

Geologia e origini dei vulcani vulsini, Italia centrale

INTRODUZIONE

Il Distretto Vulcanico dei Vulsini appartiene alla Provincia Magmatica Romana, una fascia di grandi vulcani (Vulsini, di Vico, Sabatini e Colli Albani) che si estende dalla Toscana meridionale fino alla città di Roma, parallelamente alla costa tirrenica (Figura 1). Questi vulcani hanno eruttato circa 900 Km³ di prodotti, in un periodo di tempo compreso tra circa 800.000 e i 20.000 anni fa. Il vulcanismo è stato prevalentemente esplosivo, con numerose eruzioni pliniane e collassi calderici. Le rocce di questi vulcani sono costituite prevalentemente da depositi piroclastici (tufi), mentre le lave sono presenti in minore quantità. Spessi depositi di rocce piroclastiche litificate (ignimbriti) sono abbondanti e rivestono un grande interesse sia da un punto di vista geologico sia storico, in quanto tendono a formare piccoli altopiani circondati da pendii scoscesi, sui quali sono state costruite diverse città, tra cui Pitigliano, Bagnoregio e Orvieto. Il modesto livello di saldatura rende queste rocce un materiale da costruzione eccellente che è stato intensamente usato sin dal periodo etrusco e romano antico.

La composizione geochimica delle rocce vulcaniche nella Provincia Romana è caratterizzata da un elevato contenuto di potassio (K), rubidio (Rb), torio (Th), uranio (U) e altri elementi rari. Il minerale più tipico di queste rocce è la leucite (KAlSi₃O₈), un minerale incolore che si trasforma in analcime (NaAlSi₃O₆·H₂O), facilmente riconoscibile nelle rocce per il suo colore bianco.

I vulcani della Provincia Romana si sono sviluppati in un'area caratterizzata da tettonica distensiva miocenico-quadernaria, connessa all'apertura del mar Tirreno. Le faglie distensive, per lo più ad andamento parallelo rispetto al bordo tirrenico, rappresentano zone di debolezza strutturale lungo le quali il magma è risalito ed è stato eruttato in superficie.

STRATIGRAFIA DEI VULCANI VULSINI

Il Distretto Vulcanico dei Vulsini è un "complesso vulcanico policentrico" i cui prodotti coprono un'area di 2.200 Km². L'attività ha avuto luogo in più di cento centri eruttivi distinti, che includono le quattro depressioni calderiche del lago di Bolsena, Montefiascone, Latera e Vepe. Il vulcanismo è durato da circa 600.000 a 100.000 anni fa.

Il Distretto Vulsino è costituito da quattro principali complessi vulcanici: Paleo-Bolsena, Bolsena, Montefiascone e Latera. Alcune unità piroclastiche e laviche non sembrano appartenere a nessuno di questi complessi e sono state attribuite al Complesso dei Vulsini Meridionali (Figura 2). Paleo-Bolsena data a 600.000-450.000 anni fa. I suoi prodotti sono osservabili solo ai margini del distretto vulcanico, direttamente appoggiati sopra il substrato sedimentario. Il complesso di Bolsena data a 490.000-320.000 anni fa. I suoi prodotti sono stati emessi per lo più dall'area attualmente occupata dal lago di Bolsena e si ritrovano essenzialmente nel settore orientale del distretto; a questo complesso appartengono anche i plateau piroclastici di Orvieto e Bagnoregio. Il vulcano di Montefiascone ha circa 300.000-200.000 anni e si è formato sul lato sud-orientale del lago di Bolsena. Il vulcano di Latera (da 380.000 a 150.000 anni) si è sviluppato a ovest del lago di Bolsena, con la deposizione di una spessa sequenza di rocce piroclastiche, alcuni fiumi di lava (ad esempio la lava di Lamone) e due caldere (Latera e Vepe). Il villaggio di Pitigliano è stato costruito su uno spesso deposito piroclastico legato all'attività di Latera-Vepe. Infine, le rocce attribuite al Complesso dei Vulsini Meridionali formano vari centri, tra cui l'isola Bisentina e l'isola

