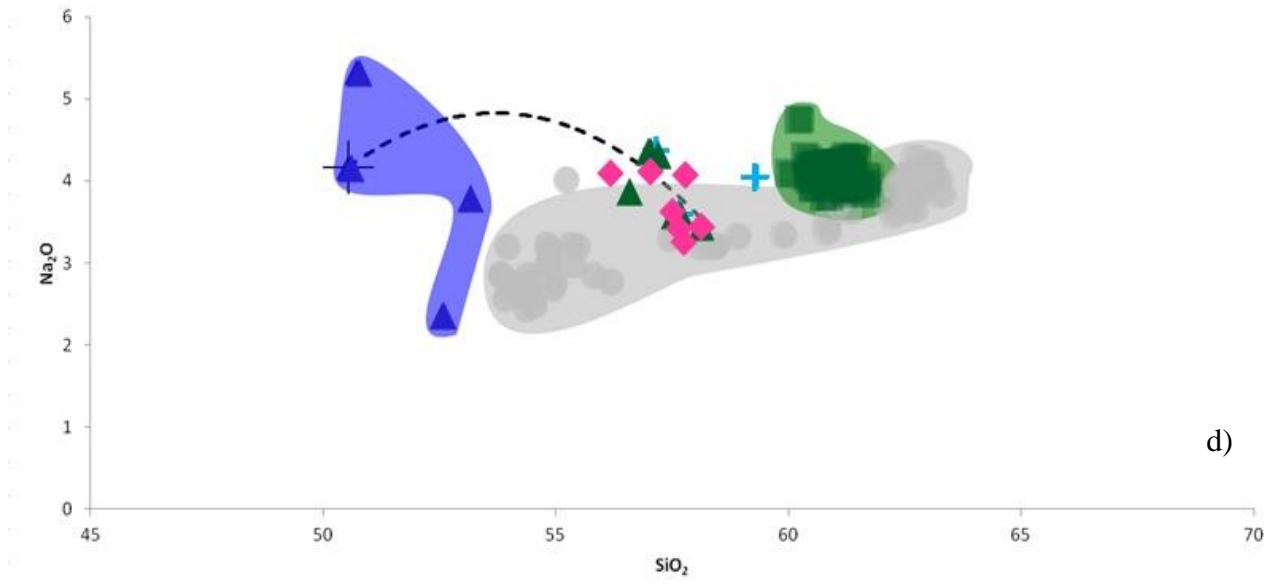
dove  $el$  rappresenta le concentrazioni dell'elemento del fuso;

$X_{\text{Fase}}$  è la frazione in peso della fase frazionata

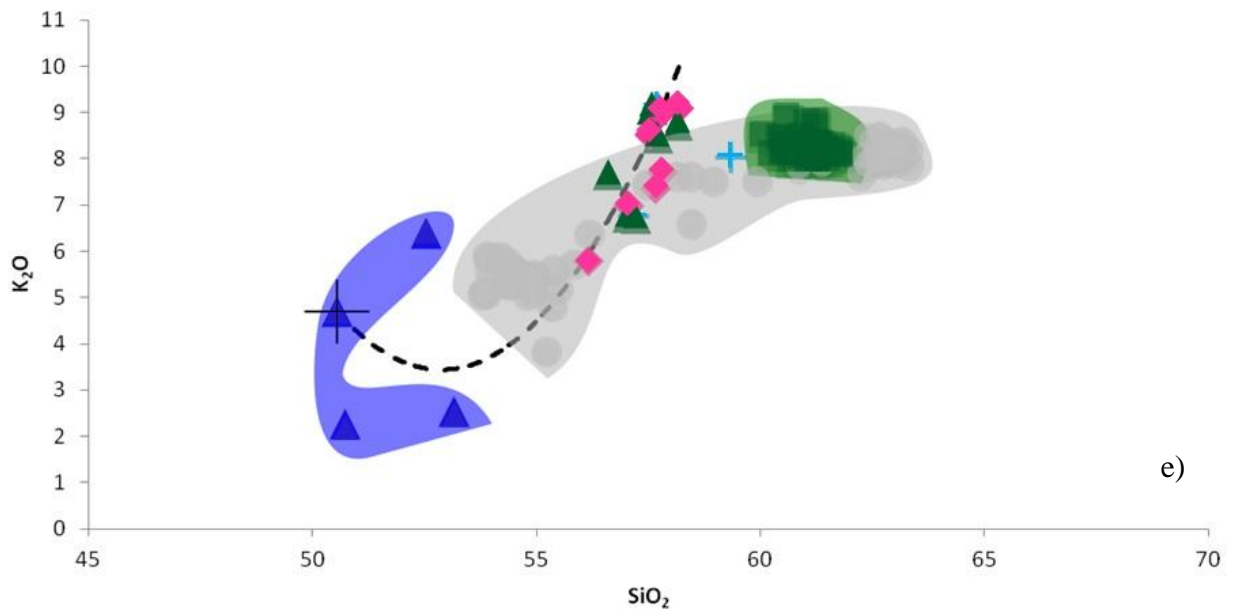
Questa metodologia consiste nel calcolare la composizione di un magma figlio sottraendo specifici minerali da una roccia rappresentante un magma genitore (MP); il valore così ottenuto viene paragonato con la composizione di una roccia considerata rappresentativa di un possibile magma figlio. L'accordo tra le concentrazioni degli elementi maggiori calcolate ed osservate nel magma figlio è considerata accettabile, quando lo scarto quadratico medio ( $\Sigma r^2$ ) è minore di uno. I risultati dei modelli sono riportati in Appendice. Il primo modello di cristallizzazione ipotizza un possibile frazionamento da Taurano al campione di Codola meno evoluto. I risultati di tale simulazione provano che è possibile descrivere questo processo attraverso cristallizzazione frazionata sottraendo, dal magma genitore circa lo 87% di un'associazione di minerali, consistente principalmente in plagioclasio, clinopirosseno, anfibolo, leucite e ossidi. Questo processo ha dato valori dello scarto quadratico medio inferiori a uno (0.92). La seconda simulazione ipotizza un processo di cristallizzazione frazionata tra il campione di Codola meno evoluto a quello più evoluto. Un tale modello richiede la sottrazione di un'associazione di minerali, composta da plagioclasio, clinopirosseno, sanidino, biotite e ossidi (solido rimosso 68.6%). Anche in questo caso è stato ottenuto uno scarto quadratico medio inferiore a uno (0.11). In Appendice sono riportati i valori del frazionamento.

Nelle Figure sottostanti sono riportati i grafici più significativi per il frazionamento.





d)



e)

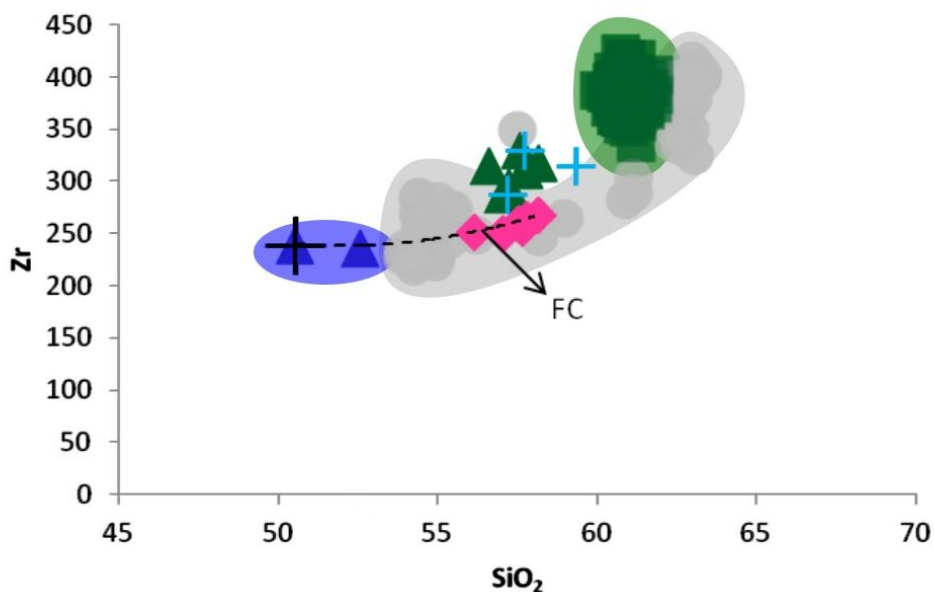
Figura 30: Diagramma di Harker per gli elementi maggiori



Il digramma FeO Vs SiO<sub>2</sub> (fig. 30b) merita un discorso particolare in quanto mostra un cambiamento di tendenza fra la concentrazione in aumento nel fuso da Taurano al campione di Codola meno evoluto e la diminuzione che avviene dal campione meno evoluto a quello più evoluto di Codola. Questo andamento può essere spiegato dalla cristallizzazione del pirosseno, rispetto al quale il Fe è un elemento compatibile.

Dal diagramma Na<sub>2</sub>O Vs SiO<sub>2</sub> (fig.30d) si osserva una diminuzione delle concentrazioni del sodio al procedere della differenziazione. Tale diminuzione è associata alla cristallizzazione dei feldspati alcalini.

Un discorso diverso deve essere fatto per il diagramma TiO<sub>2</sub> Vs SiO<sub>2</sub> in quanto dal grafico (fig.30c) si può notare un andamento pressoché lineare che indica che non è avvenuto nessun tipo di cristallizzazione particolare ma che vi è stato un processo di mixing. Per confermare quest'ipotesi sono state studiate le variazioni di concentrazione di alcuni elementi in traccia al procedere della differenziazione (cioè all'aumentare del contenuto in silice). Tra gli elementi in traccia analizzati, sono stati scelti e le concentrazioni di Rb, Sr, Ba, Zr e Nb. Le concentrazioni di questi elementi ottenute tramite fluorescenza a raggi X sono state quindi plottate rispetto al contenuto in silice (fig. 31). È stato utilizzato il programma FC-AFC-FCA and MIXING MODELER di Ersoy e Helvacı 2010, che utilizza le equazioni di Rayleigh per ottenere le concentrazioni degli elementi in traccia nel melt finale.



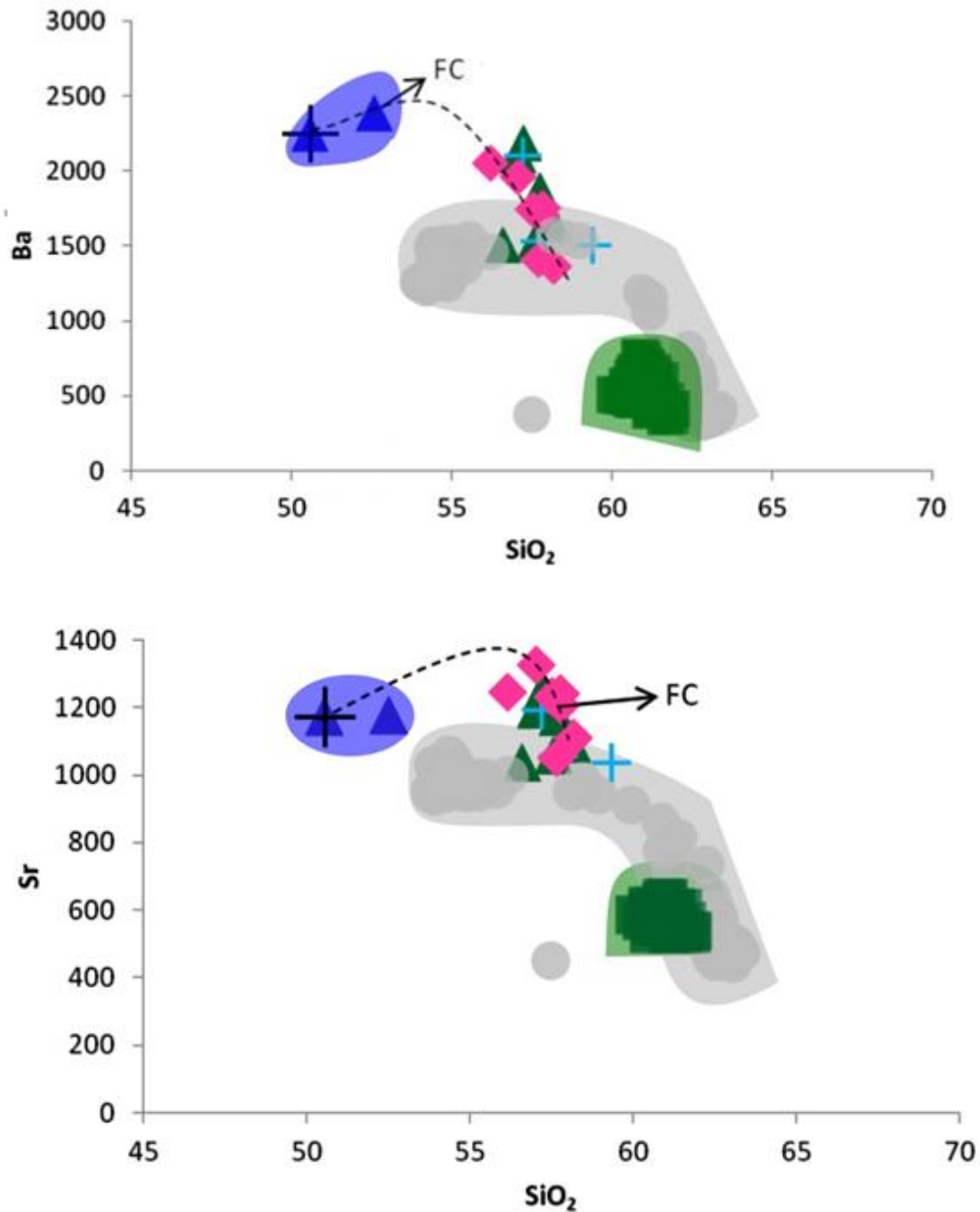


Figura 31: Contenuto di alcuni elementi in traccia nel melt al procedere della cristallizzazione. La simbologia è riportata in figura 32

Nei diagramma Ba Vs SiO<sub>2</sub> e Sr Vs SiO<sub>2</sub> (Fig 31) si osserva un inversione di tendenza da un iniziale arricchimento in Ba e Sr a un successivo impoverimento. Questo comportamento è causato dal fatto che inizialmente il Ba e lo Sr si comportano da elementi incompatibili quindi aumentano con l'aumentare della silice fino a quando non iniziano a cristallizzare le fasi minerali in cui essi

entrano, in questo caso k-feldspato e plagioclasio. Inoltre, se prendiamo in considerazione il campo delle pomice di base è possibile osservare due diversi trend, con un path comune a circa 58%wt SiO<sub>2</sub>, punto in cui inizia a cristallizzare il K-feldspato.

Nel diagramma Zr Vs SiO<sub>2</sub>, si osserva come lo Zr si comporta da elemento incompatibile, infatti con l'aumentare della silice aumenta anche la concentrazione in Zr.

Un altro metodo che conferma un processo di cristallizzazione frazionata è dato dal modello di Treuil e Varet (1973), basato sul comportamento degli elementi in traccia della prima serie di transizione (First Transition Series-FTSE) e degli elementi igromagmatofili (HYG). Da questo modello si osservano delle correlazioni lineari passanti per l'origine (Fig. 32).

