

DOSSIER GEOTERMIA AMIATA



Rete Nazionale NOGESI, **Marzo 2021**

Indice:

- | | |
|--|----------------|
| 1 – Le emissioni delle centrali geotermoelettriche | pag. 3 |
| 2 – Acquifero strategico del Monte Amiata e geotermia | pag. 15 |
| 3 – Aumento della concentrazione di arsenico nelle
acque destinate al consumo umano | pag. 23 |
| 4 – Nuova normativa sui materiali radioattivi | pag. 27 |
| 5 – Questioni sanitarie | pag. 29 |

- LE EMISSIONI DELLE CENTRALI GEOTERMICHE

- 1, a) Secondo gli ultimi dati disponibili IRSE
- 1, b) Secondo la Regione Toscana/ARPAT
- 1, c) Secondo autorevoli scienziati
- 1, d) Secondo il CNR - Mezzogiorno
- 1, e) Secondo autorevoli scienziati, dopo l'applicazione di nuove tecnologie

1, a) Secondo gli ultimi dati disponibili IRSE – Inventario Regionale delle Sorgenti di Emissione, pubblicati nel 2015 anche nella Tab.1 dell'articolo “*Geotermia d'impatto*”¹ di R. Basosi e M. Bravi, le centrali geotermiche presenti in Toscana nel 2010 emettevano in atmosfera 872 Kg/anno di Mercurio, 10.019 tonnellate/anno di Ammoniaca, 10.383 tonnellate/anno di Idrogeno solforato, 331 Kg/anno di Arsenico e ben 1.877.101 tonnellate/anno di Anidride Carbonica.

Nella sola Amiata, con una potenza installata pari a poco più del 10% di quella complessiva (88 MW rispetto a 838 MW), le emissioni ammontavano a 404 Kg./anno di Mercurio, 4.334 tonnellate/ anno di Ammoniaca, 1.742 tonnellate/anno di Idrogeno solforato, 45 Kg/anno di Arsenico, 506.362 tonnellate/anno di Anidride Carbonica.

Le tabelle sotto riportate sono tratte dal suddetto articolo:

TABELLA 1

Emissioni in aria per varietà di scale territoriali - confronto tra geotermia e tutti i settori industriali

Tipo di emissione in aria	Unità di misura	Emissioni totali Europa UE27 (2012) - tutti i settori industriali *	Emissione totali Italia (2012) - tutti i settori industriali *	Emissioni geotermia Toscana (2007) **	Emissioni geotermia area Amiata (2007) **	Emissioni geotermia Toscana (2010) **	Emissioni geotermia area Amiata (2010) **
Arsenico	kg/a	30.900	858	482	84	331	45
CO2	ton/a	1.891.338.000	155.387.000	1.917.824	447.580	1.827.101	506.362
Idrogeno solforato	ton/a	n.d.	n.d.	16.181	2.492	10.383	1.742
Mercurio	kg/a	27.800	1.370	1.494	760	872	404
Ammoniaca	ton/a	193.516	21.062	6.415	3.132	10.019	4.334

FORNTE

* Il registro europeo delle emissioni e dei trasferimenti contiene dati comunicati ogni anno da più di 30.000 impianti industriali che coprono 65 attività economiche in tutta Europa

** Regione Toscana IRSE Inventario Regionale delle Sorgenti di Emissione aggiornamento anno 2007 e 2010

web site

* <http://prtr.ec.europa.eu/PollutantReleases.aspx>

** <http://servizi2.regione.toscana.it/aria/>

¹Publicato in QualEnergia del Giugno/Luglio 2015, scaricabile da:

https://sosgeotermia.noblogs.org/files/2012/02/20150700_articolo_bravi-basosi_qualenergia.pdf

TABELLA 2

Percentuali di emissioni da produzione geotermoelettrica - confronto nello spazio e nel tempo

