

Idrogeologia delle aree vulcaniche

Francesco La Vigna
ROMA CAPITALE Dip. Tutela ambientale - Protezione Civile
Uff. Geologia ed Idrogeologia Ambientale - Roma
francesco.lavigna@comune.roma.it

Comprendere l'idrogeologia delle aree vulcaniche spesso costituisce una vera e propria frontiera per chi studia le acque sotterranee. Infatti la modalità di messa in posto e la natura dei prodotti vulcanici edifica dei sistemi acquiferi complessi in cui vi è una grandissima variabilità sia verticale che laterale, sia granulometrica, sia di struttura che di tessitura. Accade spesso, infatti, che in contesti vulcanici si passi dagli acquiferi pozzolanacei porosi and acquiferi lavici fratturati (Fig.1) o con tunnel lavici e ad acquitardi costituiti da paleosuoli, in spazi relativamente molto limitati (Stearns, 1942). I flussi idrici sotterranei quindi possono subire forti accelerazioni o rallentamenti a seconda del serbatoio che attraversano e costituire anche livelli di saturazione sospesi rendendo di conseguenza ardua la comprensione dei pattern piezometrici. Nei contesti vulcanici è solitamente più difficile "prevedere" l'andamento di una superficie di limite tra due litologie rispetto ai contesti sedimentari ed è di fondamentale importanza, per una corretta ricostruzione degli acquiferi, riuscire a conoscere le paleomorfologie preesistenti rispetto all'attività eruttiva o quelle preesistenti rispetto a singole fasi eruttive. Quindi oltre il rilevamento classico di superficie, i dati stratigrafici derivanti da sondaggi geognostici rivestono in questi ambiti un'importanza fondamentale.

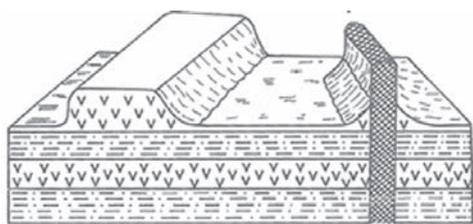


Fig.1 - Tipico assetto geologico di un settore vulcanico (da Singhal e Gupta, 2010)

Nel nostro pianeta la diffusione delle vulcaniti si concentra prevalentemente lungo i margini delle placche litosferiche, sul fondo degli oceani e in alcuni hot spots, ma anche nelle zone che nel passato geologico hanno costituito dei limiti di vecchie placche ormai suturate e dove i processi orogenetici si sono esauriti o si stanno esaurendo.

Il fatto che i fondali oceanici siano caratterizzati prevalentemente da basalti rende questo tipo di vulcaniti le più comuni sulla Terra (Singhal e Gupta, 2010), sommate anche ai grandi plateau effusivi esistenti sulle terre emerse. Le acque sotterranee nei contesti prevalentemente basaltici seguono le regole dell'idrogeologia del fratturato (fatta eccezione per i tunnel lavici che possono essere assimilati a dei veri e propri condotti), anche se con una peculiarità. Le fratture nei basalti

infatti sono spesso fratture dovute al raffreddamento delle masse laviche e quindi assumono dei pattern specifici che non si ritrovano nei contesti delle rocce sedimentarie (vedi basalti colonnari o fratture concoidi delle *pillow lavas* – Fig.2).



Fig.2 - Basalti colonnari presso le Gole dell'Alcantara (Sicilia).

Le altre litologie vulcaniche, costituite dai prodotti di ricaduta, dai tufi e dalle ignimbriti hanno invece, nei confronti dell'acqua, un comportamento prevalentemente poroso. In queste litologie i terreni sono generalmente più permeabili (fatta eccezione per le cineriti che hanno un comportamento nei confronti dell'acqua molto poco permeabile) se sono più recenti, perchè sono stati meno esposti ai fenomeni di degradazione, che tendono ad un'azione di argillificazione e ad un progressivo riempimento degli spazi intergranulari e quindi ad una diminuzione di permeabilità.