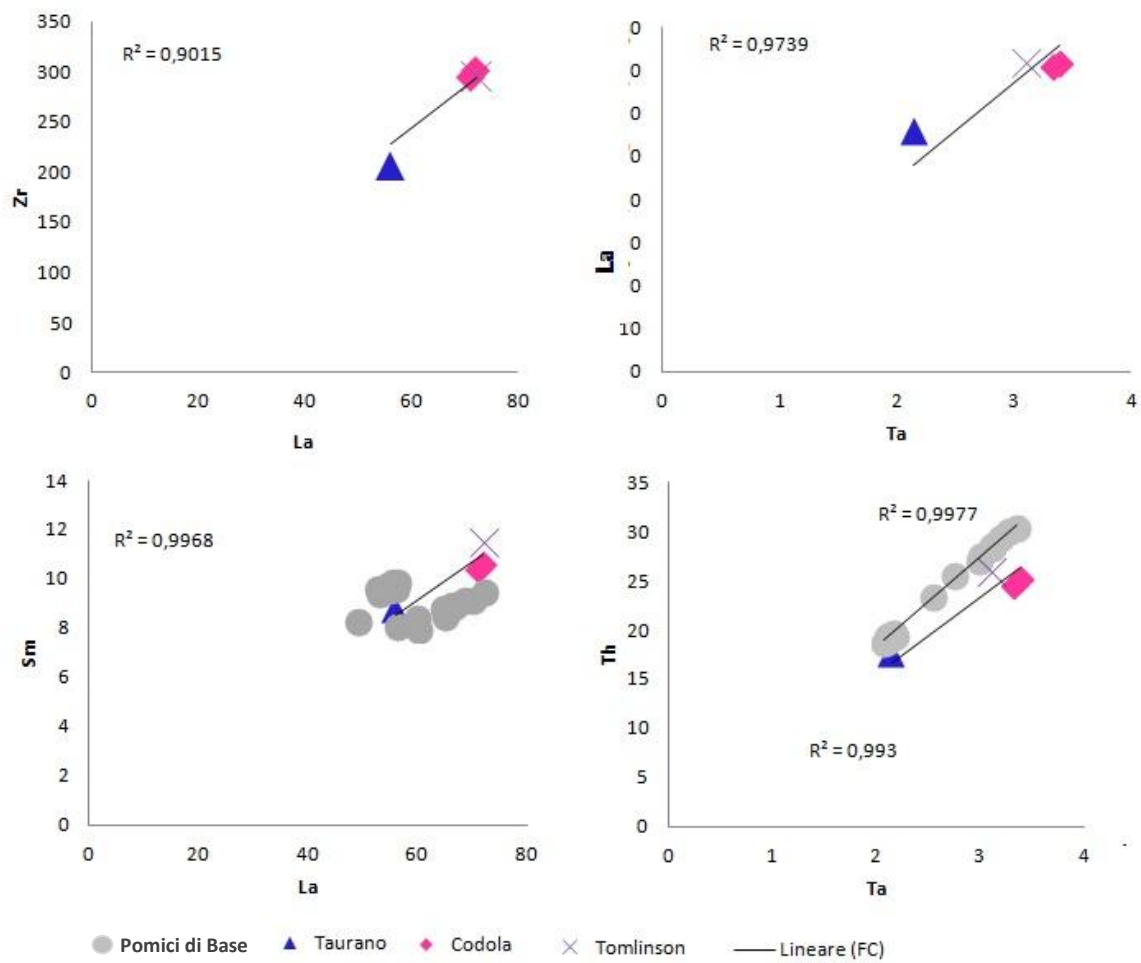
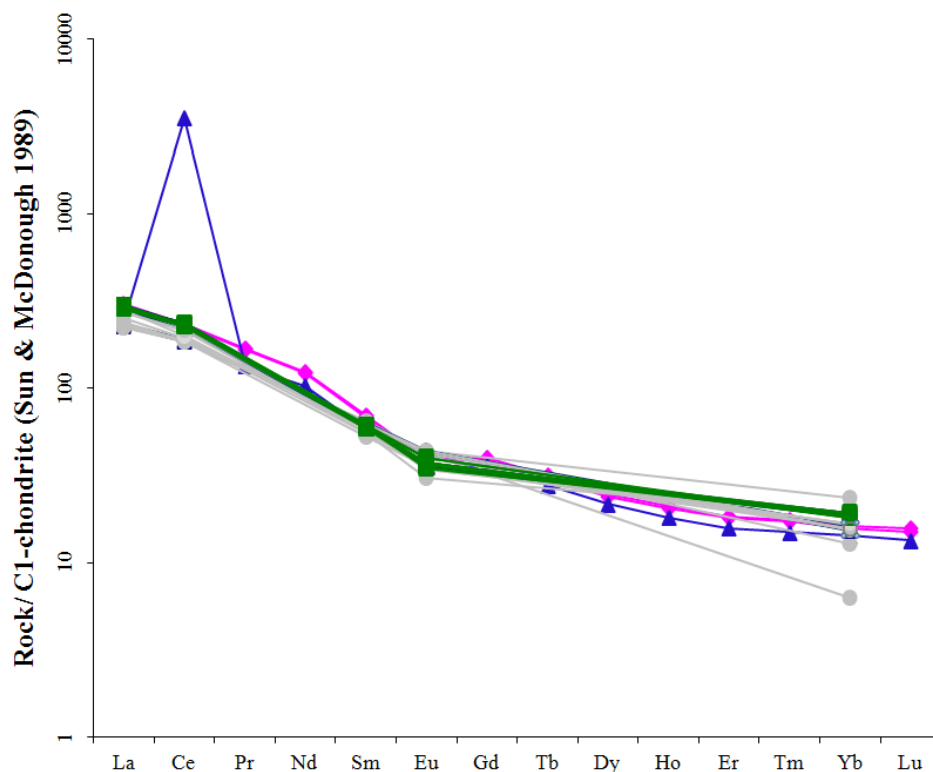


Figura 32:Diagrammi Ta verso La e Th; La verso Sm e Zr. Nel Diagramma sono riportate le concentrazioni ottenute con misurazione ICP-MS. I dati riportati sono dei lavori di Santacroce et al., 2008 e Tomlinson et al., 2014.

I contenuti degli elementi in traccia relativi alle rocce studiate, sono stati plottati in diagrammi multi elementi, normalizzate a quelle del mantello primordiale (PM; Sun e McDonough 1989). In linea generale tutti i campioni risultano maggiormente arricchiti negli elementi più incompatibili ed hanno degli andamenti caratterizzati da anomalie negative in Ti e Ba. Un'anomalia positiva in La e una marcata anomalia negativa in Zr si individuano nel campione di Taurano. Mentre i diagrammi relativi alle concentrazioni normalizzate ai valori condritici (Sun e McDonough 1989) rivelano arricchimenti maggiori nelle terre rare leggere che in quelle pesanti. Tutti i campioni sono caratterizzati inoltre da lievi anomalie negative in europio (Eu). In entrambi gli spider diagram si riscontrano andamenti discendenti associati al frazionamento delle LREE rispetto alle HREE.



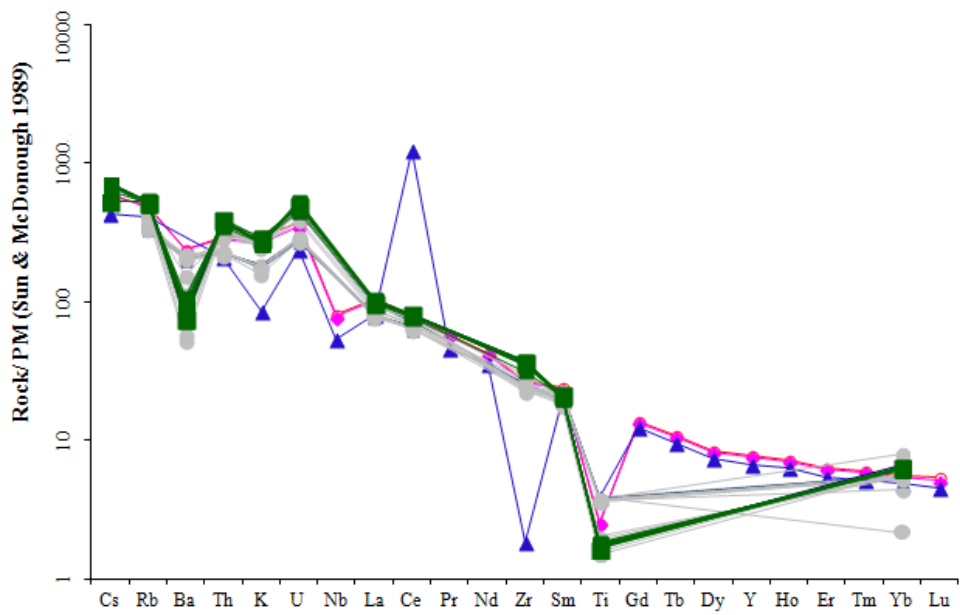


Figura 33: Diagramma delle concentrazioni degli elementi incompatibili normalizzate al mantello primordiale (a). Diagramma delle concentrazioni delle Terre Rare normalizzate alle condriti (Sun e McDonough 1989) (b). Simboli vedi figura 34

## 5 Conclusioni

Con questo lavoro di tesi abbiamo voluto fornire nuovi dati sull'eruzione di Codola, con lo scopo di ottenere un quadro generale più informativo sull'evoluzione magmatologica delle camere pliniane e sub pliniane del Somma – Vesuvio.

I dati stratigrafici, elaborati in congiunzione con i dati presi dalla letteratura (Giaccio et al., 2008) hanno permesso di stimare il volume di quest'eruzione, compreso fra i 0,20 e i 0,70 km<sup>3</sup>. I dati sul volume hanno a loro volta permesso di calcolare un'altezza indicativa della colonna eruttiva, che varia in un range di 21 - 24km, la portata, che risulterebbe approssimativamente compresa tra 10<sup>7</sup> e 10<sup>8</sup> kg/s. Nel loro insieme, questi dati suggeriscono che Codola sia da annoverare tra le eruzioni subpliniane, con colonna oscillante in un regime transizionale, paragonabile all'eruzione trachitica delle Pomici verdoline ( $\approx$ 19ka).

Gli studi geochimici e isotopici ottenuti hanno fornito maggiori informazioni riguardanti questa eruzione, tramite i quali è stato possibile attribuirne una probabile origine vesuviana. Questi dati, insieme ai calcoli di frazionamento, indicano come possibile magma genitore una K-latite, da cui i termini trachitici di Codola si sarebbero evoluti per cristallizzazione frazionata. Secondo questo modello, il passaggio da K-latite alle trachiti meno evolute avviene per cristallizzazione di un'associazione di minerali, plagioclasio, clinopirosseno, anfibolo, leucite e ossidi. Il successivo passaggio dalle trachiti meno evolute alle trachiti più evolute avviene frazionando plagioclasio, clinopirosseno, sanidino, biotite e ossidi. A causa del limitato numero di sezioni sottili analizzate al SEM, esiste la possibilità che le fasi presenti nei campioni non siano del tutto rappresentate da queste sezioni. Per ovviare a questa limitazione, alcune delle fasi minerali introdotte nel nostro modello di frazionamento, sono state ricavate da lavoro di Di Vito et al., 2008.

In sintesi, si può concludere come i campioni di Codola siano ben correlati da un processo di cristallizzazione frazionata ai campioni di Taurano. Lo studio degli elementi in traccia ha confermato quanto supposto dal modello.

Inoltre, un'indicazione sulla temperatura è stata ottenuta plottando i dati di Codola sul diagramma TAS, che mostra il campo temperatura/composizione dei magmi vesuviani ricostruito da composizioni e temperature di omogeneizzazione nei cristalli di pirosseno; e sul diagramma di variazione della temperatura di omogeneizzazione in funzione del contenuto in CaO, utilizzato come termometro empirico per i prodotti vesuviani (Cioni et al., 1998,1999).

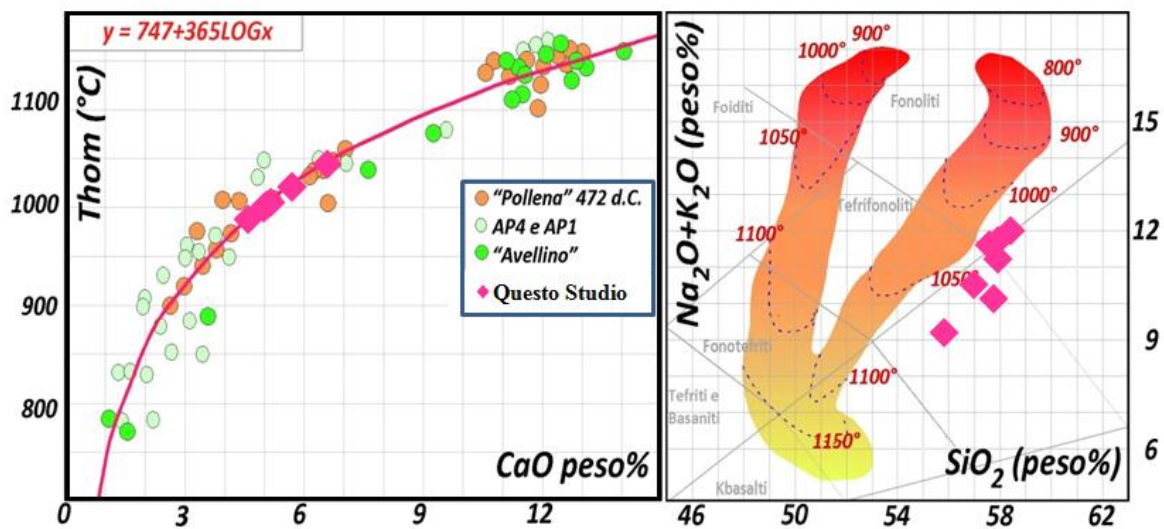


Figura 34: A sinistra: Diagramma Thom Vs CaO. La curva parabolica (di cui è indicata l'equazione con  $R^2=0.943$ ) è stata ottenuta dalle variazioni di Thom in funzione del CaO. A Destra: Diagramma TAS che mostra il campo delle temperature (Cioni et al 1998,1999)

Dalla figura 34 si osserva come i campioni ricadano in un range di temperatura compreso tra 970 – 1050°C.

L'ipotesi che suggerisco è che Codola si sia formata in una camera a medio alto rapporto d'aspetto, caratterizzata da una variazione composizionale dalla base al tetto, graduale e continua, in cui il magma che occupa la parte superiore rappresenta i magmi di Codola, mentre la parte inferiore è occupata dai magmi di Taurano. Durante l'eruzione si ha lo svuotamento parziale della camera, con l'emissione della sola parte trachitica (Codola). In seguito, si sarebbe verificata l'immissione di nuove masse magmatiche, a composizione più simile a quelli di Taurano, nella camera magmatica parzialmente svuotata. I processi successivi all'interno della camera avrebbero infine causato la formazione di un'interfaccia diffusiva che separa la parte



inferiore convettiva e più calda, dalla parte superiore stratificata e più fredda. La formazione di questa interfaccia determina il passaggio allo stadio successivo, con la formazione di una camera a medio-basso rapporto d'aspetto, a due falde, come quella delle Pomici di Base.

Queste ultime considerazioni rivelano la necessità di un ulteriore e approfondito studio che tenga conto della sequenza temporale dei prodotti emessi dalle eruzioni di Taurano, Codola e Pomici di base.

## 6 Appendice

### 6.1 Norma CIPW

Si tratta di un sistema convenzionale di rappresentazione delle analisi chimiche delle rocce ignee in forma di associazioni di minerali di riferimento e quindi con composizione chimica ideale ed invariabile. Tale sistema prende il nome delle iniziali dei quattro petrografi americani che l'hanno proposta: C.W. Cross, J.P. Iddings, L.V. Pirson e H.S. Washington; esso è indipendente dalla moda della roccia ed i costituenti mineralogici normativi sono espressi in peso. La procedura per il calcolo è rigorosamente fissata; ciò facilita eventuali confronti e/o utilizzazione di parametri normativi a fini classificativi. Le linee generali del procedimento (Johannsen, 1939)

1. Normalizzare a 100 la somma degli ossidi
2. Calcolare le proporzioni molecolari d'ossido dividendoli per il loro peso molecolare
3. Aggiungere il MnO mol. pro. a FeO mol. pro. (BaO e SrO sono aggiunti al CaO)
4. Assegnate il calcio al fosforo (P) in ragione di 3.33 per formare apatite
5. Se il  $\text{FeO} > \text{TiO}_2$  assegnate, una quantità di FeO uguale alla quantità di  $\text{TiO}_2$  per formare l'ilmenite. Se  $\text{FeO} < \text{TiO}_2$  l'eccesso di  $\text{TiO}_2$  è provvisoriamente assegnato allo sfene, usando una pari quantità di CaO (questo solo dopo aver assegnato il CaO all'anortite). SE c'è ancora eccesso di  $\text{TiO}_2$  si assegna al rutilo.
6. Provvisoriamente assegnare una quantità d'alluminio uguale al  $\text{K}_2\text{O}$  all'ortoclasio
7. Provvisoriamente assegnate l' $\text{Al}_2\text{O}_3$  in eccesso al NaO per formare albite. Se non ce n'è abbastanza saltate al punto 11
8. Tutto l' $\text{Al}_2\text{O}_3$  in eccesso sulla somma degli alcali ( $\text{NaO} + \text{K}_2\text{O}$ ) è assegnato al calcio per formare l'anortite

9. Se c'è ancora eccesso di  $\text{Al}_2\text{O}_3$  questo è assegnato al corindone
10. Se c'è un eccesso di calcio sull'alluminio questo è usato per formare il diopside e la wollastonite
11. Se c'è un eccesso di  $\text{Na}_2\text{O}$  sull' $\text{Al}_2\text{O}_3$  si usa per formare acmite. Assegnare una quantità di  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  pari all'eccesso di  $\text{Na}_2\text{O}$  per formare acmite. Non ci sarà anortite nella formula.
12. Se il  $\text{Fe}_2\text{O}_3 >$  del  $\text{Na}_2\text{O}$  assegnare una quantità uguale di  $\text{FeO}$  alla magnetite.
13. Se il  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  è ancora in eccesso assegnarlo all'ematite
14. Sommare il  $\text{MgO}$  al  $\text{FeO}$  rimanente. Calcolate le relative proporzioni
15. Tutto il calcio rimanente dopo aver formato l'anortite, è assegnato al diopside usando un'egual quantità di  $\text{FeO} + \text{MgO}$  distribuito in porzionea quanto determinato al punto precedente (14)