Tipo di emissione in aria	% Emissioni geotermia Amiata/Toscana (2007) *	% Emissioni geotermia Amiata/Toscana (2010) *	% media Emissioni geotermia Toscana/UE27	% media Emissioni geotermia Toscana/Italia	% media Emissioni geotermia area Amiata/UE27	% media Emissioni geotermia area Amiata/Italia
Arsenico	17,4%	13,7%	1,3%	47,3%	0,2%	7,5%
CO2	23,3%	27,7%	0,1%	1,2%	0,0%	0,3%
Idrogeno solforato	15,4%	16,8%	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Mercurio	50,9%	46,3%	4,3%	86,3%	2,1%	42,5%
Ammoniaca	48,8%	43,3%	4,2%	39,0%	1,9%	17,7%

Nota*

Fonte IRSE: l'Amiata contribuisce al 10,8% della produzione di energia elettrica da fonte geotermica della Regione Toscana nel 2007 (Amiata 566 GWh - Toscana 5.241 GWh) e 11,8% per l'anno 2010 (Amiata 587,6 GWh - 4.998,7 GWh)

Come si può constatare le emissioni della geotermia dell'Amiata, senza contare le emissioni di metano, altro climalterante notevole, rappresentano il 27,7% di tutte le emissioni di CO₂ della Toscana mentre sono il 17,7% per l'ammoniaca e il 42,5% per il mercurio, rispetto alle emissioni italiane relative a tutti i settori industriali.

Nel suddetto articolo del prof. Basosi e del dott. Bravi si legge ancora: “... *Il Protocollo di Kyoto e l'IPCC hanno considerato fino ad ora tutti i tipi di centrali geotermiche senza emissioni di CO₂ e di gas climalteranti, adottando un concetto – ormai dimostratosi errato – che le emissioni naturali di CO₂ delle zone geotermiche siano paragonabili a quelle causate dallo sfruttamento energetico delle stesse zone, trascurando la variabile temporale. Non hanno lo stesso effetto ambientale emissioni prodotte nell'arco di trent'anni di vita di una centrale o emissioni naturali di pari entità che si generino in 100.000 anni....*”.

1, b) Secondo la Regione Toscana/ARPAT. Nella Delibera² GRT 344/2010 e nel suo allegato A, parte integrante della stessa Delibera, si attesta che “*i fattori di emissione più alti per la quasi totalità degli inquinanti si registrano nell'area geotermica dell'Amiata*”. Le diversità e la pericolosità delle emissioni riscontrate in Amiata, sui dati ARPAT e segnalate dalla Regione Toscana, mettono in evidenza l'errore scientifico nel generalizzare sul territorio italiano valutazioni univoche in materia di emissioni geotermiche in presenza di sostanziali diversità.

A pagina 26 dell'Allegato A alla suddetta Delibera, elaborato dalla Direzione Generale Politiche Territoriali e Ambientali della Regione Toscana, dal titolo “*Criteri direttivi per il contenimento delle emissioni in atmosfera delle centrali geotermoelettriche*” è scritto:

“*L'emissione specifica di anidride carbonica al 2007 risulta molto maggiore per le centrali dell'area amiatina (852 t/GWhe) con valori più che doppi rispetto all'area tradizionale (308 t/GWhe). Se si confronta l'emissione specifica media di anidride carbonica delle centrali geotermoelettriche relativa all'intero parco geotermico regionale con quella derivante dalle centrali termoelettriche si consta come esse siano sostanzialmente equivalenti a quelle di una moderna centrale termoelettrica*”