Altra complicazione in cui solitamente può incorrere chi si confronta con gli acquiferi nelle aree vulcaniche è la presenza di fenomeni idrotermali più o meno intensi e fenomeni di emissioni gassose (Finizola et al., 2006). Questi fenomeni oltre ad alterare lo stato fisico e chimico delle acque, instaurando cicli convettivi negli acquiferi e apportando una forte mineralizzazione, possono portare anche ad alterazioni locali del campo piezometrico. La mineralizzazione e anche il semplice percolare delle acque all'interno dei terreni vulcanici porta le acque ad arricchirsi di elementi tipici tra cui l'arsenico, il vanadio, il berillio, il cobalto etc. La presenza di questi elementi rende spesso queste acque non "a norma" (Tuccimei, questo volume) secondo i limiti tabellari delle leggi vigenti e quindi diventa necessario, da una parte intervenire sui prelievi idropotabili con costosi impianti di potabilizzazione, e dall'altra identificare le porzioni di territorio in cui i valori fuori norma

siano identificati come valori di “fondo naturale” (Vivona et al, 2007).

Gli studi idrogeologici in aree vulcaniche attive sono spesso mirati alla valutazione del rischio da eruzioni freatomagmatiche, generate dalla brusca venuta in contatto delle acque con il magma, che producendo una grande quantità di vapore e gas, può portare le eruzioni ad avere un carattere fortemente esplosivo (Wilson et al. 2012). Anche la ricerca di fluidi geotermici e di fluidi termominerali sono spesso concentrati su aree vulcaniche (Kiryukhin et al., 2013).

Esistono contesti territoriali in cui i terreni vulcanici sono preponderanti, come ad esempio molti arcipelaghi insulari come le Hawaii (Ingebritsen e Scholl, 1993), le Galapagos (Auken et al., 2009), le Canarie (Custodio, 1985) o le nostre Isole Eolie (Revil et al, 2011) ma anche zone continentali dei grandi cratoni (Grauch et al, 1999; Kiryukhin et al, 2010) o della stessa penisola italiana centrale (Baiocchi et al, 2013; Capelli et al, 2005). In questi territori, la ricerca di acqua sotterranea per approvvigionamento riveste un'importanza strategica, per non dire vitale. Vengono quindi condotti studi per valutare la quantità delle risorse idriche con metodi sia classici che più innovativi (Mazza et al 2014) e basati anche su tecniche idrogeofisiche che permettono di ricostruire in modo molto rapido (ad esempio tramite il volo di un elicottero dotato di un particolare strumento; Auken et al, 2009) i livelli di falda e le anomalie idrotermali (Revil et al., 2011). Come in ogni sottocampo dell'idrogeologia, anche in questo la modellistica numerica degli acquiferi sta giocando, ed ha giocato, negli ultimi anni, un ruolo fondamentale sia nella comprensione dei sistemi acquiferi e nella valutazione delle risorse (Spinsanti et al., questo volume) sia nella possibilità di simulare possibili scenari futuri degli acquiferi (La Vigna e Gnoni, questo volume). Le peculiarità citate sopra degli acquiferi vulcanici devono però portare ad analizzare ancora più attentamente la geologia quando si implementa un modello numerico (Taviani, questo volume) onde evitare eccessive semplificazioni insite nei modelli numerici.