## 6.2 Analisi Taurano

### CLINOPIROSSENO

| Sigla                          | TAURANO     |             |             |             |             |               |                   |                   |                   |
|--------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|                                | TAURANO2-10 | TAURANO2-11 | TAURANO3-12 | TAURANO4-13 | TAURANO5-14 | TAURANO2-6-15 | TAURANO2<br>-6-16 | TAURANO3-<br>7-18 | TAURANO4<br>-8-20 |
| SiO <sub>2</sub>               | 44,82       | 45,68       | 45,02       | 45,51       | 42,27       | 43,91         | 42,46             | 47,18             | 46,32             |
| TiO <sub>2</sub>               | 1,80        | 1,39        | 1,55        | 1,66        | 2,34        | 1,69          | 2,05              | 1,25              | 1,09              |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 10,42       | 9,86        | 9,84        | 8,56        | 12,36       | 11,59         | 12,62             | 8,77              | 9,21              |
| FeO                            | 8,77        | 8,22        | 9,34        | 9,47        | 10,25       | 9,36          | 11,09             | 7,54              | 8,15              |
| MnO                            | 0,12        | 0,00        | 0,00        | 0,14        | 0,00        | 0,18          | 0,11              | 0,00              | 0,00              |
| MgO                            | 10,53       | 11,26       | 10,80       | 11,26       | 9,32        | 10,24         | 8,94              | 12,14             | 11,48             |
| CaO                            | 23,55       | 23,56       | 23,45       | 23,25       | 23,46       | 22,97         | 22,63             | 23,13             | 23,76             |
| Na <sub>2</sub> O              |             |             |             |             |             |               | 0,00              |                   |                   |
| K <sub>2</sub> O               |             |             |             |             |             |               | 0,10              |                   |                   |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |             |             |             |             |             |               |                   |                   |                   |
| <b>Tot.</b>                    | 100,01      | 99,97       | 100,00      | 99,85       | 100,00      | 99,94         | 100,00            | 100,01            | 100,01            |
| <b>Wo</b>                      | 52,28       | 51,62       | 51,24       | 50,20       | 52,80       | 51,59         | 51,75             | 50,38             | 51,54             |
| <b>En</b>                      | 32,53       | 34,33       | 32,84       | 33,83       | 29,19       | 32,00         | 28,45             | 36,80             | 34,66             |
| <b>Fs</b>                      | 15,20       | 14,06       | 15,93       | 15,96       | 18,01       | 16,41         | 19,80             | 12,82             | 13,80             |
| <b>Mg/Mg+Fetot</b>             | 0,68        | 0,71        | 0,67        | 0,68        | 0,62        | 0,66          | 0,59              | 0,74              | 0,72              |

| Campione<br>Sigla  | TAURANO   |           |           |           |           |           |            |            |            |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|
|                    | TAURANO-1 | TAURANO-2 | TAURANO-3 | TAURANO-4 | TAURANO-5 | TAURANO-6 | TAURANO2-7 | TAURANO2-8 | TAURANO2-9 |
| SiO2               | 45,96     | 48,42     | 44,13     | 44,50     | 42,27     | 41,05     | 47,80      | 53,78      | 48,09      |
| TiO2               | 1,04      | 1,00      | 1,68      | 1,77      | 2,06      | 2,56      | 0,97       | 0,05       | 0,90       |
| Al2O3              | 9,96      | 7,85      | 11,87     | 10,86     | 12,44     | 14,30     | 7,83       | 2,20       | 7,11       |
| FeO                | 8,66      | 7,00      | 8,57      | 8,68      | 9,12      | 10,93     | 7,69       | 3,02       | 7,78       |
| MnO                | 0,00      | 0,20      | 0,07      | 0,27      | 0,00      | 0,16      | 0,09       | 0,00       | 0,14       |
| MgO                | 10,80     | 11,96     | 10,35     | 10,73     | 9,87      | 8,54      | 11,73      | 16,84      | 12,36      |
| CaO                | 23,58     | 23,49     | 23,32     | 23,17     | 23,90     | 22,36     | 23,89      | 23,21      | 23,57      |
| Na2O               | 0,00      | 0,00      |           |           |           | 0,00      |            |            |            |
| K2O                |           |           |           |           |           | 0,09      |            |            |            |
| <b>Tot.</b>        | 100,00    | 99,92     | 99,99     | 99,98     | 99,66     | 99,99     | 100,00     | 99,10      | 99,95      |
| <b>Wo</b>          | 51,97     | 51,52     | 52,51     | 51,63     | 53,40     | 52,27     | 51,69      | 47,37      | 50,32      |
| <b>En</b>          | 33,13     | 36,50     | 32,43     | 33,27     | 30,69     | 27,78     | 35,32      | 47,82      | 36,72      |
| <b>Fs</b>          | 14,90     | 11,98     | 15,06     | 15,10     | 15,91     | 19,94     | 12,99      | 4,81       | 12,96      |
| <b>Mg/Mg+Fetot</b> | 0,69      | 0,75      | 0,68      | 0,69      | 0,66      | 0,58      | 0,73       | 0,91       | 0,74       |

### 6.3 Dati grafici

| Campione | Name | Riferimento             | SiO2  | TiO2 | Al2O3 | MnO  | FeOtot | MgO  | CaO  | Na2O | K2O  | P2O5 | LOI |
|----------|------|-------------------------|-------|------|-------|------|--------|------|------|------|------|------|-----|
| 1        | PdB  | Santacroce et al., 2008 | 63,18 | 0,35 | 17,85 | 0,16 | 2,99   | 0,45 | 2,56 | 4,09 | 8,34 | 0,04 | -   |
| 2        | PdB  | Santacroce et al., 2008 | 63,30 | 0,35 | 17,95 | 0,16 | 3,01   | 0,46 | 2,56 | 4,01 | 8,17 | 0,04 | -   |
| 3        | PdB  | Santacroce et al., 2008 | 63,14 | 0,36 | 18,01 | 0,15 | 3,03   | 0,44 | 2,57 | 4,22 | 8,06 | 0,03 | -   |
| 4        | PdB  | Santacroce et al., 2008 | 63,06 | 0,36 | 18,02 | 0,16 | 3,05   | 0,46 | 2,60 | 4,03 | 8,23 | 0,04 | -   |
| 5        | PdB  | Santacroce et al., 2008 | 63,09 | 0,36 | 18,00 | 0,16 | 3,07   | 0,45 | 2,62 | 4,04 | 8,17 | 0,04 | -   |
| 6        | PdB  | Santacroce et al., 2008 | 62,83 | 0,37 | 17,92 | 0,16 | 3,09   | 0,57 | 2,64 | 4,05 | 8,33 | 0,04 | -   |
| 7        | PdB  | Santacroce et al., 2008 | 63,08 | 0,35 | 17,95 | 0,16 | 3,05   | 0,46 | 2,66 | 4,06 | 8,19 | 0,05 | -   |
| 8        | PdB  | Santacroce et al., 2008 | 63,05 | 0,35 | 17,97 | 0,16 | 3,05   | 0,45 | 2,66 | 4,20 | 8,08 | 0,04 | -   |
| 9        | PdB  | Santacroce et al., 2008 | 62,99 | 0,37 | 18,01 | 0,16 | 3,07   | 0,46 | 2,68 | 4,10 | 8,12 | 0,04 | -   |
| 10       | PdB  | Santacroce et al., 2008 | 62,79 | 0,37 | 17,95 | 0,16 | 3,17   | 0,50 | 2,70 | 4,29 | 8,02 | 0,05 | -   |
| 11       | PdB  | Santacroce et al., 2008 | 63,05 | 0,36 | 18,00 | 0,16 | 3,08   | 0,52 | 2,73 | 4,14 | 7,90 | 0,05 | -   |
| 12       | PdB  | Santacroce et al., 2008 | 63,06 | 0,35 | 17,88 | 0,16 | 3,01   | 0,45 | 2,77 | 4,13 | 8,15 | 0,04 | -   |
| 13       | PdB  | Santacroce et al., 2008 | 63,01 | 0,34 | 18,11 | 0,16 | 3,00   | 0,47 | 2,83 | 4,03 | 8,00 | 0,04 | -   |
| 14       | PdB  | Santacroce et al., 2008 | 62,67 | 0,35 | 17,83 | 0,16 | 3,08   | 0,48 | 2,84 | 4,10 | 8,44 | 0,05 | -   |
| 15       | PdB  | Santacroce et al., 2008 | 62,67 | 0,39 | 18,04 | 0,16 | 3,36   | 0,56 | 2,87 | 3,87 | 8,01 | 0,07 | -   |
| 16       | PdB  | Santacroce et al., 2008 | 62,91 | 0,34 | 17,74 | 0,16 | 2,96   | 0,82 | 2,92 | 3,87 | 8,24 | 0,04 | -   |
| 17       | PdB  | Santacroce et al., 2008 | 62,81 | 0,35 | 17,87 | 0,16 | 3,04   | 0,48 | 2,92 | 4,10 | 8,21 | 0,05 | -   |
| 18       | PdB  | Santacroce et al., 2008 | 62,80 | 0,36 | 18,09 | 0,16 | 3,12   | 0,53 | 2,94 | 4,02 | 7,94 | 0,05 | -   |
| 19       | PdB  | Santacroce et al., 2008 | 62,83 | 0,33 | 17,82 | 0,15 | 2,88   | 0,74 | 2,99 | 4,01 | 8,20 | 0,04 | -   |
| 20       | PdB  | Santacroce et al., 2008 | 62,54 | 0,37 | 17,81 | 0,16 | 3,16   | 0,52 | 3,02 | 4,05 | 8,32 | 0,05 | -   |
| 21       | PdB  | Santacroce et al., 2008 | 62,53 | 0,37 | 18,11 | 0,16 | 3,29   | 0,49 | 3,08 | 3,94 | 7,95 | 0,07 | -   |
| 22       | PdB  | Santacroce et al., 2008 | 62,61 | 0,38 | 18,12 | 0,16 | 3,20   | 0,54 | 3,12 | 3,78 | 8,03 | 0,06 | -   |
| 23       | PdB  | Santacroce et al., 2008 | 62,42 | 0,38 | 18,19 | 0,16 | 3,35   | 0,53 | 3,13 | 3,96 | 7,82 | 0,07 | -   |
| 24       | PdB  | Santacroce et al., 2008 | 62,63 | 0,35 | 17,83 | 0,16 | 3,06   | 0,53 | 3,15 | 4,07 | 8,18 | 0,05 | -   |
| 25       | PdB  | Santacroce et al., 2008 | 62,41 | 0,37 | 17,73 | 0,16 | 3,19   | 0,60 | 3,15 | 3,91 | 8,43 | 0,05 | -   |

|    |     |                         |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |   |
|----|-----|-------------------------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|---|
| 26 | PdB | Santacroce et al., 2008 | 63,34 | 0,35 | 17,68 | 0,16 | 3,02 | 0,52 | 3,19 | 3,83 | 7,86 | 0,04 | - |
| 27 | PdB | Santacroce et al., 2008 | 62,24 | 0,39 | 18,30 | 0,16 | 3,60 | 0,56 | 3,33 | 3,70 | 7,63 | 0,08 | - |
| 28 | PdB | Santacroce et al., 2008 | 61,17 | 0,47 | 18,07 | 0,14 | 4,02 | 0,89 | 3,51 | 3,71 | 7,93 | 0,10 | - |
| 29 | PdB | Santacroce et al., 2008 | 62,75 | 0,39 | 17,65 | 0,15 | 3,31 | 0,64 | 3,52 | 3,64 | 7,87 | 0,06 | - |
| 30 | PdB | Santacroce et al., 2008 | 62,63 | 0,38 | 17,68 | 0,16 | 3,31 | 0,60 | 3,55 | 3,66 | 7,96 | 0,06 | - |
| 31 | PdB | Santacroce et al., 2008 | 61,40 | 0,43 | 18,19 | 0,16 | 3,90 | 0,68 | 3,67 | 3,63 | 7,83 | 0,10 | - |
| 32 | PdB | Santacroce et al., 2008 | 61,15 | 0,43 | 18,07 | 0,15 | 3,75 | 0,80 | 3,82 | 3,78 | 7,97 | 0,09 | - |
| 33 | PdB | Santacroce et al., 2008 | 62,34 | 0,38 | 17,65 | 0,15 | 3,34 | 0,64 | 3,84 | 3,58 | 8,00 | 0,07 | - |
| 34 | PdB | Santacroce et al., 2008 | 60,90 | 0,44 | 18,15 | 0,14 | 3,95 | 0,88 | 3,96 | 3,38 | 8,07 | 0,11 | - |
| 35 | PdB | Santacroce et al., 2008 | 60,88 | 0,45 | 18,20 | 0,15 | 4,20 | 0,76 | 3,97 | 3,49 | 7,77 | 0,12 | - |
| 36 | PdB | Santacroce et al., 2008 | 59,93 | 0,50 | 18,21 | 0,14 | 4,71 | 0,98 | 4,51 | 3,34 | 7,50 | 0,16 | - |
| 37 | PdB | Santacroce et al., 2008 | 58,95 | 0,58 | 18,09 | 0,14 | 5,24 | 1,21 | 4,77 | 3,33 | 7,49 | 0,21 | - |
| 38 | PdB | Santacroce et al., 2008 | 58,47 | 0,61 | 18,10 | 0,15 | 5,47 | 1,28 | 4,91 | 3,21 | 7,59 | 0,21 | - |
| 39 | PdB | Santacroce et al., 2008 | 58,16 | 0,60 | 18,09 | 0,14 | 5,45 | 1,27 | 5,29 | 3,20 | 7,59 | 0,22 | - |
| 40 | PdB | Santacroce et al., 2008 | 58,47 | 0,59 | 18,35 | 0,15 | 5,60 | 1,33 | 5,47 | 3,21 | 6,58 | 0,25 | - |
| 41 | PdB | Santacroce et al., 2008 | 56,21 | 0,76 | 18,17 | 0,15 | 7,00 | 1,82 | 6,44 | 2,77 | 6,36 | 0,32 | - |
| 42 | PdB | Santacroce et al., 2008 | 55,24 | 0,84 | 19,45 | 0,14 | 6,84 | 2,48 | 6,63 | 4,01 | 3,84 | 0,54 | - |
| 43 | PdB | Santacroce et al., 2008 | 55,85 | 0,74 | 18,27 | 0,16 | 7,25 | 1,96 | 6,86 | 2,84 | 5,70 | 0,36 | - |
| 44 | PdB | Santacroce et al., 2008 | 55,39 | 0,77 | 18,47 | 0,16 | 7,18 | 2,14 | 6,95 | 2,97 | 5,60 | 0,37 | - |
| 45 | PdB | Santacroce et al., 2008 | 55,50 | 0,78 | 18,18 | 0,16 | 7,26 | 2,29 | 7,06 | 3,21 | 5,17 | 0,39 | - |
| 46 | PdB | Santacroce et al., 2008 | 54,95 | 0,87 | 18,11 | 0,15 | 8,16 | 2,01 | 7,19 | 2,70 | 5,50 | 0,35 | - |
| 47 | PdB | Santacroce et al., 2008 | 54,85 | 0,82 | 18,10 | 0,16 | 7,65 | 2,26 | 7,23 | 3,12 | 5,41 | 0,40 | - |
| 48 | PdB | Santacroce et al., 2008 | 55,36 | 0,80 | 18,17 | 0,15 | 7,46 | 2,37 | 7,27 | 3,23 | 4,78 | 0,41 | - |
| 49 | PdB | Santacroce et al., 2008 | 54,88 | 0,84 | 18,26 | 0,16 | 7,58 | 2,37 | 7,30 | 3,00 | 5,20 | 0,42 | - |
| 50 | PdB | Santacroce et al., 2008 | 54,92 | 0,81 | 18,20 | 0,15 | 7,47 | 2,35 | 7,37 | 3,17 | 5,16 | 0,42 | - |
| 51 | PdB | Santacroce et al., 2008 | 54,84 | 0,83 | 17,93 | 0,17 | 7,77 | 2,33 | 7,37 | 2,97 | 5,40 | 0,39 | - |
| 52 | PdB | Santacroce et al., 2008 | 55,00 | 0,81 | 18,06 | 0,16 | 7,45 | 2,46 | 7,43 | 2,76 | 5,45 | 0,42 | - |
| 53 | PdB | Santacroce et al., 2008 | 54,82 | 0,82 | 18,19 | 0,15 | 7,51 | 2,36 | 7,47 | 3,22 | 5,05 | 0,41 | - |
| 54 | PdB | Santacroce et al., 2008 | 54,41 | 0,83 | 17,99 | 0,16 | 7,69 | 2,59 | 7,68 | 2,71 | 5,52 | 0,42 | - |
| 55 | PdB | Santacroce et al., 2008 | 54,28 | 0,89 | 18,00 | 0,16 | 8,07 | 2,29 | 7,69 | 2,61 | 5,61 | 0,39 | - |