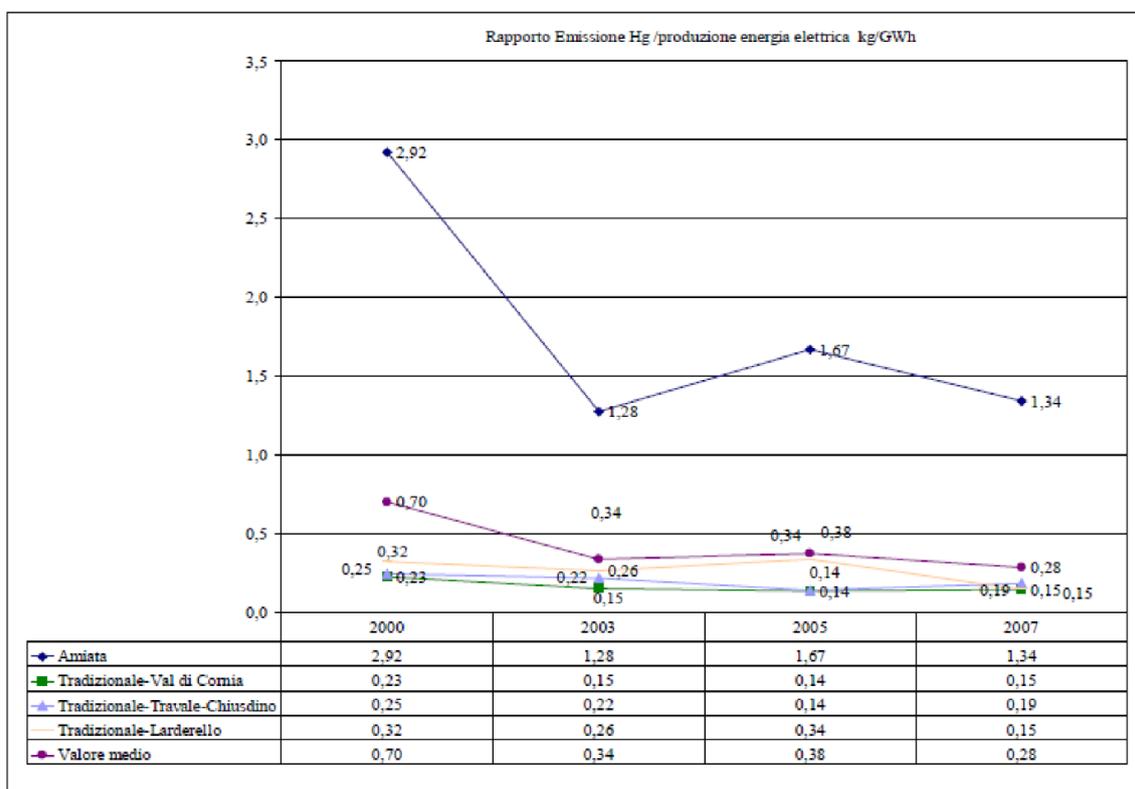
² Si scarica da: https://sosgeotermia.noblogs.org/files/2019/09/20100322_DGR-toscana-344-bur.pdf

alimentata a metano a cogenerazione (circa 350 t/GWhe) ma risultino notevolmente inferiori rispetto a quelle di una centrale termoelettrica alimentata a olio combustibile (circa 700 t/GWhe)”.
 Pertanto è documentato dai dati ARPAT che per le emissioni di sola CO₂ le centrali in Amiata con 852 t/Gwhe di media superano le emissioni delle centrali termoelettriche ad olio combustibile, pari a circa 700 t/Gwhe.

Per la precisione, le centrali amiatine detengono, in quanto ad inquinamento atmosferico, i seguenti primati (dati e grafici di seguito riportati sono presenti nel suddetto Allegato A alla Delibera GRT 344/2010):

1, b₁) Mercurio (Hg). Come si può leggere a pagina 25: “le emissioni specifiche di mercurio [sono] estremamente differenti tra l’area tradizionale e quella amiatina a causa della differente composizione del fluido geotermico, con quest’ultima che presenta valori più alti anche di un fattore 10”.

