



Il Presidente

Istituto Nazionale di Geofisica  
e Vulcanologia  
AOO Roma  
Protocollo Generale - U  
N. 0008335  
Roma, 09/07/2009



Alla Dr.ssa Anna Rita Brammerini  
Assessore alla tutela ambientale e all'energia  
Regione Toscana  
Via di Novoli, 26  
50127 FIRENZE FI

*Anna Rita Brammerini*

A risposta della Vs. nota Racc. AOO-GRT prot. 0107916/P.120 del 22 aprile 2009 si intende precisare che come premessa a questa nota aggiuntiva vogliamo sottolineare che l'INGV è stato consultato per esprimere un parere sulle conclusioni tratte da studi precedenti condotti da altri enti circa possibili impatti negativi che l'attività di estrazione dei fluidi geotermici nell'area del Monte Amiata possa produrre sulla falda superficiale locale. L'INGV, pertanto, non è in possesso dei dati originali, la cui qualità può essere valutata solo dagli enti che hanno acquisito i dati stessi. Ciò premesso ribadiamo che in generale siamo in accordo con le conclusioni dello studio condotto dall'Università di Siena.

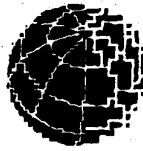
In aggiunta a quanto contenuto nella nota precedentemente inviata il 10 giugno 2009 qui allegata, si precisa quanto segue:

Punto 1 - *Volcanic spreading*. Non vi sono elementi aggiuntivi rispetto alle informazioni iniziali, per cui si conferma il parere espresso nella precedente nota.

Punto 2 - *Esplosioni freatiche*. Sulla base della sentenza del tribunale di Montepulciano e della documentazione aggiuntiva inviataci risulta che si è trattato di un problema tecnico relativo ad un pozzo specifico e non di un processo di scala più ampia legato a condizioni critiche dell'acquifero superficiale indotte dallo sfruttamento della risorsa geotermica.

Punto 3 - *Depauperamento della falda idrica superficiale*. I risultati dello studio condotto dall'Università di Siena mostrano chiaramente come le variazioni maggiori della portata della falda idrica siano correlate a variazioni meteorologiche (diminuzione della ricarica meteorica per infiltrazione). Va ancora tuttavia sottolineata l'inconsistenza fra i dati di estrazione di vapore geotermico utilizzati da ERDA e da Università di Siena (a tale proposito sarebbe auspicabile che tale dato venga fornito alla regione Toscana direttamente da ENEL).

Nella precedente nota da noi inviata, abbiamo già evidenziato l'opportunità di uno studio isotopico da condurre sui fluidi geotermici estratti per poter investigare la ricarica del sistema geotermico. Il punto è cruciale perché nei vari rapporti non viene affrontata tale problematica. E' da sottolineare che l'INGV non si propone qui per eseguire tale studio,



Il Presidente

ma evidenza soltanto che il problema della ricarica del sistema geotermico non è stata mai affrontata compiutamente.

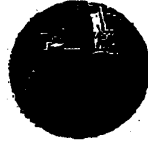
Punto 4 – *Contaminazioni falda acquifera.* Ribadiamo quanto già scritto nella precedente nota: in base ai rapporti consultati non si evidenziano contaminazioni importanti della falda acquifera superficiale come descritto in dettaglio nel rapporto dell'Università di Siena. Tuttavia il punto conclusivo dove si afferma che non vi è 'traccia alcuna dell'esistenza di una interferenza di fluidi endogeni (geotermici) con le acque freatiche', potrebbe essere troppo drastico. Vogliamo semplicemente far notare che fra i vari fluidi geotermici esistono componenti altamente volatili (es. He, gas nobili ma anche CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> ecc.), generalmente traccianti di circolazione profonda, che possono facilmente raggiungere l'acquifero superficiale. Va ricordato infatti che i dintorni dell'Amiata sono caratterizzati dalla presenza di numerose emissioni gassose naturali anche in zone dove affiorano rocce impermeabili.