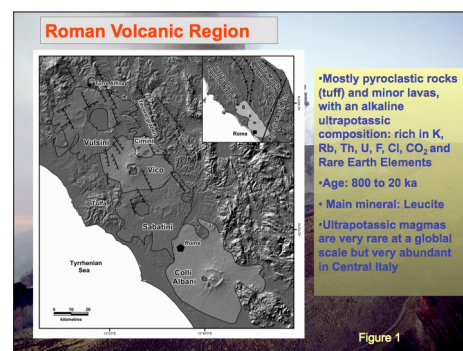


Figura 1

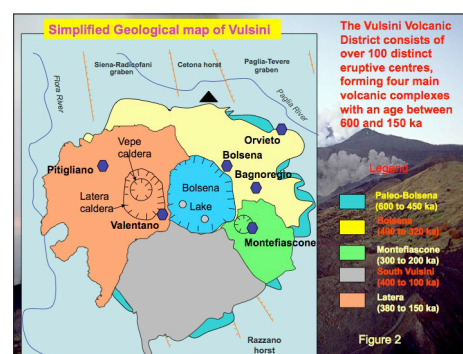


Figura 2

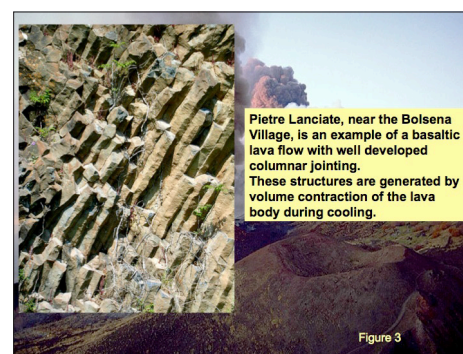


Figura 3



Figura 4

Martana, con un'età variabile da 400.000 a 100.000 anni circa.

LA VULCANOLOGIA DEI VULCANI VULSINI

L'attività vulcanica dei Vulsini è stata prevalentemente esplosiva, con minori fenomeni di emissione di colate laviche. Un esempio di colata lavica è rappresentato dalle cosiddette "Pietre Lanciate", un affioramento di rocce basaltiche con un'evidente fratturazione colonnare situato qualche chilometro a sud di Bolsena, lungo la strada tra Bolsena e Montefiascone (Figura 3). Altre colate laviche di un certo interesse si trovano a Selva del Lamone (Complesso di Latera) e a Montefiascone.

L'attività esplosiva è stata caratterizzata da eruzioni pliniane, stromboliane e freato-magmatiche. Le eruzioni pliniane sono contraddistinte dall'emissione di grandi quantità di materiale piroclastico (per lo più ceneri e pomici) che formano enormi colonne con ampi pennacchi sommitali che risalgono fino alla stratosfera (Figura 4). Il volume del materiale piroclastico può essere enorme, fino a parecchie centinaia o migliaia di chilometri cubici. Tali eruzioni possono durare ore o giorni. L'eruzione di una grande quantità di magma può svuotare la camera magmatica al di sotto del vulcano, causando il crollo di interi settori del vulcano stesso, con formazione di una depressione detta "caldera" (Figura 5). Questa può poi riempirsi di acqua, generando un lago, come quelli di Bolsena, Vico e altri. (Figura 6)

Il materiale vulcanico frammentato delle colonne pliniane si può depositare con due diversi meccanismi: caduta di pomici e ceneri dal pennacchio per effetto della gravità (Figura 7) e collasso della colonna eruttiva e formazione dei colate piroclastiche (Figura 8). Le rocce che si formano per deposizione e litificazione del materiale piroclastico sono conosciute come "tufi".

Le colate piroclastiche sono nuvole costituite da gas vulcanici, ceneri e altro materiale frammentato. Esse hanno una densità maggiore rispetto quella dell'aria e possono scorrere lungo le valli e depositarsi in zone di basso topografico a varie distanze dal cratere. La velocità delle colate piroclastiche è generalmente elevata (>100 Km/h). La temperatura interna è variabile e può raggiungere i 1000°C . Una volta depositato, il materiale piroclastico può consolidarsi (litificazione) sia attraverso la saldatura dei frammenti magmatici caldi e plastici sia per effetto di processi secondari di formazioni di nuovi minerali che cementano i clasti vulcanici incoerenti. In molti casi il grado di litificazione è buono e le rocce assumono caratteristiche ottimali per il taglio e l'utilizzo come materiale da costruzione. Se le rocce piroclastiche litificate si formano su un substrato di rocce facilmente erodibili, quali le argille, può verificarsi il fenomeno della "inversione del rilievo". Tale processo si realizza con la deposizione e litificazione delle colate piroclastiche lungo una valle, e la successiva erosione delle rocce del substrato con conseguente formazione di un plateau piroclastico in corrispondenza della paleo-valle (Figura 9). I depositi di grandi colate piroclastiche sono anche conosciuti come "ignimbriti". Questi presentano struttura caotica e massiva, spessore variabile, e si distinguono facilmente dai depositi piroclastici di caduta di ceneri e pomici, che sono invece ben stratificati (Figura 10 e 11).