Grafico 2.8 - Fattore di emissione del mercurio per le aree geotermiche (Kg/GWh)

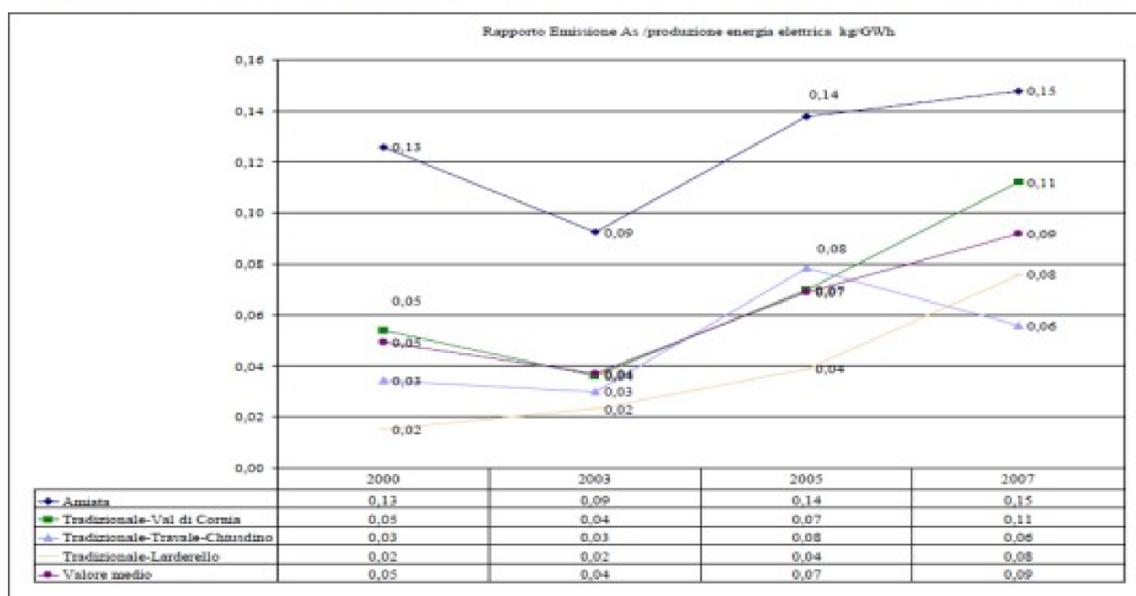


Certo è che non può essere una sorpresa, per un tecnico che conosca un po’ di storia mineraria del paese, verificare la forte presenza di Mercurio nei vapori geotermici dell’Amiata.

1, b₂) Arsenico (As). A pag. 21, dopo aver ricordato che: “l’impianto AMIS [Abbattitore di Mercurio ed Idrogeno Solforato] ha un’influenza marginale su questo inquinante”, la Regione Toscana afferma che: “per quanto riguarda Amiata l’incremento registrato dal 2003 al 2007 è ascrivibile essenzialmente alla diversa composizione del fluido geotermico che ha presentato negli anni un aumento della composizione percentuale di arsenico”.