|    |     |                         |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |   |
|----|-----|-------------------------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|---|
| 56 | PdB | Santacroce et al., 2008 | 54,56 | 0,80 | 17,89 | 0,16 | 7,42 | 2,98 | 7,73 | 2,48 | 5,56 | 0,41 | - |
| 57 | PdB | Santacroce et al., 2008 | 54,41 | 0,84 | 17,98 | 0,15 | 7,59 | 2,71 | 7,75 | 2,85 | 5,26 | 0,45 | - |
| 58 | PdB | Santacroce et al., 2008 | 53,97 | 0,87 | 18,04 | 0,14 | 7,77 | 2,48 | 7,76 | 2,69 | 5,84 | 0,44 | - |
| 59 | PdB | Santacroce et al., 2008 | 54,40 | 0,84 | 18,16 | 0,15 | 7,47 | 2,75 | 7,77 | 2,72 | 5,27 | 0,46 | - |
| 60 | PdB | Santacroce et al., 2008 | 54,19 | 0,84 | 18,16 | 0,15 | 7,59 | 2,39 | 7,78 | 2,75 | 5,74 | 0,41 | - |
| 61 | PdB | Santacroce et al., 2008 | 54,54 | 0,82 | 17,94 | 0,15 | 7,51 | 2,69 | 7,80 | 2,57 | 5,55 | 0,43 | - |
| 62 | PdB | Santacroce et al., 2008 | 53,91 | 0,87 | 18,18 | 0,15 | 7,76 | 2,44 | 7,82 | 2,56 | 5,87 | 0,43 | - |
| 63 | PdB | Santacroce et al., 2008 | 54,21 | 0,84 | 18,10 | 0,15 | 7,50 | 2,45 | 7,84 | 2,63 | 5,87 | 0,42 | - |
| 64 | PdB | Santacroce et al., 2008 | 54,37 | 0,87 | 18,01 | 0,16 | 8,00 | 2,19 | 7,86 | 2,44 | 5,73 | 0,37 | - |
| 65 | PdB | Santacroce et al., 2008 | 54,44 | 0,83 | 17,88 | 0,16 | 7,66 | 2,62 | 7,88 | 2,77 | 5,35 | 0,41 | - |
| 66 | PdB | Santacroce et al., 2008 | 53,96 | 0,83 | 17,91 | 0,16 | 7,78 | 2,31 | 7,88 | 3,20 | 5,56 | 0,40 | - |
| 67 | PdB | Santacroce et al., 2008 | 53,83 | 0,87 | 18,24 | 0,14 | 7,38 | 2,87 | 8,14 | 2,86 | 5,12 | 0,55 | - |
| 68 | PdB | Santacroce et al., 2008 | 53,93 | 0,82 | 18,22 | 0,15 | 7,34 | 2,85 | 8,28 | 2,80 | 5,09 | 0,52 | - |
| 69 | PdB | Santacroce et al., 2008 | 53,81 | 0,80 | 18,09 | 0,15 | 7,29 | 2,80 | 8,66 | 2,85 | 5,03 | 0,51 | - |
| 70 | PdB | Santacroce et al., 2008 | 57,49 | 0,33 | 15,86 | 0,15 | 2,97 | 0,56 | -    | 3,30 | 7,42 | 0,03 | - |

|    |          |                         |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |   |
|----|----------|-------------------------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|---|
| 71 | Greenish | Santacroce et al., 2008 | 61,24 | 0,35 | 18,59 | 0,14 | 3,78 | 0,20 | 2,95 | 3,96 | 8,74 | 0,05 | - |
| 72 | Greenish | Santacroce et al., 2008 | 61,07 | 0,37 | 18,32 | 0,15 | 3,89 | 0,24 | 3,08 | 4,13 | 8,71 | 0,04 | - |
| 73 | Greenish | Santacroce et al., 2008 | 61,25 | 0,36 | 18,53 | 0,15 | 3,79 | 0,24 | 3,12 | 3,90 | 8,62 | 0,05 | - |
| 74 | Greenish | Santacroce et al., 2008 | 60,62 | 0,38 | 18,30 | 0,15 | 3,99 | 0,32 | 3,44 | 3,93 | 8,83 | 0,05 | - |
| 75 | Greenish | Santacroce et al., 2008 | 60,93 | 0,37 | 18,19 | 0,15 | 3,88 | 0,64 | 3,51 | 4,13 | 8,16 | 0,05 | - |
| 76 | Greenish | Santacroce et al., 2008 | 60,51 | 0,37 | 18,20 | 0,15 | 3,90 | 0,70 | 3,88 | 4,17 | 8,05 | 0,06 | - |
| 77 | Greenish | Santacroce et al., 2008 | 60,88 | 0,37 | 18,15 | 0,15 | 3,85 | 0,65 | 3,62 | 4,20 | 8,09 | 0,05 | - |
| 78 | Greenish | Santacroce et al., 2008 | 60,64 | 0,37 | 18,24 | 0,16 | 3,88 | 0,65 | 3,69 | 4,18 | 8,13 | 0,06 | - |
| 79 | Greenish | Santacroce et al., 2008 | 61,01 | 0,37 | 18,32 | 0,14 | 3,87 | 0,62 | 3,48 | 4,06 | 8,09 | 0,05 | - |
| 80 | Greenish | Santacroce et al., 2008 | 60,92 | 0,39 | 18,33 | 0,15 | 3,91 | 0,63 | 3,33 | 4,09 | 8,18 | 0,06 | - |
| 81 | Greenish | Santacroce et al., 2008 | 60,74 | 0,39 | 18,42 | 0,14 | 3,91 | 0,62 | 3,37 | 4,18 | 8,17 | 0,05 | - |
| 82 | Greenish | Santacroce et al., 2008 | 61,05 | 0,38 | 18,41 | 0,15 | 3,87 | 0,58 | 3,30 | 4,14 | 8,07 | 0,05 | - |
| 83 | Greenish | Santacroce et al., 2008 | 60,92 | 0,38 | 18,36 | 0,14 | 3,91 | 0,60 | 3,28 | 4,21 | 8,13 | 0,06 | - |
| 84 | Greenish | Santacroce et al., 2008 | 60,86 | 0,40 | 18,43 | 0,15 | 4,14 | 0,59 | 3,23 | 3,80 | 8,33 | 0,06 | - |



|     |          |                         |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |   |
|-----|----------|-------------------------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|---|
| 85  | Greenish | Santacroce et al., 2008 | 61,82 | 0,36 | 18,48 | 0,14 | 3,76 | 0,44 | 2,94 | 3,96 | 8,04 | 0,05 | - |
| 86  | Greenish | Santacroce et al., 2008 | 61,27 | 0,37 | 18,34 | 0,15 | 3,86 | 0,47 | 2,96 | 4,25 | 8,28 | 0,05 | - |
| 87  | Greenish | Santacroce et al., 2008 | 61,40 | 0,37 | 18,32 | 0,15 | 3,85 | 0,47 | 3,00 | 4,14 | 8,24 | 0,05 | - |
| 88  | Greenish | Santacroce et al., 2008 | 61,53 | 0,36 | 18,29 | 0,15 | 3,83 | 0,46 | 2,93 | 4,27 | 8,13 | 0,04 | - |
| 89  | Greenish | Santacroce et al., 2008 | 61,30 | 0,37 | 18,19 | 0,16 | 3,89 | 0,48 | 3,15 | 4,22 | 8,20 | 0,04 | - |
| 90  | Greenish | Santacroce et al., 2008 | 61,79 | 0,36 | 18,19 | 0,16 | 3,83 | 0,49 | 3,08 | 4,05 | 8,01 | 0,04 | - |
| 91  | Greenish | Santacroce et al., 2008 | 61,49 | 0,37 | 18,25 | 0,15 | 3,86 | 0,47 | 3,11 | 4,13 | 8,11 | 0,05 | - |
| 92  | Greenish | Santacroce et al., 2008 | 61,12 | 0,38 | 18,28 | 0,14 | 3,86 | 0,59 | 3,38 | 4,11 | 8,09 | 0,05 | - |
| 93  | Greenish | Santacroce et al., 2008 | 61,68 | 0,35 | 18,50 | 0,15 | 3,75 | 0,48 | 3,12 | 3,89 | 8,01 | 0,05 | - |
| 94  | Greenish | Santacroce et al., 2008 | 60,90 | 0,38 | 18,22 | 0,15 | 3,96 | 0,57 | 3,42 | 4,09 | 8,25 | 0,05 | - |
| 95  | Greenish | Santacroce et al., 2008 | 61,32 | 0,38 | 18,36 | 0,15 | 3,86 | 0,52 | 3,24 | 3,83 | 8,27 | 0,05 | - |
| 96  | Greenish | Santacroce et al., 2008 | 61,80 | 0,37 | 18,41 | 0,15 | 3,83 | 0,44 | 3,00 | 3,83 | 8,13 | 0,04 | - |
| 97  | Greenish | Santacroce et al., 2008 | 60,91 | 0,38 | 18,25 | 0,15 | 3,93 | 0,57 | 3,43 | 3,93 | 8,41 | 0,04 | - |
| 98  | Greenish | Santacroce et al., 2008 | 61,21 | 0,37 | 18,43 | 0,15 | 3,87 | 0,51 | 3,26 | 3,91 | 8,23 | 0,05 | - |
| 99  | Greenish | Santacroce et al., 2008 | 61,65 | 0,36 | 18,32 | 0,15 | 3,86 | 0,44 | 3,04 | 3,92 | 8,21 | 0,04 | - |
| 100 | Greenish | Santacroce et al., 2008 | 61,34 | 0,37 | 18,43 | 0,15 | 3,86 | 0,54 | 3,24 | 3,90 | 8,12 | 0,04 | - |
| 101 | Greenish | Santacroce et al., 2008 | 61,15 | 0,37 | 18,24 | 0,16 | 3,88 | 0,72 | 3,36 | 3,92 | 8,14 | 0,05 | - |
| 102 | Greenish | Santacroce et al., 2008 | 60,77 | 0,37 | 18,18 | 0,16 | 3,86 | 0,65 | 3,64 | 4,06 | 8,25 | 0,05 | - |
| 103 | Greenish | Santacroce et al., 2008 | 60,08 | 0,38 | 18,08 | 0,15 | 4,00 | 0,72 | 4,01 | 4,08 | 8,45 | 0,05 | - |
| 104 | Greenish | Santacroce et al., 2008 | 60,54 | 0,38 | 18,06 | 0,14 | 3,91 | 0,74 | 3,82 | 4,12 | 8,23 | 0,05 | - |
| 105 | Greenish | Santacroce et al., 2008 | 60,48 | 0,38 | 18,15 | 0,15 | 3,95 | 0,65 | 3,75 | 4,04 | 8,39 | 0,05 | - |
| 106 | Greenish | Santacroce et al., 2008 | 60,89 | 0,37 | 18,35 | 0,14 | 3,80 | 0,62 | 3,57 | 4,00 | 8,20 | 0,05 | - |
| 107 | Greenish | Santacroce et al., 2008 | 60,99 | 0,37 | 18,29 | 0,16 | 3,84 | 0,61 | 3,61 | 4,07 | 8,01 | 0,05 | - |
| 108 | Greenish | Santacroce et al., 2008 | 60,96 | 0,38 | 18,40 | 0,15 | 3,87 | 0,62 | 3,36 | 4,07 | 8,12 | 0,06 | - |
| 109 | Greenish | Santacroce et al., 2008 | 60,92 | 0,38 | 18,38 | 0,15 | 3,88 | 0,63 | 3,33 | 4,15 | 8,12 | 0,05 | - |
| 110 | Greenish | Santacroce et al., 2008 | 60,96 | 0,37 | 18,46 | 0,15 | 3,86 | 0,58 | 3,29 | 4,09 | 8,17 | 0,05 | - |
| 111 | Greenish | Santacroce et al., 2008 | 60,46 | 0,39 | 18,25 | 0,15 | 4,10 | 0,52 | 3,42 | 4,28 | 8,36 | 0,05 | - |
| 112 | Greenish | Santacroce et al., 2008 | 60,70 | 0,37 | 18,20 | 0,16 | 3,90 | 0,70 | 3,85 | 4,16 | 7,91 | 0,05 | - |
| 113 | Greenish | Santacroce et al., 2008 | 61,09 | 0,36 | 18,08 | 0,15 | 3,85 | 0,66 | 3,64 | 4,20 | 7,92 | 0,06 | - |
| 114 | Greenish | Santacroce et al., 2008 | 60,75 | 0,37 | 18,22 | 0,16 | 3,88 | 0,65 | 3,70 | 4,17 | 8,05 | 0,05 | - |

|     |          |                         |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |   |
|-----|----------|-------------------------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|---|
| 115 | Greenish | Santacroce et al., 2008 | 61,09 | 0,37 | 18,33 | 0,14 | 3,84 | 0,65 | 3,48 | 4,06 | 7,98 | 0,06 | - |
| 116 | Greenish | Santacroce et al., 2008 | 61,00 | 0,37 | 18,38 | 0,14 | 3,91 | 0,65 | 3,34 | 4,09 | 8,06 | 0,06 | - |
| 117 | Greenish | Santacroce et al., 2008 | 60,93 | 0,37 | 18,40 | 0,15 | 3,87 | 0,63 | 3,35 | 4,17 | 8,07 | 0,06 | - |
| 118 | Greenish | Santacroce et al., 2008 | 61,28 | 0,37 | 18,32 | 0,14 | 3,85 | 0,60 | 3,29 | 4,14 | 7,93 | 0,06 | - |
| 119 | Greenish | Santacroce et al., 2008 | 61,09 | 0,38 | 18,40 | 0,14 | 3,89 | 0,60 | 3,30 | 4,21 | 7,92 | 0,06 | - |
| 120 | Greenish | Santacroce et al., 2008 | 61,01 | 0,39 | 18,52 | 0,15 | 4,12 | 0,64 | 3,21 | 3,80 | 8,10 | 0,06 | - |
| 121 | Greenish | Santacroce et al., 2008 | 61,34 | 0,36 | 18,25 | 0,15 | 3,92 | 0,49 | 3,04 | 4,28 | 8,11 | 0,05 | - |
| 122 | Greenish | Santacroce et al., 2008 | 61,51 | 0,36 | 18,24 | 0,14 | 3,82 | 0,56 | 3,12 | 4,26 | 7,93 | 0,05 | - |
| 123 | Greenish | Santacroce et al., 2008 | 61,30 | 0,37 | 18,16 | 0,16 | 3,86 | 0,66 | 3,33 | 4,16 | 7,94 | 0,05 | - |
| 124 | Greenish | Santacroce et al., 2008 | 61,25 | 0,36 | 18,27 | 0,16 | 3,88 | 0,59 | 3,32 | 4,13 | 7,98 | 0,06 | - |
| 125 | Greenish | Santacroce et al., 2008 | 61,03 | 0,37 | 18,21 | 0,14 | 3,86 | 0,62 | 3,47 | 4,15 | 8,09 | 0,05 | - |
| 126 | Greenish | Santacroce et al., 2008 | 61,18 | 0,37 | 18,26 | 0,15 | 3,83 | 0,61 | 3,37 | 4,17 | 8,01 | 0,05 | - |
| 127 | Greenish | Santacroce et al., 2008 | 61,30 | 0,36 | 18,28 | 0,14 | 3,82 | 0,82 | 3,17 | 4,15 | 7,90 | 0,05 | - |
| 128 | Greenish | Santacroce et al., 2008 | 61,42 | 0,37 | 18,37 | 0,15 | 3,84 | 0,68 | 3,30 | 3,87 | 7,94 | 0,06 | - |
| 129 | Greenish | Santacroce et al., 2008 | 60,29 | 0,36 | 18,42 | 0,16 | 3,79 | 0,81 | 3,32 | 4,75 | 8,05 | 0,05 | - |
| 130 | Greenish | Santacroce et al., 2008 | 60,84 | 0,37 | 18,22 | 0,15 | 3,88 | 0,74 | 3,72 | 4,08 | 7,95 | 0,06 | - |
| 131 | Greenish | Santacroce et al., 2008 | 60,65 | 0,37 | 18,46 | 0,16 | 3,90 | 0,64 | 3,53 | 4,18 | 8,08 | 0,05 | - |
| 132 | Greenish | Santacroce et al., 2008 | 60,63 | 0,40 | 18,30 | 0,16 | 4,04 | 0,76 | 3,51 | 3,90 | 8,23 | 0,07 | - |
| 133 | Greenish | Santacroce et al., 2008 | 60,54 | 0,36 | 18,09 | 0,52 | 3,84 | 0,72 | 3,74 | 4,01 | 8,13 | 0,05 | - |

|     |         |                         |       |      |       |      |      |      |       |      |      |      |      |
|-----|---------|-------------------------|-------|------|-------|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| 134 | Taurano | Santacroce et al.,2008  | 52,55 | 0,86 | 19,11 | 0,15 | 6,66 | 2,56 | 9,35  | 2,36 | 6,39 | 0,38 | 2,37 |
| 135 | Taurano | Santacroce et al.,2008  | 50,55 | 0,83 | 19,94 | 0,13 | 6,61 | 2,58 | 10,50 | 4,17 | 4,70 | 0,42 | 3,93 |
| 136 | Taurano | Santacroce et al.,2008  | 50,73 | 0,85 | 20,10 | 0,13 | 6,84 | 2,70 | 11,07 | 5,33 | 2,25 | 0,44 | -    |
| 137 | Taurano | Santacroce et al.,2008  | 53,17 | 1,04 | 16,81 | 0,14 | 7,22 | 5,43 | 9,87  | 3,79 | 2,54 | 0,7  | -    |
| 138 | Schiava | Santacroce et al., 2008 | 66,63 | 0,20 | 16,87 | 0,14 | 1,90 | 0,31 | 2,64  | 4,31 | 7,00 | 0,04 | 3,6  |
| 139 | Schiava | Santacroce et al., 2008 | 66,13 | 0,20 | 17,39 | 0,14 | 2,03 | 0,31 | 2,57  | 4,16 | 7,08 | 0,04 | 4,18 |
| 140 | Schiava | Santacroce et al., 2008 | 67,06 | 0,21 | 16,85 | 0,13 | 1,87 | 0,36 | 2,58  | 4,12 | 6,82 | 0,04 | 4,26 |