Cordiali saluti,

Enzo Boschi

All. n.1

I 00143 Roma  
Via di Vigna Murata 605  
Tel: (0039) 06518601  
Fax: (0039) 065041181  
URL: www.ingv.it  
email: mtg@ingv.it



## Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Roma, 10 Giugno 2009

Con nota n. 0107916/P.120 del 22 aprile 2009 l'Assessore alla tutela ambientale e all'energia della Giunta della Regione Toscana richiedeva all'INGV un parere sulle conclusioni tratte da studi precedenti circa possibili impatti negativi che l'attività di estrazione dei fluidi geotermici nell'area del Monte Amiata possa produrre sulla falda superficiale locale (es. abbassamento delle portate delle sorgenti della falda superficiale, esplosioni freatiche e contaminazione delle acque di falda a seguito dell'interazione con i fluidi geotermici). Alla nota erano allegati i seguenti documenti:

Alligato	Autore	titolo	Anno
1	IGG-CNR	Campagna geofisica triennale	2006
2	EDRA	Rilievo geostrutturale preliminare dell'apparato vulcanico del M.te Amiata	Nov. 2006
3	EDRA (dott. A. Borgia)	E Mail all' Ass.Bramerini	Feb 2008
4	EDRA (dott. A. Borgia)	Lettera alla direzione generale delle politiche territoriali ed ambientali	Marzo 2007
5	Un. Siena	Relazione	Marzo 2008
6	Un. Siena	Studio geotutturale, idrogeologico e geochimico ambientale dell'area amiatina (CD-ROM)	
7	IGG-CNR	Tettonica gravitativa nell'area dell'M.te Amiata	Marzo 2009

La tesi dell'impatto negativo dello sfruttamento geotermico (Allegati 2, 3, 4) si basa su un presunto processo vulcano-tettonico (volcanic spreading) che determina cambiamenti idrogeologici e geochimici della falda superficiale:

- 1. Interpretazione vulcano-tettonica:** l'edificio vulcanico del Monte Amiata sarebbe caratterizzato da strutture di collasso gravitativo ("volcanic spreading") tuttora attive, almeno nel versante meridionale.
- 2. Conseguenze idrogeologiche:** lo "spreading" vulcanico avrebbe profondamente fratturato e fagliato l'edificio e il suo substrato mettendo in connessione l'acquifero superficiale con quello geotermico. L'estrazione dei fluidi geotermici determinerebbe quindi un depauperamento della falda superficiale.
- 3. Contaminazione delle acque:** Lo sfruttamento geotermico determinerebbe un miscelamento dei fluidi profondi con la falda superficiale e la contaminazione di quest'ultima da parte di sostanze naturali tossiche.

Dall'esame dei documenti forniti si propongono i seguenti commenti:

0039 055 43855301111

## 1. Volcanic spreading.

Il fattore importante e di interesse per la tutela del territorio e delle popolazioni residenti non è tanto il verificarsi dell'eventuale collasso gravitativo dell'apparato vulcanico ("volcanic spreading", il quale non necessariamente produce eventi catastrofici o comunque impattanti per l'uomo e le sue attività), quanto il depauperamento e inquinamento della falda idrica a seguito dell'estrazione dei fluidi geotermici; questi fenomeni possono infatti realizzarsi indipendentemente dal "volcanic spreading". Tralasciamo dunque un giudizio sulle interpretazioni delle relazioni tra dinamiche vulcano-tettoniche e idrogeologiche sottolineando, tuttavia, che i risultati di dettagliati studi strutturali e di immagini telerilevate presenti nelle relazioni dell'Università di Siena (allegati 5 e 6) e dell'Istituto di Geoscienze e Georisorse del CNR (Allegato 7) portano ad escludere la presenza di dinamiche attive legate ad un ipotetico collasso gravitativo del Monte Amiata. Si rileva che tutta l'area dell'Amiata è comunque caratterizzata da fenomeni gravitativi superficiali attivi (vedi il catalogo dei fenomeni franosi IFFI dell'ISPRA: <http://www.mais.sinanet.apat.it/cartanetiffi/>). A nostro giudizio, non sembrano dunque esistere elementi convincenti a riguardo del "volcanic spreading". Il modello del Dr. Borgia sembra avere grandi margini di incertezza e i rilievi in campo forniscono numerosi elementi contrari, o per lo meno discutibili, a tale modello.