Le esplosioni stromboliane e freato-magmatiche dell'attività dei Vulsini sono state numerose. Quelle stromboliane (che prendono il nome dal vulcano Stromboli, nel Mar Tirreno meridionale), sono eruzioni a bassa energia costituite da eiezioni ritmiche di frammenti di magma incandescente detti "scorie stromboliane". Queste ricadono nei pressi della bocca eruttiva formando piccoli coni di altezza massima di alcune decine di metri; esempi di coni stromboliani nei Vulsini possono essere osservati a Valentano, sul margine sud-orientale della caldera di Latera (Figura 2). Le eruzioni freato-magmatiche sono mediamente esplosive e avvengono quando il magma viene a contatto con l'acqua (Figura 12). Le isole Martana e Bisentina (Figura 13), nel lago di Bolsena, furono formate da questo tipo di eruzione.

GEOCHIMICA DELLE ROCCE VULSINE

Le composizioni chimiche delle rocce vulsine sono caratterizzate da un'alta con-

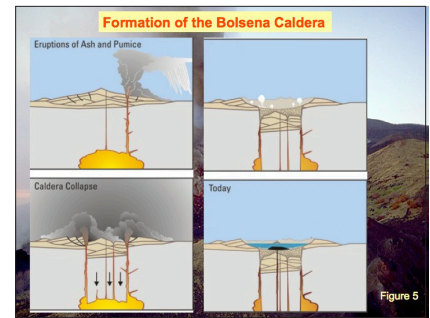


Figura 5



Figura 6

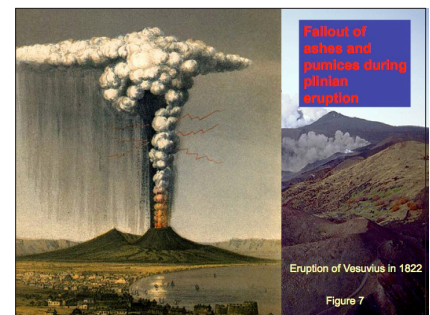


Figura 7



Figura 8

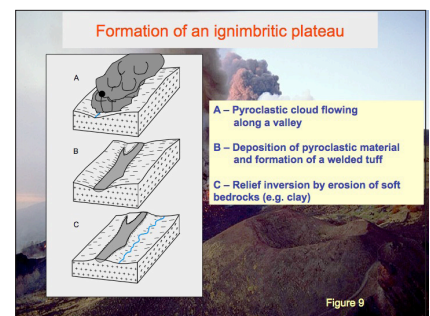


Figura 9

centrazione di K, Rb, Th, U e altri elementi rari. Un modo semplice per mostrare la composizione chimica delle rocce è dato dall'utilizzo dei cosiddetti diagrammi spider, in cui le concentrazioni dei singoli elementi delle rocce vengono divise per le concentrazioni degli stessi elementi di un materiale di riferimento, quale la composizione media della Terra o quella delle meteoriti condritiche. Tale metodo fornisce curve diverse per le varie rocce che evidenziano in maniera visiva molto efficace la differenza tra la composizione delle rocce stesse rispetto alla media della Terra, per i vari elementi chimici. Quando si utilizza questo metodo per le rocce vulsine (Figura 14), si nota che le concentrazioni di elementi radioattivi (K, Rb, Th, U) sono più elevate di tre ordini di grandezza rispetto a quelle medie della Terra. Il confronto con altre rocce terrestri quali i basalti oceanici (le rocce ignee più abbondanti sulla Terra) e i calcari, evidenziano meglio le anomalie geochimiche del vulcanismo vulsino. Questo significa che la radioattività naturale nei Vulsini è molto più alta che nelle regioni del pianeta dove si trovano normali basalti o anche altri tipi di roccia quali i calcari o le arenarie. Anche altri elementi chimici, quali il fluoro (F) e l'arsenico (As), sono molto arricchiti nelle rocce vulsine. Questo ha effetti importanti sulla qualità delle acque di questa regione, in quanto l'elevata concentrazione nelle rocce di questi elementi potenzialmente tossici si trasmette alle acque. Va ricordato, ad esempio, che il limite superiore della concentrazione di F nelle acque potabili è di sole 3 parti per milione (3 milligrammi/litro).