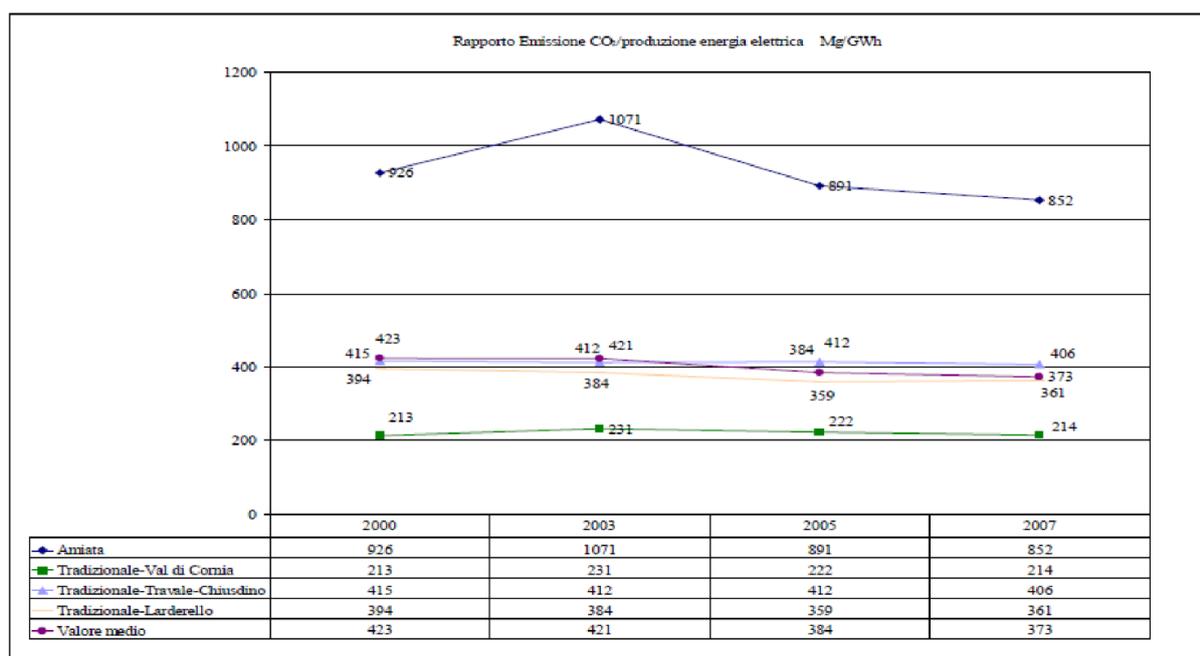
Tale crescita, come vedremo di seguito corrisponde ad una altrettanto crescita registrata per le acque potabili superficiali. Di seguito l'andamento nel tempo dell'Arsenico nei fluidi dell'Amiata nel grafico riportato dalla DGRT 344/2010:

Grafico 2.9 - Fattore di emissione dell'arsenico per le aree geotermiche (Kg/GWh)



1, b3) **Anidride carbonica (CO₂)**. A p. 26 dell'Allegato alla Delibera, oltre a quanto sopra riportato, si registrano i dati temporali con il seguente grafico:

Grafico 2.10 - Fattore di emissione dell'anidride carbonica per le aree geotermiche (tonnellate/GWh)



1, b4) Ammoniaca (NH₃). A pag. 40 del suddetto Allegato si quantifica che il primato delle centrali amiatine nelle emissioni di un noto precursore delle PM è assoluto ed incontrastato: “*queste emissioni [sono] concentrate essenzialmente nell’area Amiata, dove l’emissione specifica di NH₃ per centrale è di circa 620 tonnellate contro le 100 tonnellate nell’area tradizionale Val di Cornia, 120 nell’area tradizionale Travale-Chiusdino e le 160 nell’Area tradizionale Larderello*”. Il grafico 2.5 (annesso) dimostra in modo eloquente la portata delle emissioni di ammoniaca derivanti dalle centrali amiatine. Peraltro, nell’ambito del distretto geotermico amiatino, la centrale di Bagnore 3 risultava essere l’impianto più inquinante per quanto concerne le emissioni di ammoniaca: infatti, la media di emissione di NH₃ per l’anno 2007 per la centrale Bagnore 3 è pari 1.272 ton/anno, pari al 51% delle emissioni di ammoniaca delle 5 centrali presenti in Amiata. Nel 2005, secondo ARPAT, le emissioni di ammoniaca di Bagnore 3 sono state enormi: **Kg. 546,9/h.**

Grafico 2.5 - Emissioni di ammoniaca per area geotermica – anno 2007 (tonnellate/anno)