## 2. Esplosioni freatiche

Il Dr. Borgia fa riferimento ad almeno tre episodi, occorsi a Piancastagnaio in prossimità dei pozzi, assimilabili a 'esplosioni freatiche indotte dalla degassazione dell'acquifero idrotermale'. La risposta dell'Università di Siena (Allegati 5 e 6) contesta l'utilizzo del termine esplosione freatica. Il termine esplosione freatica è utilizzato in vulcanologia per indicare fenomeni di esplosione (piccoli o grandi che siano) che coinvolgono gas e acqua, senza magma. Dai documenti in nostro possesso non è chiaro cosa sia successo a Piancastagnaio. Esistono rapporti al riguardo? Cosa ha detto ENEL? Per valutare questo punto è necessaria una maggiore informazione sull'accaduto.

È da notare che la risposta dell'Università di Siena è ragionevole ma molto generale e di fondo non sintetisce (né conferma) l'occorrenza di tali episodi. Il punto è cruciale perché, nel caso tali esplosioni fossero veramente accadute, le cause potrebbero essere diverse, e differenti le implicazioni. Per esempio potrebbero derivare da motivi tecnici relativi ad uno specifico pozzo risolti e/o risolvibili dai tecnici ENEL o, come prospettato dal Dr. Borgia, da condizioni critiche dell'acquifero superficiale indotte dallo sfruttamento della risorsa geotermica con ovvie differenti implicazioni nei due casi.

Per quanto riguarda le valutazioni circa il rischio di esplosioni freatiche, si specifica che tale rischio deve essere comunque sempre tenuto presente sia nelle fasi di esplorazione che in quelle di sfruttamento di aree geotermiche. Il rischio di esplosioni freatiche aumenta nel caso di (a) progressiva vaporizzazione dell'acquifero dovuta a mescolamento tra acqua di falda e fluidi geotermici più profondi, (b) depauperamento della falda, (c) depressurizzazione istantanea del sistema geotermico dovuta, per esempio, ad eventi sismici, (d) elevata pressurizzazione dell'acquifero dovuta a risalite di gas dal profondo. In mancanza di dati geochimici valutabili, la presenza di zone di degassamento all'interno dei sondaggi minerari di Abbadia San Salvatore (Allegato 3) può non essere necessariamente correlata allo sfruttamento geotermico dell'area (Allegato 5). Potrebbe trattarsi di una area soggetta a degassamento passivo. Sono necessarie ulteriori indagini in proposito.

## 3. Depauperamento della falda idrica superficiale.

In generale condividiamo quanto riportato nelle conclusioni idrogeologiche del rapporto dell'Università di

Siena (Allegato 6) e cioè che sono auspicabili e necessari studi più approfonditi dell'acquifero basati su misure dirette piuttosto che su indagini geofisiche indirette.

In linea di massima le considerazioni sugli aspetti idrogeologici risultano affrontate in maniera piuttosto superficiale e un po' troppo "concettualizzate", con scarsi riferimenti ai dati (ad. es. la stessa modellazione con Modflow è stata eseguita senza avere una misura della permeabilità degli acquiferi).

L'idea di fondo è che esista una connessione idraulica fra l'acquifero superficiale e il reservoir geotermico. Tale connessione sarebbe dovuta a:

- contatto diretto vulcaniti-serie toscana
- presenza di condotti vulcanici
- contatti tettonici legati alle deformazioni fragili e al collasso gravitativo

L'interazione fra l'acquifero superficiale e il sistema geotermale è uno scenario estremamente comune tenuto conto che i fluidi che costituiscono il reservoir geotermico hanno comunque, nella maggior parte dei casi una origine atmosferica totale o parziale. Nell'allegato 3 viene dipinto uno scenario estremamente allarmista che trae spunto da bibliografia internazionale, comunque non relativa all'Amiata. Fra i possibili impatti ambientali si legge tra l'altro "l'abbassamento della falda acquifera può causare mescolamento di fluidi fra acquiferi (superficiale e geotermico) ed un influxo di acqua corrosiva". Nel contesto del Monte Amiata, questa frase può essere interpretata in due modi diversi, e nell'interpretazione data dal dott. Borgia emergono palesi contraddizioni.