Uno dei principali problemi del magmatismo vulsino è quello di comprendere le cause del forte arricchimento in K, Rb, Th, U, e altri elementi rari. Secondo le più recenti ipotesi, questo è l'effetto di due processi: uno che si verifica all'interno del mantello terrestre dove i magmi vengono generati, e l'altro interessa i magmi durante la loro risalita verso la superficie, quando essi stazionano per tempi più o meno lunghi all'interno delle camere magmatiche al di sotto del vulcano.

Secondo la teoria della tettonica a placche, la crosta terrestre e parte del mantello superiore (la litosfera) formano dei blocchi rigidi che si muovono reciprocamente con una velocità relativa di alcuni cm all'anno. La maggior parte dei magmi eruttati sul pianeta si genera nel mantello superiore. Il magmatismo è concentrato o nelle zone di placche divergenti (es. dorsali medio-oceaniche) in cui le placche si allontanano reciprocamente, oppure in zone di placche convergenti in cui le placche si avvicinano e sottoscorrono l'una rispetto all'altra (subduzione litosferica). Un'esigua quantità di vulcani (ad esempio quelli delle Hawaii) sono situati in zone interne alle placche litosferiche, in corrispondenza di punti termicamente e/o composizionalmente anomali, denominati "punti caldi" (Figura 15). Il mantello superiore è composto quasi interamente da materiali solidi. Tuttavia, nelle zone di divergenza litosferica oppure in zone di convergenza al di sopra delle zone di subduzione, il mantello superiore può fondere localmente, creando grandi quantità di magmi. La composizione dei magmi dipende fortemente da quella del mantello roccioso dalla cui fusione essi sono stati generati. Il mantello superiore contiene generalmente basse quantità di K, Rb, Th, U, ecc. Tuttavia, questi elementi sono presenti in concentrazioni anomale più elevate nelle zone del mantello superiore al di sopra delle zone di subduzione. Di conseguenza, i magmi prodotti in tali zone, hanno una più elevata concentrazione di K, Rb, Th, U, ecc. rispetto a quelli generati lungo i limiti delle placche divergenti. L'arricchimento di elementi chimici nel mantello sopra le zone di subduzione è dovuto all'introduzione attraverso la placca in subduzione di sedimenti o altri materiali della



Figura 10



Figura 11



Figura 12



Figura 13

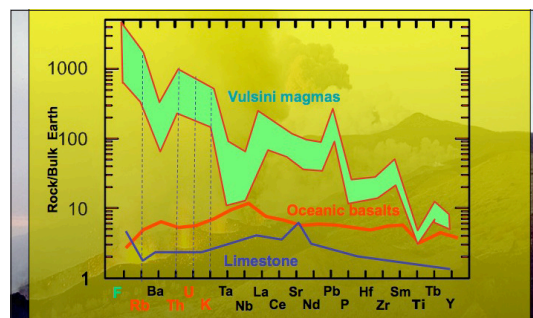


Figura 14

crosta che contengono elevate concentrazioni di K, Rb, Th, U, ecc.

È generalmente accettato che i magma eruttati ai Vulsini e in altri vulcani dell'Italia centro-meridionale si sono formati nel mantello superiore sopra una zona di subduzione. In questo caso, la placca in subduzione è costituita dalla litosfera adriatica che converge verso la penisola italiana e s'immerge sotto la catena appenninica (Figura 16). Il materiale della crosta trasportato dalla placca adriatica produce un arricchimento del mantello superiore in K, Rb, Th, U e in altri elementi come F e Cl (cloro) e CO₂ (anidride carbonica). La fusione di questo mantello chimicamente anomalo ha dato luogo ai magmi dei Vulsini e degli altri vulcani dell'Italia centrale. (Figura 17)

Un secondo processo di arricchimento geochimico dei magmi avviene quando questi stazionano nelle camere magmatiche presenti sotto molti vulcani italiani a una profondità di qualche km. In questi serbatoi, i magmi derivati dal mantello perdono calore e cristallizzano parzialmente. I liquidi residuali diventano molto ricchi in K, Rb, Th, U, ecc. (Figura 18). Pertanto, la particolare composizione geochimica dei magmi eruttati in Italia centrale è il prodotto di due processi di arricchimento: uno avvenuto nel mantello durante la subduzione della placca adriatica e il secondo avvenuto nelle camere magmatiche prima dell'eruzione.