## 6.4 Dati Campi Flegrei

| S\$             | OCF9535V | MC002        | MC006        | MC008   | ME036   | MT016  | MT017  | MT025   | MT026       | MT027       | MT018      | MT028       | ME038   |
|-----------------|----------|--------------|--------------|---------|---------|--------|--------|---------|-------------|-------------|------------|-------------|---------|
| Name            | Fall IC  | IC           | CI           | CI      | CI      | CI     | CI     | CI      | CI          | CI          | CI         | CI          | CI      |
| Da              | CF       | CF           | CF           | CF      | CF      | CF     | CF     | CF      | CF          | CF          | CF         | CF          | CF      |
| Age             | 39000    | 39000        | 39000        | 39000   | 39000   | 39000  | 39000  | 39000   | 39000       | 39000       | 39000      | 39000       | 39000   |
| SiO[2]          | 60,81    | 57,66        | 57,74        | 60,89   | 60,11   | 61,06  | 60,97  | 61,14   | 61,22       | 61,11       | 61,22      | 61,08       | 61,63   |
| TiO[2]          | 0,41     | 0,46         | 0,46         | 0,42    | 0,40    | 0,44   | 0,43   | 0,43    | 0,43        | 0,42        | 0,43       | 0,42        | 0,43    |
| Al[2]O[3]       | 18,58    | 18,70        | 18,71        | 18,55   | 18,75   | 18,65  | 18,56  | 18,65   | 18,64       | 18,62       | 18,65      | 18,67       | 18,61   |
| MnO             | 0,22     | 0,08         | 0,08         | 0,18    | 0,14    | 0,20   | 0,20   | 0,20    | 0,20        | 0,20        | 0,20       | 0,20        | 0,23    |
| Fe[2]O[3]       | 3,51     | 5,00         | 4,93         | 3,51    | 4,06    | 3,70   | 3,66   | 3,54    | 3,55        | 3,50        | 3,57       | 3,53        | 3,49    |
| MgO             | 0,37     | 1,45         | 1,46         | 0,39    | 0,77    | 0,40   | 0,38   | 0,37    | 0,39        | 0,36        | 0,37       | 0,36        | 0,38    |
| CaO             | 1,81     | 4,39         | 4,28         | 1,88    | 2,98    | 1,92   | 1,82   | 1,79    | 1,65        | 1,63        | 1,66       | 1,70        | 1,86    |
| Na[2]O          | 6,85     | 2,78         | 2,87         | 6,55    | 4,11    | 5,75   | 5,96   | 6,08    | 5,93        | 6,43        | 6,12       | 6,64        | 6,11    |
| K[2]O           | 7,32     | 9,19         | 9,18         | 7,54    | 8,52    | 7,79   | 7,94   | 7,72    | 7,90        | 7,65        | 7,69       | 7,31        | 7,17    |
| P[2]O[5]        | 0,09     | 0,29         | 0,29         | 0,09    | 0,15    | 0,09   | 0,08   | 0,08    | 0,09        | 0,08        | 0,09       | 0,09        | 0,09    |
| LOI             | 1,16     | 1,08         | 1,66         | 1,18    | 2,75    | 3,81   | 3,77   | 3,75    | 3,69        | 3,80        | 3,50       | 3,92        | 1,33    |
| Somma alcali    | 14,17    | 11,97        | 12,05        | 14,09   | 12,63   | 13,54  | 13,90  | 13,80   | 13,83       | 14,08       | 13,81      | 13,95       | 13,28   |
| {87}Sr/{86}Sr   | -        | -            | 0,70733      | 0,70736 | 0,70734 | 0,7073 | 0,7074 | 0,70743 | 0,70739     | 0,70743     | 0,70743    | 0,70741     | 0,70746 |
| {143}Nd/{144}Nd | -        | -            | -            | -       | -       | -      | -      | -       | -           | -           | -          | -           | -       |
| S\$             | OF152B2  | OF104E<br>rt | OF592B3<br>P | OF17C1  | OFVbA   | 9603A1 | 9603A2 | 9603A3c | OCF952<br>8 | OCF952<br>7 | OCF9526    | OCF952<br>5 | OCF9411 |
| Name            | CI       | CI           | CI           | CI      | IC      | Verd A | Verd A | Verd A  | Torre Fran  | Torre Fran  | Torre Fran | Torre Fran  | -       |
| Da              | CF       | CF           | CF           | CF      | CF      | CF     | CF     | CF      | CF          | CF          | CF         | CF          | CF      |

|                 |            |         |                |         |         |            |       |       |       |       |       |       |         |
|-----------------|------------|---------|----------------|---------|---------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| Age             | 39000      | 39000   | 39000          | 39000   | 39000   | 30300      | 30300 | 30300 | 39000 | 39000 | 39000 | 39000 | 28000   |
| SiO[2]          | 60,84      | 59,23   | 60,38          | 58,60   | 59,68   | 62,16      | 62,08 | 55,68 | 61,01 | 61,00 | 60,96 | 61,02 | 58,70   |
| TiO[2]          | 0,42       | 0,41    | 0,44           | 0,45    | 0,39    | 0,37       | 0,37  | 0,67  | 0,41  | 0,41  | 0,41  | 0,41  | 0,50    |
| Al[2]O[3]       | 18,54      | 18,80   | 18,41          | 18,82   | 18,67   | 18,48      | 18,51 | 18,23 | 18,70 | 18,72 | 18,71 | 18,72 | 18,66   |
| MnO             | 0,21       | 0,08    | 0,18           | 0,08    | 0,08    | 0,13       | 0,12  | 0,11  | 0,22  | 0,22  | 0,22  | 0,22  | 0,08    |
| Fe[2]O[3]       | 3,57       | 4,04    | 4,07           | 4,85    | 4,12    | 3,59       | 3,55  | 6,44  | 3,50  | 3,51  | 3,50  | 3,52  | 4,69    |
| MgO             | 0,31       | 1,17    | 0,77           | 1,48    | 1,00    | 0,51       | 0,54  | 2,38  | 0,35  | 0,36  | 0,36  | 0,36  | 1,21    |
| CaO             | 1,84       | 3,60    | 2,69           | 3,53    | 3,30    | 2,37       | 2,44  | 5,84  | 1,90  | 1,92  | 1,90  | 1,88  | 4,01    |
| Na[2]O          | 6,07       | 2,90    | 4,84           | 2,93    | 3,16    | 4,22       | 4,40  | 3,11  | 6,17  | 6,17  | 6,13  | 6,18  | 3,27    |
| K[2]O           | 8,13       | 9,56    | 8,05           | 8,99    | 9,38    | 8,06       | 7,86  | 7,05  | 7,61  | 7,57  | 7,67  | 7,54  | 8,62    |
| P[2]O[5]        | 0,07       | 0,21    | 0,17           | 0,26    | 0,21    | 0,08       | 0,10  | 0,46  | 0,11  | 0,11  | 0,11  | 0,12  | 0,25    |
| LOI             | 3,40       | 1,94    | 2,79           | 2,32    | 1,30    | 5,57       | 5,52  | 3,08  | 5,19  | 5,73  | 5,58  | 5,29  | 0,92    |
| Somma alcali    | 14,20      | 12,46   | 12,89          | 11,92   | 12,54   | 12,28      | 12,26 | 10,16 | 13,78 | 13,74 | 13,80 | 13,72 | 11,89   |
| {87}Sr/{86}Sr   | 0,70744    | 0,70732 | 0,70734        | 0,70731 | -       | -          | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 0,70738 |
| {143}Nd/{144}Nd | 0,51257    | 0,51251 | -              | -       | -       | -          | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -       |
| S\$             | UPFU-PR38p | ZAc1    | Giugliano Tuff | CI Tuff | CI tuff | CI breccia | CI    | MC002 | MC006 | MC007 | MC008 | ME035 | ME035vt |
| Name            | Breccia    | Breccia | ICB-9c         | MO-2    | SFC-1   | AR-1       | VE-1  | pozzo | pozzo | pozzo | pozzo | pozzo | pozzo   |
| da              | -          | -       | -              | -       | -       | -          | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -       |
| Age             | 39000      | 39000   | 20000          | 39600   | 39330   | 39500      | 39000 | 39000 | 39000 | 39000 | 39000 | 39000 | 39000   |
| SiO[2]          | 59,89      | 61,71   | 59,85          | 59,59   | 59,82   | 59,22      | 61,05 | 57,66 | 57,75 | 58,06 | 60,89 | 60,37 | 61,19   |
| TiO[2]          | 0,41       | 0,45    | 0,53           | 0,42    | 0,41    | 0,47       | 0,46  | 0,46  | 0,46  | 0,45  | 0,42  | 0,45  | 0,43    |
| Al[2]O[3]       | 18,94      | 18,56   | 18,57          | 18,39   | 18,49   | 18,71      | 18,82 | 18,70 | 18,71 | 18,81 | 18,55 | 18,64 | 18,61   |
| MnO             | 0,15       | 0,27    | 0,12           | 0,16    | 0,17    | 0,11       | 0,20  | 0,08  | 0,08  | 0,08  | 0,18  | 0,21  | 0,22    |
| Fe[2]O[3]       | 4,04       | 3,93    | -              | -       | -       | -          | -     | 5,00  | 4,93  | 4,69  | 3,51  | 3,93  | 3,61    |

|                 |       |         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----------------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| MgO             | 1,10  | 0,23    | 1,20  | 0,71  | 0,65  | 1,41  | 0,62  | 1,45  | 1,46  | 1,32  | 0,39  | 0,59  | 0,39  |
| CaO             | 2,43  | 1,64    | 3,15  | 2,52  | 2,35  | 3,91  | 2,25  | 4,39  | 4,28  | 4,08  | 1,88  | 2,26  | 1,86  |
| Na[2]O          | 3,78  | 6,11    | 3,88  | 4,62  | 4,72  | 3,04  | 5,23  | 2,78  | 2,87  | 2,86  | 6,55  | 5,23  | 6,51  |
| K[2]O           | 9,01  | 7,09    | 8,25  | 8,12  | 8,12  | 8,91  | 7,23  | 9,19  | 9,18  | 9,29  | 7,54  | 8,21  | 7,09  |
| P[2]O[5]        | 0,22  | 0,02    | 0,21  | 0,13  | 0,12  | 0,26  | 0,20  | 0,29  | 0,29  | 0,26  | 0,09  | 0,11  | 0,09  |
| LOI             | -     | 0,60    | -     | -     | -     | -     | -     | 1,08  | 1,66  | 1,06  | 1,18  | 3,58  | 1,30  |
| Somma alcali    | 12,79 | 13,20   | 12,13 | 12,74 | 12,84 | 11,95 | 12,46 | 11,97 | 12,05 | 12,15 | 14,09 | 13,44 | 13,60 |
| {87}Sr/{86}Sr   | -     | -       | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| {143}Nd/{144}Nd | -     | -       | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| S\$             | ME036 | ME036vt | MT020 | MT021 | MT016 | MT022 | MT023 | MT024 | MT025 | MT026 | MT027 | MT018 | MT028 |
| Name            | pozzo | Pozzo   | pozzo | pozzo | pozzo | pozzo | pozzo | pozzo | pozzo | pozzo | pozzo | pozzo | pozzo |
| Da              | -     | -       | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| Age             | 39000 | 39000   | 39000 | 39000 | 39000 | 39000 | 39000 | 39000 | 39000 | 39000 | 39000 | 39000 | 39000 |
| SiO[2]          | 60,10 | 61,10   | 60,73 | 61,31 | 61,06 | 61,14 | 60,68 | 60,93 | 61,14 | 61,22 | 61,11 | 61,22 | 61,07 |
| TiO[2]          | 0,40  | 0,41    | 0,44  | 0,43  | 0,44  | 0,42  | 0,43  | 0,44  | 0,43  | 0,43  | 0,42  | 0,43  | 0,42  |
| Al[2]O[3]       | 18,75 | 18,38   | 18,61 | 18,71 | 18,65 | 18,70 | 18,52 | 18,63 | 18,65 | 18,64 | 18,62 | 18,65 | 18,67 |
| MnO             | 0,14  | 0,22    | 0,20  | 0,19  | 0,20  | 0,20  | 0,20  | 0,20  | 0,20  | 0,20  | 0,20  | 0,20  | 0,20  |
| Fe[2]O[3]       | 4,06  | 3,61    | 3,79  | 3,58  | 3,70  | 3,62  | 3,63  | 3,81  | 3,54  | 3,55  | 3,50  | 3,57  | 3,53  |
| MgO             | 0,77  | 0,55    | 0,47  | 0,36  | 0,40  | 0,40  | 0,36  | 0,40  | 0,37  | 0,39  | 0,36  | 0,37  | 0,36  |
| CaO             | 2,98  | 2,08    | 2,03  | 1,81  | 1,92  | 2,01  | 1,79  | 1,90  | 1,79  | 1,65  | 1,63  | 1,66  | 1,70  |
| Na[2]O          | 4,11  | 6,41    | 6,07  | 6,11  | 5,75  | 5,77  | 5,95  | 5,81  | 6,08  | 5,93  | 6,43  | 6,12  | 6,64  |
| K[2]O           | 8,52  | 7,14    | 7,55  | 7,29  | 7,79  | 7,65  | 8,37  | 7,80  | 7,72  | 7,90  | 7,65  | 7,69  | 7,31  |
| P[2]O[5]        | 0,15  | 0,09    | 0,11  | 0,11  | 0,09  | 0,09  | 0,07  | 0,08  | 0,08  | 0,09  | 0,08  | 0,09  | 0,09  |
| LOI             | 2,75  | 1,30    | 3,32  | 3,46  | 3,81  | 4,35  | 3,78  | 4,12  | 3,75  | 3,69  | 3,80  | 3,50  | 3,92  |

|                 |             |        |        |             |             |         |                        |         |         |         |               |               |           |
|-----------------|-------------|--------|--------|-------------|-------------|---------|------------------------|---------|---------|---------|---------------|---------------|-----------|
| Somma alcali    | 12,63       | 13,55  | 13,62  | 13,40       | 13,54       | 13,42   | 14,32                  | 13,61   | 13,80   | 13,83   | 14,08         | 13,81         | 13,95     |
| {87}Sr/{86}Sr   | -           | -      | -      | -           | -           | -       | -                      | -       | -       | -       | -             | -             | -         |
| {143}Nd/{144}Nd | -           | -      | -      | -           | -           | -       | -                      | -       | -       | -       | -             | -             | -         |
| S\$             | ME037       | ME038  | OFVbA  | OCF941<br>1 | 9603B1      | 9603B2c | OCF946                 | OCF945  | OCF9411 | OCF9413 | OCF9416       | OCF9418       | 9603B1    |
| Name            | pozzo       | Pozzo  | pozzo  | -           | Verd B      | Verd B  | Tufi<br>Biancast<br>ri | Unit B  | -       | -       | Coroglio      | Coroglio      | Verd B    |
| da              | -           | -      | -      | CF          | CF          | CF      | CF                     | CF      | CF      | CF      | CF            | CF            | CF        |
| Age             | 39000       | 39000  | 39000  | 28000       | 28000       | 28000   | 28000                  | 28000   | 28000   | 28000   | 28000         | 28000         | 28000     |
| SiO[2]          | 61,47       | 61,64  | 59,68  | 58,7        | 62,20       | 62,43   | 60,72                  | 61,88   | 58,70   | 60,37   | 61,46         | 61,67         | 62,2      |
| TiO[2]          | 0,43        | 0,43   | 0,39   | 0,5         | 0,41        | 0,40    | 0,40                   | 0,39    | 0,50    | 0,42    | 0,40          | 0,41          | 0,41      |
| Al[2]O[3]       | 18,68       | 18,61  | 18,67  | 18,66       | 18,44       | 18,41   | 18,25                  | 18,37   | 18,66   | 18,58   | 18,36         | 18,40         | 18,44     |
| MnO             | 0,23        | 0,23   | 0,08   | 0,08        | 0,13        | 0,13    | 0,11                   | 0,11    | 0,08    | 0,11    | 0,10          | 0,10          | 0,13      |
| Fe[2]O[3]       | 3,52        | 3,49   | 4,12   | 4,69        | 3,31        | 3,20    | 3,37                   | 3,16    | 4,69    | 3,95    | 3,27          | 3,27          | 3,31      |
| MgO             | 0,38        | 0,38   | 1,00   | 1,21        | 0,52        | 0,48    | 0,57                   | 0,39    | 1,21    | 0,68    | 0,45          | 0,43          | 0,52      |
| CaO             | 1,86        | 1,86   | 3,30   | 4,01        | 2,50        | 2,34    | 4,29                   | 2,81    | 4,01    | 3,12    | 2,26          | 2,26          | 2,5       |
| Na[2]O          | 6,14        | 6,11   | 3,16   | 3,27        | 4,65        | 4,78    | 4,48                   | 4,83    | 3,27    | 4,02    | 4,60          | 4,68          | 4,65      |
| K[2]O           | 7,23        | 7,17   | 9,38   | 8,62        | 7,68        | 7,68    | 7,70                   | 7,97    | 8,62    | 8,61    | 9,01          | 8,67          | 7,68      |
| P[2]O[5]        | 0,07        | 0,09   | 0,21   | 0,25        | 0,14        | 0,13    | 0,11                   | 0,09    | 0,25    | 0,15    | 0,09          | 0,09          | 0,14      |
| LOI             | 1,19        | 1,33   | 1,30   | 0,92        | 5,60        | 5,38    | 7,40                   | 5,90    | 0,92    | 4,62    | 3,95          | 3,87          | 5,6       |
| Somma alcali    | 13,37       | 13,28  | 12,54  | 11,89       | 12,33       | 12,46   | 12,18                  | 12,80   | 11,89   | 12,63   | 13,61         | 13,35         | 12,33     |
| {87}Sr/{86}Sr   | -           | -      | -      | 0,70738     | -           | -       | 0,70735                | 0,7073  | 0,70738 | 0,70728 | 0,70734       | 0,70736       | -         |
| {143}Nd/{144}Nd | -           | -      | -      | -           | -           | -       | 0,51256                | -       | -       | -       | -             | -             | -         |
| S\$             | 9603B2<br>c | OCF946 | OCF945 | OCF941<br>1 | OCF954<br>4 | OCF9543 | OCF954<br>2            | OCF9541 | OCF9540 | OCF9539 | OCF9602A<br>1 | OCF9602C<br>1 | OCF9602D1 |