In un sistema idrogeologico costituito da due falde sovrapposte, caratterizzato da continuità idraulica totale o parziale (presenza di acquitardi) l'abbassamento della superficie freatica della falda superficiale può essere indotto da:

- a. sfruttamento significativo dell'acquifero superficiale per usi irrigui, domestici, idropotabili che porta ad un "assottigliamento" dello spessore della falda superficiale con conseguente protrusione (a livello puntuale) o, più in generale, migrazione verso l'alto dell'interfaccia acqua dolce (superficiale)-fluidi geotermici. Questo è un fenomeno comune a molti campi geotermici in zone antropizzate.
- b. lo sfruttamento geotermico porterebbe ad una depressurizzazione e quindi ad uno "sgonfiamento" del "cuscinco" dei fluidi geotermici, loro vaporizzazione e abbassamento della falda superficiale. Conseguenza in questo caso potrebbe essere la riduzione di portata (fino alla scomparsa) di alcune emergenze della falda superficiale.

E' evidente la differente interpretazione fra EDRA e Università di Siena sulle correlazioni fra vapore geotermico estratto e portata delle sorgenti. Per EDRA esiste una correlazione inversa ben evidenziata dalla Figura 3-b (rapporto del 19 Marzo 2007). Tale correlazione è utilizzata per confermare il **legame diretto che esiste fra gli acquiferi geotermali profondi e l'acquifero superficiale**. Al contrario tale correlazione, secondo il rapporto dell'Università di Siena, non esiste poiché i due parametri sono completamente scorrelati (Fig. 4.4a e 4.4b del rapporto Università di Siena), e comunque le oscillazioni delle falde vengono considerate come **andamenti ciclici naturali**. L'assenza di tale correlazione significherebbe assenza di un legame diretto fra gli acquiferi. Osserviamo, tuttavia, che nei due documenti vengono usati dati differenti. Nel grafico di Fig. 3 (EDRA) la portata di vapore varia fra circa 250 e 120 kg/s; secondo il rapporto dell'Università di Siena (Tab. 4.1) la portata di vapore è sempre inferiore a 180 kg/s ed in particolare sono assenti i picchi evidenziati da EDRA. Quali sono i dati veri? E' da sottolineare che non potendo appurare l'attendibilità dei dati non è possibile esprimere una opinione circa la supposta correlazione fra sfruttamento della risorsa geotermica e depauperamento della falda superficiale.

Si evidenzia infine che i programmi di calcolo utilizzati (es. MODFLOW, MODPATH) dal Dr. Borgia

(Allegato 2) per la modellazione idrogeologica dell'Amiata non includono la possibilità di studiare i fluidi multifase, le reazioni tra fluidi, gli scambi di calore, l'avvezione termica e l'interazione fluido-roccia. Pertanto, i risultati e le conseguenti considerazioni derivanti dall'applicazione di questi modelli di calcolo risultano poco realistici quando applicati ad aree geotermiche dove la temperatura e le reazioni tra fluidi e fluido-roccia sono invece rilevanti. Si ritiene quindi che l'utilizzo di codici numerici specificatamente progettati per la modellazione di aree geotermiche (es. TOUGH2) possano dare risultati più affidabili, come del resto specificato nell'Allegato 2. Si ritiene importante un chiarimento da parte del Dr. Borgia su questo punto.