CONCLUSIONI

I vulcani Vulsini sono formati da tufi dominanti e minori lave con composizione alcalino potassica. L'attività vulcanica (da 600.000 a 100.000 anni fa) è stata principalmente esplosiva (pliniana, stromboliana e freatomagmatica) e ha generato grandi quantità di rocce di caduta piroclastica ed estesi depositi ignimbritici. Il collasso delle caldere del lago di Bolsena, Montefiascone e Latera-Vepe è avvenuto durante alcune eruzioni pliniane di grande magnitudo. La composizione delle rocce dei Vulsini e di altri vulcani dell'Italia centrale è caratterizzata da un'alta concentrazione di K, Rb, Th, U e di componenti volatili come F e Cl. Questa particolare composizione chimica dipende da anomalie geochimiche del mantello in cui i magmi sono stati generati (mantello modificato dalla subduzione della placca adriatica) e dai processi evolutivi che hanno interessato i magmi nella camere magmatiche prima della loro eruzione in superficie.

BIBLIOGRAFIA

PECCERILLO A. (2005), *Plio-Quaternary Volcanism in Italy: Petrology, Geochemistry, Geodynamics*, Springer, Heidelberg, 365 pp.

Per un estratto: <http://www.unipg.it/pecceang/libro.htm>

Presentazione PowerPoint

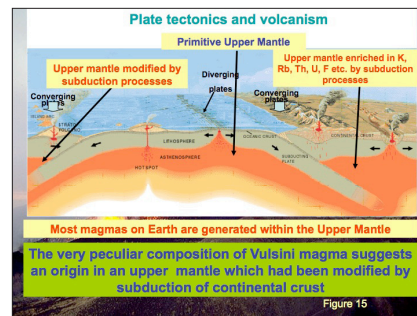


Figura 15

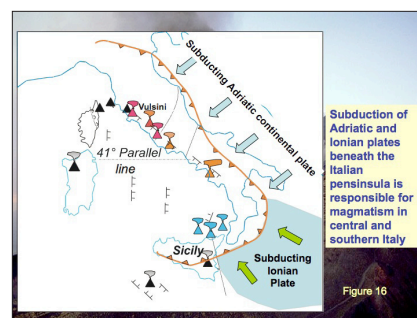


Figura 16

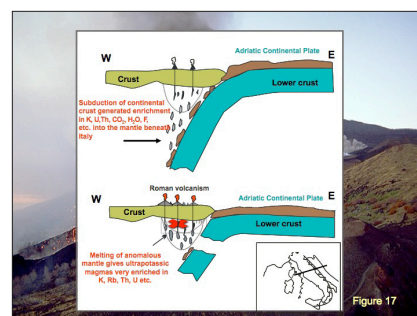


Figura 17

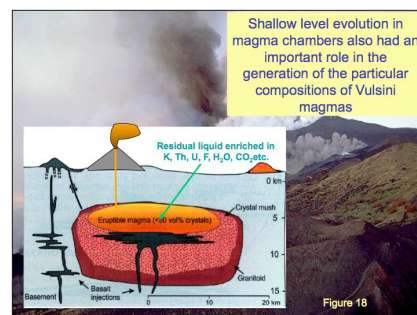


Figura 18

ANGELO PECCERILLO, professore di Petrologia all'Università di Perugia, La sua attività scientifica è stata indirizzata allo studio del processo magmatico attraverso indagini petrologiche e geochimiche di rocce intrusive ed effusive. E' stato membro di numerose commissioni scientifiche nazionali e internazionali per la valutazione dei progetti di ricerca e delle attività scientifiche di vari istituti universitari italiani. Chief-editor della rivista European Journal of Mineralogy, è membro dell'Editorial Board delle riviste Lithos, Journal of Volcanology and Geothermal Research, Bollettino Società Geologica Italiana, Periodico di Mineralogia, Open Mineralogy Journal. Per la sua attività scientifica nel campo della petrologia e geochimica dei magmi, nel 2006 è stato insignito del Premio Antonio Feltrinelli per le Scienze della Terra dall'Accademia Nazionale dei Lincei.