| Name            | Verd B     | Tufi<br>Biancastri | Unit B           | -             | Unit O        | Tre O         | Tre O         | Unit R      | Unit S      | Unit S      | Unit N      | Unit P  | Unit Q  |
|-----------------|------------|--------------------|------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------|---------|
| Da              | CF         | CF                 | CF               | CF            | CF            | CF            | CF            | CF          | CF          | CF          | CF          | CF      | CF      |
| Age             | 28000      | 28000              | 28000            | 28000         | 17900         | 17900         | 17900         | 16000       | 15500       | 15500       | 16100       | 16050   | 16030   |
| SiO[2]          | 62,43      | 60,72              | 61,88            | 58,7          | 63,65         | 63,59         | 63,59         | 61,41       | 62,39       | 59,48       | 61,77       | 61,96   | 62,03   |
| TiO[2]          | 0,4        | 0,4                | 0,39             | 0,5           | 0,41          | 0,42          | 0,42          | 0,42        | 0,42        | 0,40        | 0,40        | 0,39    | 0,40    |
| Al[2]O[3]       | 18,41      | 18,25              | 18,37            | 18,66         | 17,84         | 17,85         | 17,88         | 18,41       | 18,28       | 17,43       | 18,97       | 19,07   | 19,00   |
| MnO             | 0,13       | 0,11               | 0,11             | 0,08          | 0,18          | 0,17          | 0,18          | 0,13        | 0,15        | 0,14        | 0,14        | 0,13    | 0,14    |
| Fe[2]O[3]       | 3,2        | 3,37               | 3,16             | 4,69          | 2,85          | 2,79          | 2,82          | 3,55        | 3,02        | 2,90        | 3,31        | 3,32    | 3,25    |
| MgO             | 0,48       | 0,57               | 0,39             | 1,21          | 0,23          | 0,23          | 0,25          | 0,47        | 0,31        | 0,31        | 0,42        | 0,37    | 0,31    |
| CaO             | 2,34       | 4,29               | 2,81             | 4,01          | 1,59          | 1,61          | 1,62          | 2,32        | 1,99        | 1,90        | 2,14        | 1,95    | 1,96    |
| Na[2]O          | 4,78       | 4,48               | 4,83             | 3,27          | 6,07          | 6,04          | 6,00          | 6,00        | 5,30        | 4,98        | 4,44        | 4,58    | 4,70    |
| K[2]O           | 7,68       | 7,7                | 7,97             | 8,62          | 7,10          | 7,19          | 7,13          | 8,60        | 8,05        | 7,77        | 8,34        | 8,19    | 8,15    |
| P[2]O[5]        | 0,13       | 0,11               | 0,09             | 0,25          | 0,07          | 0,07          | 0,08          | 0,13        | 0,09        | 0,09        | 0,08        | 0,05    | 0,05    |
| LOI             | 5,38       | 7,4                | 5,9              | 0,92          | 4,58          | 4,60          | 4,48          | 4,11        | 4,23        | 4,37        | 3,82        | 4,18    | 3,97    |
| Somma alcali    | 12,46      | 12,18              | 12,8             | 11,89         | 13,17         | 13,23         | 13,14         | 14,60       | 13,35       | 12,75       | 12,78       | 12,77   | 12,85   |
| {87}Sr/{86}Sr   | -          | 0,70735            | 0,7073           | 0,70738       | 0,70738       | 0             | 0             | 0,70749     | 0,70745     | 0,7075      | 0,70736     | 0,70734 | 0,70738 |
| {143}Nd/{144}Nd | -          | 0,51256            | -                | -             | 0,51256       | 0             | 0             | 0,5124      | 0,51249     | 0,51247     | 0,51253     | -       | -       |
| S\$             | OCF9602D2c | OCF9602D<br>2      | OCF9602E1a<br>lt | OCF9602F<br>1 | OCF9602F<br>3 | OCF9602<br>H1 | OCF9602I<br>1 | NYTTR1<br>B | NYTTR1<br>A | OCF941<br>4 | OCF941<br>5 | TG      | TG      |
| Name            | PR Q       | PR Q               | Unit R           | PR S          | PR S          | Unit U        | Unit V        | NYT         | NYT         | NYT         | NYT         | NYT     | NYT     |
| Da              | CF         | CF                 | CF               | CF            | CF            | CF            | CF            | CF          | CF          | CF          | CF          | CF      | CF      |
| Age             | 16030      | 16030              | 16020            | 16000         | 16000         | 15950         | 15900         | 14900       | 14900       | 14900       | 14900       | 14900   | 14900   |
| SiO[2]          | 61,79      | 58,90              | 61,40            | 62,50         | 62,49         | 61,37         | 61,29         | 61,18       | 60,61       | 58,39       | 57,48       | 56,34   | 56,51   |
| TiO[2]          | 0,40       | 0,49               | 0,42             | 0,42          | 0,42          | 0,42          | 0,42          | 0,43        | 0,47        | 0,53        | 0,55        | 0,61    | 0,60    |
| Al[2]O[3]       | 18,95      | 18,99              | 19,08            | 18,83         | 18,81         | 18,98         | 19,02         | 18,42       | 18,56       | 18,54       | 18,41       | 18,65   | 18,62   |

|               |       |       |         |       |       |         |         |         |         |         |         |         |         |
|---------------|-------|-------|---------|-------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| MnO           | 0,13  | 0,12  | 0,14    | 0,15  | 0,15  | 0,14    | 0,13    | 0,13    | 0,13    | 0,11    | 0,10    | 0,13    | 0,13    |
| Fe[2]O[3]     | 3,38  | 4,89  | 3,57    | 3,01  | 3,02  | 3,52    | 3,48    | 3,60    | 4,07    | 4,95    | 5,29    | 6,11    | 6,10    |
| MgO           | 0,41  | 1,01  | 0,44    | 0,24  | 0,26  | 0,45    | 0,43    | 0,55    | 0,75    | 1,26    | 1,57    | 1,68    | 1,66    |
| CaO           | 2,09  | 3,35  | 2,11    | 1,78  | 1,80  | 2,23    | 2,21    | 2,75    | 2,99    | 3,98    | 4,44    | 4,93    | 4,87    |
| Na[2]O        | 4,52  | 3,39  | 4,52    | 5,24  | 5,25  | 4,49    | 4,52    | 4,36    | 4,14    | 4,13    | 3,67    | 3,36    | 3,34    |
| K[2]O         | 8,26  | 8,62  | 8,26    | 7,76  | 7,75  | 8,32    | 8,43    | 8,47    | 8,14    | 7,85    | 8,20    | 7,85    | 7,80    |
| P[2]O[5]      | 0,06  | 0,21  | 0,07    | 0,04  | 0,03  | 0,07    | 0,07    | 0,12    | 0,15    | 0,25    | 0,28    | 0,36    | 0,36    |
| LOI           | 4,11  | 2,99  | 4,07    | 3,99  | 4,18  | 3,93    | 4,10    | 5,03    | 5,28    | 0,89    | 3,47    | 2,09    | 2,01    |
| Somma alcali  | 12,78 | 12,01 | 12,78   | 13,00 | 13,01 | 12,81   | 12,95   | 12,83   | 12,28   | 11,98   | 11,87   | 11,21   | 11,14   |
| {87}Sr/{86}Sr | -     | -     | 0,70748 | -     | -     | 0,70755 | 0,70756 | 0,70755 | 0,70758 | 0,70752 | 0,70756 | 0,70754 | 0,70756 |
| 143Nd/144Nd   | -     | -     | 0,51247 | -     | -     | -       | 0,51247 | -       | -       | -       | -       | -       | -       |
| S\$           | SmA1A | SmA1B | VbA2    | VbA5  | SmA2  | VbA3    | QuA3    | SsA3    | Ss5A3   | PrA3    | QuA4    | SsA4    | Ax      |
| Name          | NYT   | NYT   | NYT     | NYT   | NYT   | NYT     | NYT     | NYT     | NYT     | NYT     | NYT     | NYT     | NYT     |
| da            | CF    | CF    | CF      | CF    | CF    | CF      | CF      | CF      | CF      | CF      | CF      | CF      | CF      |
| Age           | 14900 | 14900 | 14900   | 14900 | 14900 | 14900   | 14900   | 14900   | 14900   | 14900   | 14900   | 14900   | 14900   |
| SiO[2]        | 60,92 | 61,26 | 58,13   | 57,68 | 58,27 | 57,47   | 57,58   | 57,43   | 57,46   | 57,47   | 57,63   | 57,73   | 57,18   |
| TiO[2]        | 0,42  | 0,42  | 0,54    | 0,56  | 0,54  | 0,53    | 0,53    | 0,54    | 0,53    | 0,54    | 0,54    | 0,53    | 0,56    |
| Al[2]O[3]     | 18,55 | 18,57 | 18,70   | 18,71 | 18,57 | 18,51   | 18,55   | 18,08   | 18,47   | 18,12   | 18,55   | 18,56   | 18,55   |
| MnO           | 0,14  | 0,14  | 0,13    | 0,12  | 0,13  | 0,13    | 0,12    | 0,12    | 0,13    | 0,12    | 0,12    | 0,12    | 0,13    |
| Fe[2]O[3]     | 3,56  | 0,43  | 5,18    | 5,58  | 0,63  | 0,75    | 0,74    | 0,78    | 0,78    | 0,79    | 0,75    | 0,76    | 0,80    |
| MgO           | 0,50  | 0,47  | 1,30    | 1,46  | 1,33  | 1,33    | 1,33    | 1,31    | 1,33    | 1,36    | 1,39    | 1,26    | 1,44    |
| CaO           | 2,35  | 2,37  | 4,18    | 4,34  | 4,00  | 4,25    | 4,16    | 4,15    | 4,36    | 4,17    | 4,24    | 4,17    | 4,12    |
| Na[2]O        | 4,52  | 4,44  | 3,64    | 3,44  | 3,69  | 3,59    | 3,64    | 3,63    | 3,66    | 3,59    | 3,60    | 3,64    | 3,69    |
| K[2]O         | 8,97  | 8,97  | 7,94    | 7,84  | 8,39  | 8,15    | 8,13    | 8,43    | 7,92    | 8,26    | 7,92    | 7,91    | 8,14    |
| P[2]O[5]      | 0,08  | 0,08  | 0,26    | 0,28  | 0,25  | 0,27    | 0,26    | 0,33    | 0,28    | 0,35    | 0,26    | 0,26    | 0,25    |



|                 |         |          |         |         |       |       |         |         |       |       |       |         |       |
|-----------------|---------|----------|---------|---------|-------|-------|---------|---------|-------|-------|-------|---------|-------|
| LOI             | 3,80    | 3,05     | 2,79    | 2,90    | 3,12  | 2,84  | 2,89    | 2,54    | 3,13  | 2,15  | 2,96  | 4,04    | 4,40  |
| Somma alcali    | 13,49   | 13,41    | 11,58   | 11,28   | 12,08 | 11,74 | 11,77   | 12,06   | 11,58 | 11,85 | 11,52 | 11,55   | 11,83 |
| {87}Sr/{86}Sr   | 0,70756 | -        | 0,70756 | 0,70757 | -     | -     | -       | -       | -     | -     | -     | -       | -     |
| {143}Nd/{144}Nd | 0,51246 | -        | -       | -       | -     | -     | -       | -       | -     | -     | -     | -       | -     |
| S\$             | QuA5    | VbA5     | Ss1Ax   | SsAx    | QuA7  | VbA7  | QuA9    | VbA9    | PrAx  | QuB0  | PrB1  | SsB1    | QuB2  |
| Name            | NYT     | NYT      | NYT     | NYT     | NYT   | NYT   | NYT     | NYT     | NYT   | NYT   | NYT   | NYT     | NYT   |
| Da              | CF      | CF       | CF      | CF      | CF    | CF    | CF      | CF      | CF    | CF    | CF    | CF      | CF    |
| Age             | 14900   | 14900    | 14900   | 14900   | 14900 | 14900 | 14900   | 14900   | 14900 | 14900 | 14900 | 14900   | 14900 |
| SiO[2]          | 57,20   | 57,33    | 56,84   | 56,44   | 56,71 | 56,97 | 57,08   | 57,19   | 60,00 | 60,32 | 60,18 | 60,48   | 60,47 |
| TiO[2]          | 0,56    | 0,55     | 0,56    | 0,57    | 0,57  | 0,57  | 0,57    | 0,57    | 0,46  | 0,46  | 0,45  | 0,45    | 0,45  |
| Al[2]O[3]       | 18,55   | 18,59    | 18,44   | 18,03   | 18,50 | 18,57 | 18,61   | 18,78   | 18,22 | 18,60 | 18,15 | 18,28   | 18,61 |
| MnO             | 0,12    | 0,12     | 0,12    | 0,12    | 0,13  | 0,12  | 0,12    | 0,13    | 0,12  | 0,13  | 0,12  | 0,12    | 0,14  |
| Fe[2]O[3]       | 0,77    | 0,80     | 0,81    | 0,84    | 0,80  | 0,82  | 5,54    | 5,69    | 0,57  | 0,50  | 0,55  | 3,79    | 0,54  |
| MgO             | 1,42    | 1,45     | 1,56    | 1,56    | 1,60  | 1,55  | 1,64    | 1,58    | 0,62  | 0,79  | 0,56  | 0,57    | 0,58  |
| CaO             | 4,45    | 4,31     | 4,63    | 4,51    | 4,73  | 4,56  | 4,76    | 4,67    | 2,72  | 2,86  | 2,59  | 2,59    | 2,67  |
| Na[2]O          | 3,51    | 3,41     | 3,46    | 3,45    | 3,45  | 3,34  | 3,53    | 3,38    | 4,22  | 4,11  | 4,28  | 4,35    | 4,25  |
| K[2]O           | 7,96    | 7,80     | 7,80    | 8,54    | 7,83  | 7,70  | 7,85    | 7,69    | 9,07  | 8,77  | 9,26  | 9,17    | 8,55  |
| P[2]O[5]        | 0,29    | 0,28     | 0,33    | 0,36    | 0,31  | 0,31  | 0,31    | 0,31    | 0,21  | 0,15  | 0,21  | 0,21    | 0,13  |
| LOI             | 2,88    | 2,90     | 2,00    | 1,66    | 2,56  | 2,72  | 1,69    | 2,06    | 3,68  | 3,53  | 3,86  | 3,41    | 4,10  |
| Somma alcali    | 11,47   | 11,21    | 11,26   | 11,99   | 11,28 | 11,04 | 11,38   | 11,07   | 13,29 | 12,88 | 13,54 | 13,52   | 12,80 |
| {87}Sr/{86}Sr   | -       | 0,707569 | -       | -       | -     | -     | 0,70761 | 0,70757 | -     | -     | -     | 0,70757 | -     |
| {143}Nd/{144}Nd | -       | -        | -       | -       | -     | -     | 0,51254 | -       | -     | -     | -     | -       | -     |
| S\$             | SsB2    | QuB3     | SsB3    | SsB4    | SsB5  | SsB6  | SsB7    | SsB8    | SsB9  | SsB10 | SsB11 | PrB2    | SsB12 |
| Name            | NYT     | NYT      | NYT     | NYT     | NYT   | NYT   | NYT     | NYT     | NYT   | NYT   | NYT   | NYT     | NYT   |