E' infine da rilevare la completa mancanza in tutti gli allegati di dati relativi alle composizioni isotopiche delle acque e del vapore (es. isotopi dell'idrogeno, dell'ossigeno e del carbonio). Tali isotopi sono infatti degli ottimi traccianti idrogeologici e geotermici in quanto consentono di valutare l'origine dei fluidi (origine meteorica, geotermica) e i processi (per esempio mescolamento tra fluidi). In particolare dati sugli isotopi stabili dell'acqua dei fluidi geotermici sarebbero importanti per indagare l'ipotesi di una ricarica diretta del sistema geotermico da parte delle acque della falda superficiale e/o da parte di sistemi idrici più profondi connessi ad una ipotetica circolazione idrica regionale. In mancanza di tali dati non si può esprimere una valutazione sull'origine dei fluidi coinvolti e sulle dinamiche dei processi idrogeologici e geotermici attualmente in corso nell'area dell'Amiata. E' comunque da prendere in considerazione la possibilità di avviare un monitoraggio geochimico nell'area dell'Amiata per una corretta valutazione delle dinamiche in corso.

#### 4. Contaminazione dell'acquifero superficiale da parte di fluidi endogeni

Riguardo al chimismo delle acque, il Dr. Borgia pone l'accento sulla correlazione inversa, osservata nel corso degli anni fra portata delle sorgenti e il contenuto di alcuni parametri quali metalli/metalloidi (es. As). A tale proposito si evidenzia che:

- si condivide ampiamente quanto riportato dagli autori dell'allegato 6, circa l'origine naturale e non necessariamente legata a processi di mixing con l'acquifero geotermale, di alcuni metalli/metalloidi nelle acque di falda superficiale dell'area amiatina, a tradizione mineraria.

- Le variazioni di contenuto di As pari a pochi  $\mu\text{g/l}$  nelle acque di sorgente rientrano nella normale variabilità temporale. Tali variazioni sono anche comunemente legate ai cicli di ricarica e alle oscillazioni di portata: durante i periodi di ricarica più intensa (es. autunno-inverno) può evidenziarsi un effetto di diluizione (i.e. abbassamento delle concentrazioni); viceversa durante le fasi di "magra" si può avere un aumento della concentrazione di As.

Andrebbe verificato se i risultati analitici delle serie temporali (es. quelle inerenti l'As) sono fra loro confrontabili, mancando un controllo di qualità dei dati stessi. Numerosi sono infatti i fattori che possono incidere sulle determinazioni analitiche: dalla preparazione e conservazione del campione (filtrato/non filtrato, acidificato/non acidificato) ai metodi di analisi impiegati.

In base ai rapporti consultati non si evidenziano dunque contaminazioni importanti della falda acquifera superficiale come descritto in dettaglio nel rapporto dell'Università di Siena. Tuttavia non siamo d'accordo con il punto conclusivo dove si afferma che non vi è *'traccia alcuna dell'esistenza di una interferenza di fluidi endogeni (geotermici) con le acque freatiche'*. Contaminazioni di limitate porzioni dell'acquifero superficiale da parte di gas endogeni (essenzialmente  $\text{CO}_2$ ) sono state evidenziate da un recente lavoro scientifico (Fronzini et al., 2009). Esse possono avere comunque una motivazione naturale.

#### Considerazioni finali

I dati messi a nostra disposizione non consentono di ricostruire in maniera dettagliata le possibili interazioni tra sfruttamento geotermico e le variazioni idrogeologiche e chimiche di superficie.

Si auspica comunque una replica da parte del Dr. Borgia ai commenti riportati nell'Allegato 6 redatto dall'Università di Siena (in particolare da pagina 359 a pagina 365).

Si raccomanda un avvio di monitoraggio multiparametrico, idrogeologico e geochimico, a lungo termine per una corretta valutazione delle possibili implicazioni di rischio da esplosioni freatiche, da depauperamento della falda superficiale e sua contaminazione da parte di sostanze nocive.

### **Bibliografia citata**

F. Frondini, S. Caliro, C. Cardellini, G. Chiodini, N. Morgantini (2009) Carbon dioxide degassing and thermal energy release in the Monte Amiata volcanic-geothermal area (Italy). *Applied Geochemistry* 24 (2009) 860-875