BIBLIOGRAFIA

- Auken, E, Violette S, d'Ozouville N, Deffontaines B, Sørensen KI, Viezzoli A, De Marsily G (2009) An integrated study of the hydrogeology of volcanic islands using helicopter borne transient electromagnetic: Application in the Galápagos Archipelago. *Comptes Rendus Geoscience*, 341(10), 899-907.
- Baiocchi A, Lotti F, Piscopo V (2013) Impact of groundwater withdrawals on the interaction of multi-layered aquifers in the Viterbo geothermal area (central Italy), *Hydrogeology Journal* 21, 1339-1353.
- Capelli G, Mazza R, Gazzetti C (2005) Strumenti e strategie per la tutela e l'uso compatibile della risorsa idrica nel Lazio. Gli acquiferi vulcanici. Pitagora Editrice - Bologna
- Custodio E (1985) Low permeability volcanics in the Canary Islands (Spain). *Mem. IAH*. vol. 17(2), 562-73.
- Finizola A, Revil A, Rizzo E, Piscitelli S, Ricci T, Morin J, Angeletti B, Mocochain L, Sortino F (2006) Hydrogeological insights at Stromboli volcano (Italy) from geoelectrical, temperature, and CO₂ soil degassing investigations, *Geophys. Res. Lett.*, 33, L17304, DOI:10.1029/2006GL026842.
- Grauch VJS, Sawyer DA, Fridrich CJ, Hudson MR (1999) Geophysical Framework of the Southwestern Nevada Volcanic Field and Hydrogeologic Implications. U.S. Geological Survey Professional Paper 1608. <http://greenwood.cr.usgs.gov/pub/ppapers/p1608>.
- Kiryukhin AV, Kiryukhin VA, Manuhin YF. Hydrogeology of Volcanic Regions (in Russian). Nauka, Saint-Petersburg, 2010. 395 p. A book review by Zaltsberg E (2013) *J Geophys Remote Sensing* 2: 111. DOI:10.4172/2169-0049.1000111
- Ingebritsen SE, Scholl MA (1993) The hydrogeology of Kilauea volcano. *Geothermics*. 22: 4 255-270
- La Vigna F, Gnoni A (2013) Modello numerico idrogeologico - geotermico preliminare del bacino delle Acque Albule (Roma): prospettive future di sfruttamento della risorsa. *Acque Sotterranee – Italian Journal of Groundwater*: 4/134: 55-61. DOI:10.7343/AS-051-13-0078
- Mazza R, La Vigna F, Alimonti C (2014) Evaluating the Available Regional Groundwater Resources Using the Distributed Hydrogeological Budget. *Water Resources Management*. DOI 10.1007/s11269-014-0513-6
- Revil A, Finizola A, Ricci T, Delcher E, Peltier A, Barde-Cabusson S, Avaré G, Bailly T, Bennati L, Byrdina S, Colonge J, Di Gangi F, Douillet G, Lupi M, Letort J, Tsang Hin Sun E (2011) Hydrogeology of Stromboli volcano, Aeolian Islands (Italy) from the interpretation of resistivity tomograms, self-potential, soil temperature and soil CO₂ concentration measurements. *Geophysical Journal International*, 186: 1078–1094. DOI: 10.1111/j.1365-246X.2011.05112.x
- Singhal BBS, Gupta RP (2010) Applied hydrogeology of Fractured Rocks. Springer Science+Business Media B.V.
- Spinsanti R, Checcucci R, Frondini F, Fratini S, Francesconi FM, Lanzi D (2013) Acquifero vulcanico vulsino in Umbria: studio idrogeologico per la caratterizzazione della presenza di arsenico ed alluminio ed il corretto utilizzo delle acque sotterranee. *Acque Sotterranee – Italian Journal of Groundwater*: 4/134: pp9-22. DOI: 10.7343/AS-048-13-0075
- Stearns HT (1942) Hydrology of volcanic terraines, in *Hydrology* (O.E. Meinzer ed.), Dover Publ., Inc., New York, pp. 678–703.
- Taviani S (2013) La modellazione numerica dei contesti vulcanici. *Acque Sotterranee – Italian Journal of Groundwater*: 4/134: 75-77 DOI:10.7343/AS-057-13-0084
- Tuccimei P (2013) Caratterizzazione idrogeochimica delle aree termali perivulcaniche dell'Italia centrale. Implicazioni ambientali. *Acque Sotterranee – Italian Journal of Groundwater*: 4/134: 67-68. DOI: 10.7343/AS-054-13-0081
- Vivona R, Preziosi E, Benoît M, Giuliano G (2007) Occurrence of minor toxic elements in volcanic-sedimentary aquifers: a case study in central Italy. *Hydrogeology Journal*: 15,6. DOI: 10.1007/s10040-007-0169-x
- Wilson L, Sparks RSJ, Huang TC, Watkins ND (1978) The control of volcanic column heights by eruption energetics and dynamics, *J. Geophys. Res.*, 83(B4), 1829–1836, DOI:10.1029/JB083iB04p01829.