| da              | CF    | CF    | CF    | CF    | CF      | CF       | CF       | CF       | CF          | CF          | CF          | CF          | CF          |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|---------|----------|----------|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Age             | 14900 | 14900 | 14900 | 14900 | 14900   | 14900,00 | 14900,00 | 14900,00 | 14900,00    | 14900,00    | 14900,00    | 14900,00    | 14900,00    |
| SiO[2]          | 60,29 | 60,62 | 60,48 | 60,33 | 60,54   | 60,33    | 60,53    | 60,14    | 60,78       | 60,53       | 60,56       | 60,03       | 59,80       |
| TiO[2]          | 0,45  | 0,42  | 0,41  | 0,42  | 0,45    | 0,43     | 0,43     | 0,45     | 0,43        | 0,42        | 0,43        | 0,42        | 0,46        |
| Al[2]O[3]       | 18,67 | 18,68 | 18,62 | 18,64 | 18,29   | 18,65    | 18,63    | 18,29    | 18,65       | 18,21       | 18,66       | 18,35       | 18,43       |
| MnO             | 0,13  | 0,12  | 0,13  | 0,13  | 0,12    | 0,13     | 0,13     | 0,13     | 0,14        | 0,12        | 0,12        | 0,11        | 0,13        |
| Fe[2]O[3]       | 0,56  | 0,53  | 0,53  | 0,56  | 3,74    | 0,56     | 0,54     | 3,96     | 3,65        | 0,52        | 0,55        | 3,98        | 4,41        |
| MgO             | 0,60  | 0,57  | 0,49  | 0,62  | 0,54    | 0,62     | 0,56     | 0,63     | 0,63        | 0,47        | 0,58        | 0,62        | 1,02        |
| CaO             | 2,72  | 2,64  | 2,58  | 2,74  | 2,51    | 2,77     | 2,65     | 2,74     | 2,61        | 2,42        | 2,61        | 2,72        | 3,03        |
| Na[2]O          | 4,26  | 4,17  | 4,39  | 4,29  | 4,40    | 4,25     | 4,37     | 4,15     | 4,43        | 4,35        | 4,23        | 3,94        | 3,72        |
| K[2]O           | 8,46  | 8,54  | 8,73  | 8,43  | 9,22    | 8,36     | 8,41     | 9,31     | 8,58        | 9,31        | 8,53        | 9,59        | 8,82        |
| P[2]O[5]        | 0,14  | 0,14  | 0,10  | 0,15  | 0,20    | 0,15     | 0,13     | 0,21     | 0,13        | 0,18        | 0,14        | 0,23        | 0,18        |
| LOI             | 3,98  | 4,02  | 3,27  | 3,17  | 3,74    | 4,05     | 4,18     | 3,96     | 3,80        | 3,79        | 4,49        | 3,41        | 4,42        |
| Somma alcali    | 12,72 | 12,71 | 13,12 | 12,72 | 13,62   | 12,61    | 12,78    | 13,46    | 13,01       | 13,66       | 12,76       | 13,53       | 12,54       |
| {87}Sr/{86}Sr   | -     | -     | -     | -     | 0,70756 | -        | -        | 0,71     | 0,71        | -           | -           | 0,71        | 0,71        |
| {143}Nd/{144}Nd | -     | -     | -     | -     | -       | -        | -        | -        | -           | -           | -           | -           | -           |
| S\$             | PrB3  | PrB4  | PrB5  | PrB5s | PrB5c   | TLo-1    | TLo-2    | Tlo-3    | TLp         | TLq         | TLr         | TLs-1       | TLs-2       |
| Name            | NYT   | NYT   | NYT   | NYT   | NYT     | -        | -        | -        | -           | -           | -           | -           | -           |
| da              | CF    | CF    | CF    | CF    | CF      | CF       | CF       | CF       | CF          | CF          | CF          | CF          | CF          |
| Age             | 14900 | 14900 | 14900 | 14900 | 14900   | 17900    | 17900    | 17900    | 17900-14800 | 17900-14800 | 17900-14800 | 17900-14800 | 17900-14800 |
| SiO[2]          | 58,59 | 57,87 | 55,29 | 55,64 | 57,37   | 63,20    | 62,37    | 63,00    | 62,58       | 61,12       | 60,29       | 62,06       | 62,16       |
| TiO[2]          | 0,50  | 0,53  | 0,61  | 0,61  | 0,54    | 0,42     | 0,42     | 0,43     | 0,45        | 0,44        | 0,43        | 0,44        | 0,44        |
| Al[2]O[3]       | 18,36 | 18,49 | 18,18 | 18,42 | 18,54   | 17,70    | 17,49    | 17,70    | 17,91       | 18,22       | 17,70       | 18,11       | 18,22       |
| MnO             | 0,11  | 0,12  | 0,12  | 0,13  | 0,11    | 0,19     | 0,18     | 0,18     | 0,19        | 0,14        | 0,16        | 0,16        | 0,16        |

|                                      |         |         |       |         |       |          |          |          |          |              |          |              |          |
|--------------------------------------|---------|---------|-------|---------|-------|----------|----------|----------|----------|--------------|----------|--------------|----------|
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>       | 4,97    | 5,27    | 0,93  | 6,38    | 0,81  | 2,78     | 2,75     | 2,85     | 3,05     | 3,33         | 3,00     | 3,00         | 3,06     |
| MgO                                  | 1,08    | 1,34    | 1,74  | 1,95    | 1,49  | 0,23     | 0,24     | 0,28     | 0,34     | 0,50         | 0,36     | 0,31         | 0,34     |
| CaO                                  | 3,94    | 3,98    | 4,97  | 5,24    | 3,87  | 1,56     | 1,57     | 1,59     | 1,63     | 2,24         | 1,91     | 1,94         | 1,95     |
| Na <sub>2</sub> O                    | 3,57    | 3,54    | 3,20  | 3,29    | 3,48  | 5,81     | 5,80     | 5,85     | 5,44     | 4,47         | 4,98     | 5,10         | 5,13     |
| K <sub>2</sub> O                     | 8,66    | 8,60    | 8,35  | 7,97    | 8,29  | 7,00     | 6,98     | 7,06     | 7,08     | 8,47         | 7,81     | 7,93         | 7,93     |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>        | 0,23    | 0,26    | 0,43  | 0,37    | 0,27  | 0,04     | 0,04     | 0,04     | 0,05     | 0,09         | 0,06     | 0,05         | 0,05     |
| LOI                                  | 3,05    | 2,93    | 1,21  | 1,62    | 3,02  | 3,98     | 4,05     | 3,95     | 4,26     | 3,80         | 4,00     | 3,72         | 3,58     |
| Somma alcali                         | 12,23   | 12,14   | 11,55 | 11,26   | 11,77 | 12,81    | 12,78    | 12,91    | 12,52    | 12,94        | 12,79    | 13,03        | 13,06    |
| <sup>87</sup> Sr/ <sup>86</sup> Sr   | 0,70753 | 0,70752 | -     | 0,70752 | -     | 0,707372 | 0,707373 | 0,707403 | 0,707533 | 0,70746<br>6 | 0,707461 | 0,70742<br>4 | 0,707437 |
| <sup>143</sup> Nd/ <sup>144</sup> Nd | -       | -       | -     | 0,51251 | -     | 0,512455 | 0,512455 | 0,512461 | 0,512463 | 0,51247      | 0,512468 | 0,51246      | 0,51246  |

Tabella 4: Analisi chimiche e isotopiche dei Campi Flegrei, Taurano, Pomici Verdoline, Schiava e Pomici di Base

## 6.5 Campioni studiati



## 6.6 XLFRAC dati

1Step

Taurano → Codola meno evoluta

| Sigla                          | L. Iniz. | L. fin. | Fasi |      |      |      |       |
|--------------------------------|----------|---------|------|------|------|------|-------|
|                                | Taurano  | Codola  | lc   | pl   | amp  | ox   | cpx   |
| SiO <sub>2</sub>               | 50,6     | 56,2    | 55,9 | 57,2 | 35,7 | 1,1  | 42,5  |
| TiO <sub>2</sub>               | ,8       | ,7      |      |      | 2,4  | 10,2 | 2,1   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 19,9     | 19,1    | 22,9 | 26,4 | 13,4 | 3,0  | 12,6  |
| FeO                            | 6,6      | 5,4     |      |      | 22,6 | 81,1 | 11,1  |
| MnO                            | ,1       | ,1      |      |      |      | 2,7  | ,1    |
| MgO                            | 2,6      | 1,8     |      |      | 5,4  | ,7   | 8,9   |
| CaO                            | 10,5     | 6,6     |      | 7,6  | 11,2 | ,8   | 22,6  |
| Na <sub>2</sub> O              | 4,2      | 4,1     | 1,1  | 7,1  | 2,2  |      |       |
| K <sub>2</sub> O               | 4,7      | 5,8     | 19,9 | ,8   | 2,4  | ,2   | ,1    |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | ,42      | ,28     |      |      |      |      |       |
|                                | 100,43   | 100,09  | 99,8 | 99,1 | 95,3 | 99,8 | 100,0 |

|                                | Diff. Calc. | Scarto <sup>2</sup> | lc               | pl     | amp    | ox      | cpx   |
|--------------------------------|-------------|---------------------|------------------|--------|--------|---------|-------|
| SiO <sub>2</sub>               | 5,60        | 0,00                | -15,6            | -37,0  | -8,0   | -1,63   | -24,7 |
| TiO <sub>2</sub>               | -0,26       | 0,02                | 18,0             | 42,6   | 9,2    | 1,9     | 28,4  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | -0,99       | 0,02                |                  |        |        |         |       |
| FeO                            | -1,17       | 0,00                | 0,1798           | 0,4257 | 0,0919 | 0,01875 | 0,284 |
| MnO                            | 0,05        | 0,00                | % solido rimosso |        |        |         |       |
| MgO                            | -1,08       | 0,09                | <b>-87,0</b>     |        |        |         |       |
| CaO                            | -3,57       | 0,11                |                  |        |        |         |       |
| Na <sub>2</sub> O              | 0,59        | 0,44                |                  |        |        |         |       |
| K <sub>2</sub> O               | 1,41        | 0,10                |                  |        |        |         |       |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,24        | 0,15                |                  |        |        |         |       |
| SSR                            |             | 0,92                |                  |        |        |         |       |
| r                              |             | 0,03                |                  |        |        |         |       |
| <b>F</b>                       |             | <b>0,13</b>         |                  |        |        |         |       |

2Step

Codola meno evoluta → Codola più evoluta

| Sigla                          | L. Iniz. | L. fin. | Fasi |       |       |      |       |
|--------------------------------|----------|---------|------|-------|-------|------|-------|
|                                | Codola   | Codola  | pl   | Fl    | cpx   | ox   | sn    |
| SiO <sub>2</sub>               | 56,2     | 58,2    | 59,6 | 39,0  | 45,3  | 1,1  | 65,7  |
| TiO <sub>2</sub>               | ,7       | ,6      |      | 4,3   | 1,1   | 10,2 |       |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 19,1     | 19,4    | 25,2 | 17,1  | 7,8   | 3,0  | 19,3  |
| FeO                            | 5,4      | 3,8     |      | 13,8  | 15,3  | 81,1 |       |
| MnO                            | ,1       | ,1      |      | ,2    | ,8    | 2,7  |       |
| MgO                            | 1,8      | ,7      |      | 15,8  | 7,3   | ,7   |       |
| CaO                            | 6,6      | 4,6     | 6,7  | ,2    | 22,3  | ,8   | ,5    |
| Na <sub>2</sub> O              | 4,1      | 3,4     | 7,1  |       | ,2    |      | 3,8   |
| K <sub>2</sub> O               | 5,8      | 9,9     | 1,1  | 9,6   |       | ,2   | 11,2  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | ,28      | ,12     |      |       |       | 0,11 |       |
|                                | 99,99    | 100,79  | 99,7 | 100,0 | 100,0 | 99,9 | 100,5 |

| Sigla                          | Diff. Calc. | Scarto <sup>2</sup> | pl               | Fl     | cpx    | ox      | sn    |
|--------------------------------|-------------|---------------------|------------------|--------|--------|---------|-------|
|                                |             |                     | SiO <sub>2</sub> | 1,92   | 0,01   | -31,5   | -4,1  |
| TiO <sub>2</sub>               | -0,10       | 0,00                | 45,8             | 6,0    | 19,5   | 3,0     | 25,6  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,17        | 0,01                |                  |        |        |         |       |
| FeO                            | -1,71       | 0,01                | 0,4584           | 0,0599 | 0,1954 | 0,02999 | 0,256 |
| MnO                            | -0,07       | 0,00                | %Solido rimosso  |        |        |         |       |
| MgO                            | -1,17       | 0,00                | <b>-68,6</b>     |        |        |         |       |
| CaO                            | -2,08       | 0,00                |                  |        |        |         |       |
| Na <sub>2</sub> O              | -0,57       | 0,00                |                  |        |        |         |       |
| K <sub>2</sub> O               | 4,08        | 0,00                |                  |        |        |         |       |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,08        | 0,06                |                  |        |        |         |       |

|          |             |
|----------|-------------|
| SSR      | 0,11        |
| r        | 0,04        |
| <b>F</b> | <b>0,31</b> |

## Ringraziamenti

*Forse questa è una delle parti della mia tesi più difficile da scrivere, in quanto non sono brava in questo genere di cose, ma sento il desiderio di ringraziare alcune persone.*

*Ringrazio l' OV, Direzione, UF4- Responsabile Renato Somma, Ilenia Arienzo - Responsabile TIMS e Chimica Fina, Massimo Russo Responsabile Microscopia, Pasquale Belviso Responsabile Preparazione Campioni. Roberto Isaia per le compagne geologiche sul Vesuvio e sui Flegrei. Alessandro, che oltre al supporto tecnico mi ha sopportato e mi ha fatto vedere Napoli in tutto il suo splendore. Un ringraziamento particolare va ad Angela Mormone Responsabile XRD e a Monica Piochi Responsabile FT-IR, che mi hanno sempre seguito, supportata e incoraggiata durante la mia permanenza a Napoli e soprattutto le ringrazio per i vari suggerimenti, consigli e critiche costruttive che sono andate anche al di là delle competenze scientifiche... Grazie di cuore*

*Ringrazio tutti i miei amici che mi hanno supportata e sopportata durante questi due anni, non ho parole. Alcuni di voi mi conoscono meglio di altri quindi sapete già quello che penso!!*

*Un grazie di cuore va alle mie due sorelle acquisite, Roberta e Daniela. Con loro ho passato la maggior parte del mio tempo che, essendo state le mie compagne di stanza hanno dovuto veramente sopportare tutte le mie incertezze e i miei scleri soprattutto durante la fase di scrittura della tesi!*

*A Cecilia co-autore di questo lavoro di tesi, senza di te il periodo passato a Napoli non sarebbe stato lo stesso, soprattutto i giorni passati in metropolitana (tu sai a cosa mi riferisco!)...*

*E tutti quelli che sicuramente ho dimenticato di nominare non me ne vogliono... Senza di voi non credo mi sarei divertita così tanto, quindi grazie veramente.*

*Infine, un ringraziamento speciale è per i miei genitori, mio fratello e la "mi" nonna che hanno seguito la mia carriera universitaria condividendone gioie, preoccupazioni e notti(!) non basterebbero migliaia di pagine per esprimere tutta la mia riconoscenza e poi questo lo lascio fare a te papo, che purtroppo lo devo ammettere sei più bravo di me nello scrivere questo genere di cose... ma non dimenticare "2 a 0"!!!*

## Bibliografia

- Andronico, D. (1997). La stratigrafia dei prodotti dell'eruzione di Lago Amendolare (Campi Flegrei, Napoli). *Atti Società Toscana di Scienze naturali Memorie, Serie A, 104*, 165-178.
- Andronico, D., & Cioni, R. (2002). Contrasting styles of Mount Vesuvius activity in the period between the Avellino and Pompeii Plinian eruptions, and some implications for assessment of future hazards. *Bulletin of Volcanological*, 372-391.
- Andronico, D., Calderoni, G., Cioni, R., Sbrana, A., Sbrana, A., Sulpizio, R., & Santacroce, R. (1995). Geological map of Somma-Vesuvius Volcano. *Periodico di Mineralogia*, 77-78.
- Arienzo, I., Carandente, A., Civetta, L., & Orsi, G. (2007). Magmatic History of Somma-Vesuvius on the Basis of New Geochemical and Isotopic Data from a Deep Borehole (Camaldoli la Torre). doi:10.1093/petrology/egl081. *Journal of Petrology*, 753-784.
- Aulinas M., C. L.-T. (2008). The "Pomice di mercato" Plinian eruption of Somma-Vesuvius: magma chamber process and eruption dynamics. *Bulletin of Volcanology*, 825-840.
- Ayuso, R. D. (1998). Geochemical and isotopic (Nd-Pb-Sr-O). *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 82, 53-78.
- Barberi P., B. H. (1981). The Somma-Vesuvius Magma Chamber: a Petrological and Volcanological Approach. *Bulletin of Volcanology*, 285-315.
- Beccaluva L., D. G. (1991). Petrogenesis and tectonic setting of the Roman Volcanic Province, Italy. *Lithos* 26, 191-221.
- Bertagnini, A., Landi, P., Rosi, M., & Vigliargio, A. (1998). The Pomice di Base plinian eruption of Somma-Vesuvius. *Journal Volcanology Geotherm*, 219-238.
- Biagio, G., Isaia, R., Fedele, F. G., Di Canzio, E., Hoffecker, J., Ronchitelli, A., . . . Popov, V. V. (2008). The Campanian Ignimbrite and Codola tephra layers: Two temporal/stratigraphic markers for the Early Upper Palaeolithic in southern Italy and eastern Europe. *Journal of Volcanological and Geothermal Research*, 208-226.
- Bonardi, G., Ciarcia, S., Di Nocera, S., Matano, F., Sgrosso, I., & Torre, M. (2009). Carta delle principali unità cinematiche dell'Appennino meridionale. Nota illustrativa.
- Brancaccio, L., Cinque, A., D'Angelo, G., Russo, F., Santangelo, N., & Sgrosso, I. (1987). EVOLUZIONE TETTONICA E GEOMORFOLOGICA DELLA PIANA DEL SELE (CAMPANIA, APPENNINO MERIDIONALE). *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, 47-53.
- Brancaccio, L., Cinque, A., Romano, P., Roskopf, C., Santangelo, N., & Santo, A. (1991). Geomorphology and neotectonic evolution of a sector of the Tyrrhenian flank of the southern Apennines. 47-58.
- Brocchini, D. P. (2001). Quaternary evolution of the southern. *Miner. Petrol.* 73 , 67-91.
- Bruno, D. S. (1979). La genesi dei fusi alcalinno-potassici della regione magmatica romana. *Rendiconti Società Italiana di Mineralogia e Petrologia* 35, 327-348.
- Caiazza, C., Ascione, A., & Cinque, A. (2006). Late Tertiary–Quaternary tectonics of the Southern Apennines (Italy): New evidences from the Tyrrhenian slope. *Tectonophysics*, 23-51.



- Chiodini, G., Marini, L., & Russo, M. (2001). Geochemical evidence for existence of high-temperature hydrothermal brines at Vesuvius volcano. *Geochimica e Cosmochimica Acta*, 2129-2147.
- Cinque, A., Alinaghi, H. H., Laureti, L., & Russo, F. (1987). OSSERVAZIONI PRELIMINARI SULL'EVOLUZIONE GEOMORFOLOGICA DELLA PIANA DEL SARNO (CAMPANIA, APPENNINO MERIDIONALE). *Supplementi di Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, 161-174.
- Cinque, A., Ascione, A., & Caiazza, C. (2000). Distribuzione spazio-temporale e caratterizzazione della fagliazione. *Le ricerche del GNDT nel campo della pericolosità sismica (1996--1999)*. CNR-GNDT Spec Publ, Roma, 203-218.
- Cioni R., R. a. (1999). Pyroclastic deposits as a guide for reconstructing the multi-stage evolution of the Somma-Vesuvius Caldera. *Bulletin of Volcanology*, 207-222.
- Cioni, R. C. (1995). Compositional layering and syn-eruptive mixing of a periodically refilled shallow magma chamber: the AD 79 plinian eruption of Vesuvius. *J. Petrol.* 36, 739-776.
- Cioni, R. M. (1998). Thermal and compositional evolution of the shallow magma chambers of Vesuvius, evidence from pyroxene phenocrysts and melt inclusions. *J. Geophys*, 277-294.
- Cioni, R., & Sulpizio, R. (2003). Variability of the eruption dynamics during a Subplinian event: the Greenish Punice eruption of Somma-Vesuvius (Italy). *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 89-114.
- Civetta, L., Arienzo, I., D'Antonio, M., & V., D. R. (2004). The isotope geochemistry and volcanology. The Neapolitan volcanoes. *Atti di Convegni Lincei*, (p. 187-203). Roma.
- Civetta, L., Galati, R., & Santacroce, R. (1991). Magma mixing and convective compositional layering within the Vesuvius magma chamber. *Bulletin of Volcanology*, 287-300.
- Civetta, L., Galati, R., & Santacroce, R. (1991). Magma mixing and convective compositional layering within the Vesuvius magma chamber. *Bulletin of Volcanology*, 287-300.
- Corrado, C. (2007). Petrography and thermobarometry of high-pressure ultramafic ejecta from Mount Vesuvius, Italy: inferences on the deep feeding system. *Periodico di Mineralogia*, 5-24.
- D'Antonio, M., Civetta, L., & Di Girolamo, P. (1999). Mantle source heterogeneity in the Campanian Region (South Italy) as inferred from geochemical and isotopic features of mafic volcanic rocks with shoshonitic affinity. *Mineralogy and Petrology*, 163-192.
- De Astis, G., Pappalardo, L., & Piochi, M. (2004). Procida volcanic history: new insights into the evolution of the Phlegraean Volcanic District (Campanian region Italy). *Bullettin of Volcanology*, 622-641.
- De Natale, G., Troise, C., Pingue, F., De Gori, P., & Chiarabba, C. (2001). Structure and dynamics of the Somma-Vesuvius volcanic complex. *Mineralogy and Petrology*, 5-22.
- De Natale, G., Troise, C., Pingue, F., Mastrolorenzo, G., & Pappalardo, L. (2006). The Somma - Vesuvius volcano (Southern Italy): Structure, Dynamics and hazard evaluation. *Earth-Science Reviews*, 73-111.
- De Vivo, B., Petrosinno, P., Lima, A., Rolandi, G., & Belkin, H. E. (2010). Research progress in volcanology in the Neapolitan area, Southern Italy: a review and alternative views. *Mineral Petrol*, 1-28.

- Dellino, D. M. (2011). Stratigraphy and eruptive dynamics of a pulsating Plinian eruption of SOMMA-Vesuvius: the Pomici di Mercato (8900 years B.P.). *Bulletin of Volcanology*, 257-278.
- Di Renzo, V., Di Vito, M. A., Arienzo, I., Civetta, L., D'Antonio, M., Giordano, F., . . . Tonarini, S. (2007). Magmatic history of data from a deep borehole (Camaldoli della Torre). *J Petrol*, 753-784.
- Di Vito, M. A., Sulpizio, R., Zanchetta, G., & D'Orazio, M. (2008). The late Pleistocene pyroclastic deposits of the Campanian Plain: New insights into the explosive activity of Neapolitan volcanoes. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 19-48.
- Ersoy, Y., & Helvacı, C. (2010). FC–AFC–FCA and mixing modeler: A Microsofts Excel & spreadsheet program for modeling geochemical differentiation of magma by crystal fractionation, crustal assimilation and mixing. *Computers & Geoscience*, 383-390.
- Guerrera, F., Martín-Algarra, A., & Perrone, V. (1993). Late Oligocene – Miocene syn-late-orogenic succession in western and central Mediterranean Chain from the Betic Cordillera to the Southern Apennines. *Terra Nova*, 525-544.
- Kopczyńska, R. M. (2015). Petrology of parasitic and eccentric cones on the flanks. *Miner Petrol*, 65-85.
- Marianelli, P., & N. Metrich, R. S. (1994). Mafic magma batches at Vesuvius: a glass inclusion approach to the modalities of feeding stratovolcanoes. *Contrib Mineral Petrol*, 159-169.
- Marianelli, P., Metrich, N., & Sbrana, A. (1999). Shallow and deep reservoirs involved in magma supply of the 1944 eruption of Vesuvius. *Bull Volcanol*, 48-63.
- Mastin, L. G., & M. Guffanti, R. S. (2009). A multidisciplinary effort to assign realistic source parameters to models of volcanic ash-cloud transport and dispersion during eruptions. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 10-21.
- McDonough, W., & Sun, S. (1995). The composition of the Earth. *Chemical Geology*, 223-253.
- Mele, D., Sulpizio, R., Dellino, P., & La Volpe, L. (2011). Stratigraphy and eruptive dynamics of a pulsating Plinian Stratigraphy and eruptive dynamics of a pulsating Plinian (8900 years B.P.) DOI 10.1007/s00445-010-0407-2. *Bull Volcanol*, 257-278.
- Natale, M., Nunziata, C., & Panza, G. F. (2005). Average shear wave velocity models of the crustal structure at Mt. Vesuvius. *Physics of the Earth and Planetary Interiors* 152, 7-21.
- Nathenson, J. F. (1992). Another look at the calculation of fallout tephra volumes. *Bullettinn of Volcanology*, 156-167.
- Paone. (2006). The geochemical evolution of the Mt. Somma-Vesuvius volcano. *Mineralogy and Petrology*, 53-80.
- Paone, A., Ayuso, R., & De Vivo, B. (2001). A metallogenic survey of alkalic rocks of Mt. Somma-Vesuvius volcano. *Mineralogy and Petrology* , 201-233.
- Pappalardo, L., Civetta, L., D'Antonio, M., Daino, A., Di Vito, M., Orsi, G., . . . Piochi, M. (1999). Chemical and Sr-isotopic evolution of the Phlegraean magmatic system before the Campanian Ignimbrite and the Neapolitan Yellow Tuff Eruption. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 141-166.

- Pappalardo, L., Piochi, M., & Mastrolorenzo, G. (2004). The 3550 year BP-1944 A.D. magma-plumbing system of Somma-Vesuvius: constraints on its behaviour and present state through a review of Sr-Nd isotope data. *Annals of Geophysics Vol. 47*, 1471-1483.
- Patacca, E. S. (1990). Tyrrhenian basin and Apenninic arcs: kinematic relations since late Tortonian times. *Memorie della Società Geologica Italiana*, 425-451.
- Patacca, E., & Scandone, P. (2007). Geology of southern Apennines. CROP-04. *Bollettino della Società Geologica Italian*, 75-119.
- Peccerillo. (2005). *Plio-Quaternary Volcanism in Italy*. Perugia: Springer.
- Peccerillo, G. D. (2006). Trace element and isotopic variations from Mt. Vulture to Campanian. *Contrib Mineral Petrol*, 331-351.
- PICHAVANT, M., & BRUNO SCAILLET, A. P.-M. (2014). Nature and Evolution of Primitive Vesuvius. *JOURNAL OF PETROLOGY*, 2281-2310.
- Piochi M., D. V. (2006). The magma feeding system of Somma-Vesuvius (Italy). *Elsevier B.V*, 183-204.
- Piochi, M., Bruno, P. P., & De Astis, G. (2005). Relative roles of rifting tectonics and magma ascent process: Inferences from geophysical, structural, volcanological, and geochemical data for the Neapolitan volcanic region (southern Italy). *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 1-25.
- Pommier, A., Tarits, P., Hautot, S., Pichavant, M., & Bruno. (2010). new petrological and geophysical investigation of the. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems, AGU and the Geochemical Society*, 23.
- Rolandi, G., Bellucci, F., & Cortini, M. (2004). A new model for the formation of the Somma Caldera. *Mineralogy and Petrology* (, 27-44.
- Rolandi, G., Maraffi, S., Petrosino, P., & Lirer, L. (1993). The Ottaviano eruption of Somma-Vesuvius (8000 y BP): a magmatic alternating fall and flow-forming eruption. *Journal Volcanological Geothermal Research*, 43-65.
- Rolandi, G., Paone, A., Di Lascio, M., & Stefani, G. (87-98). The 79 AD eruption of Somma: The relationship between the date of the eruption and the southeast tephra dispersion. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 169, 2007.
- Rolandi, G., Petrosino, P., & Mc Geehin, J. (1998). The interplinian activity at Somma-Vesuvius in the last 3500 years. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 19-52.
- Rosi, M., & Santacroce, R. (1983). The AD 472 "Pollena" eruption: volcanological and petrological data for this poorly-known, plinian-type event at Vesuvius. *Journal Volcanological Geothermal Research* , 249-271.
- Sabatino, B. D. (1979). LA GENESI DEI FUSI ALCALINO-POTASSICI DELLA REGIONE MAGMATICA ROMANA. *RENDICONTI Società Italiana di Mineralogia e Petrologia* , 327-348.
- Santacroce. (2014/2015). Dispense del corso di vulcanologia regionale.
- Santacroce R., B. A. (1993). Eruptive Dynamics and Petrogenetic Processes in a very shallow reservoir: the 1906 eruption of Vesuvius. *Journal of Petrology Vol. 34 Part 2*, 383-425.

- Santacroce, M. R. (1982). THE A.D. 472 "POLLENA" ERUPTION: VOLCANOLOGICAL AND PETROLOGICAL DATA FOR THIS POORLY-KNOWN, PLINIAN-TYPE EVENT AT VESUVIUS. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 249-271.
- Santacroce, R. (1987). *Quaderni de "La Ricerca Scientifica"*. Roma.
- Santacroce, R., Cioni, R., Civetta, L., Marianelli, P., & Mètrich, N. (1994). How Vesuvius works. *Lincei*, (p. 185-196).
- Santacroce, R., Cioni, R., Marianelli, P., Sbrana, A., Sulpizio, R., & Zanchetta, G. (2008). Age and whole rock—glass compositions of proximal pyroclastics from the major explosive eruptions of Somma-Vesuvius: a review as a tool for distal tephrostratigraphy. *J Volcanol Geotherm Res*, 1-18.
- Scaillet, B., Pichavant, M., & Cioni, R. (2008). Upward migration of Vesuvius magma chamber over the past 20,000 years. doi:10.1038/nature07232. *Nature*.
- Sigurdsson, C. S. (1989). The intensity of plinian eruptions. *Bulletin of Volcanology*, 28-40.
- Somma, R., Ayuso, R. A., De Vivo, B., & Rolandi, G. (2001). Major, trace element and isotope geochemistry (Sr-Nd-Pb) of interplinian magmas from Mt. Somma-Vesuvius (Southern Italy). *Mineral Petrol*, 121-143.
- Sparks, R. (1986). The dimensions and dynamics of volcanic eruption columns. *Bulletin of Volcanology*, 3-15.
- Stormer, J. C., & Nicholls, J. (1978). XLFRAC: a program for interacting testing of magmatic differentiation models. *Comp Geosci*, 143-159.
- Sulpizio, R., Bonasia, R., Dellino, P., Di Vito, M. A., Mele, D., & La Volpe, L. (2010). The Pomici di Avellino eruption of Somma-Vesuvius (3.9 ka BP) part II: sedimentology and physical volcanology of pyroclastic density current deposits. *Bull Volcanol*, 559-577.
- Sulpizio, R., Bonasia, R., Dellino, P., Mauro, A., & Di Vito, L. (2007). Discriminating the long distance dispersal of fine ash from sustained columns or near ground ash clouds: the example of the Pomici di Avellino eruption (Somma-Vesuvius, Italy). *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 1-38.
- Sulpizio, R., Cioni, R., Di Vito, M. A., Mele, D., Bonasia, R., Dellino, D., & La Volpe, L. (2010). The Pomici di Avellino eruption of Somma-Vesuvius (3.9 ka BP) part I: stratigraphy, compositional variability and eruptive dynamics. doi:10.1007/s00445-009-0339-x. *Bull Volcanol*, 539-558.
- Sulpizio, R., Zanchetta, G., Paterne, M., & Siani, G. (2003). A review of tephrostratigraphy in central and southern Italy during the last 65 ka. *Il Quaternario*, 91-108.
- Tomlison, E. L., Smith, V. C., Albert, P. G., Aydar, E., Civetta, L., Cioni, R., . . . Zanchetta, G. (2014). The major and trace element glass compositions of the productive Mediterranean volcanic sources: tools for correlating distal tephra layers in and around Europe. *Quaternary Science Reviews*, 1-19.
- Torrente, A. M. (2003). Late-Quaternary volcanism and transtensional tectonics in the Bay of Naples, Campanian continental margin, Italy. *Minerology and Petrology*, 49-65.
- Torrente, M. A. (1999). Tectonics and stratigraphic architecture of a peri-Tyrrhenian half-graben (Bay of Naples, Italy). *Tectonophysics* 315, 301-318.

- Turi, B., & Taylor, H. J. (s.d.). Oxygen isotope studies of potassic volcanic rocks of the Roman Province, Central Italy. *Contrib Mineral Petrol*, 1-31.
- Turney C.S.M, B. S. (2008). Geochemical characterization of Quaternary tephras from the Campanian Province, Italy. *Quaternary International* 178, 288-308.
- Vollmer, R., & Hawkesworth, C. J. (1980). Lead isotopic composition of the potassic rocks from Roccamonfina (South Italy). *Earth and Planetary Science Letters*, 91-101.
- Wulf, S., Kraml, M., Brauer, A., Keller, J., & Negendank, J. F. (2004). Tephrochronology of the 100 ka lacustrine sediment record of Lago Grande di Monticchio (southern Italy). *Quaternary International*, 7-30.
- Wutke, K., Wulf, S., Tomlinson, E. L., Hardiman, M., Luterbacher, J., & Brauer, A. (s.d.). High-resolution stratigraphy and chronology of seven distal, Campanian-derived tephra layers interbedded with varved sediments aged 40-38 cal Ka BP in Lago Grande di Monticchio: local impacts, re-mobilisations for palaeoenvironmental reconstruction. *Quaternary Science Reviews*, 1-44.
- Zollo, A., Gasparini, P., Virieux, J., Le Meur, H., De Natale, G., Biella, G., . . . Capuano, P. (1996). Seismic evidence for a low-velocity zone in the upper crust beneath mount Vesuvius. *Science*, 592-594.