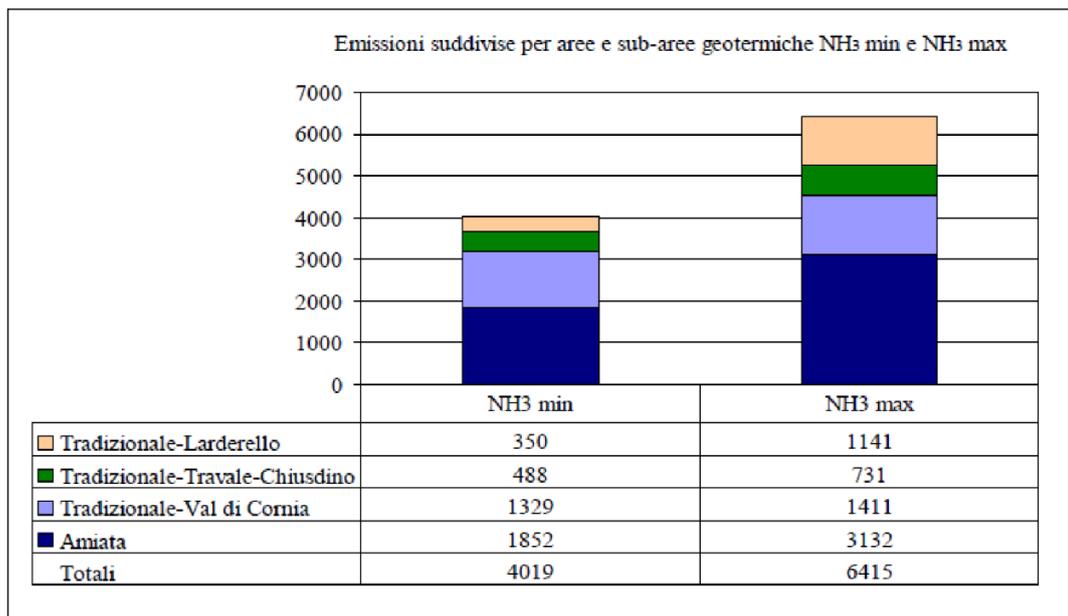


Tabella A.5 - Emissioni di NH₃ min e NH₃ max¹⁴ in tonnellate per singola centrale anno 2007

Area	Sotto Area	Nome cgte	2007 NH ₃ min	2007 NH ₃ max
Amiata	-	Bagnore 3	1090,3	1453,7
Amiata	-	Bellavista		
Amiata	-	Piancastagnaio 2	213,1	213,1
Amiata	-	Piancastagnaio 3	145,1	725,3
Amiata	-	Piancastagnaio 4	319,3	319,3
Amiata	-	Piancastagnaio 5	84,0	420,2
		Totale area Amiata	1852	3132

Anche per l'eterogeneità di questi dati sconcerta la scelta di voler generalizzare la sostenibilità delle emissioni geotermiche, mediando valori tra realtà completamente diverse.

1c) Secondo autorevoli scienziati

Il "caso" Amiata è stato oggetto di un recente studio del prof. Basosi,³ e dott. Mirko Bravi, i quali confermano dati già validati dalla comunità scientifica internazionale e che di seguito si riportano estesamente. Le loro conclusioni sono che **a parità di elettricità prodotta le emissioni in Amiata delle centrali geotermiche sono peggiori delle emissioni delle centrali a carbone.**

Quelli che seguono sono i risultati dello studio sul Potenziale di Riscaldamento Globale (GWP) e sul Potenziale di Acidificazione (ACP):

“ 3.1 Potenziale di Riscaldamento Globale (GWP)

La Fig. 3 mostra la dinamica del GWP attraverso gli anni. Le emissioni di gas serra dalle centrali geotermoelettriche non possono essere considerate trascurabili. Il valore medio del GWP è 693 kg CO₂ equiv/MWh con valori variabili tra 380 e 1045 kg/MWh.

Usando il database Ecoinvent v.2, abbiamo calcolato per la categoria di impatto GWP per l'energia elettrica prodotta con carbone e gas naturale rispettivamente 1068 e 640 kg CO₂ equiv/MWh; questi valori tengono in conto l'intero ciclo delle centrali, compresa la produzione, la costruzione e la dismissione e forniscono dati di riferimento usati per valutare l'impatto potenziale della produzione di elettricità da geotermia.

I nostri risultati per le centrali considerate in questo studio sono in buon accordo con quelli ottenuti da Brown e Ulgiati (2002) che affermano che l'emissione di CO₂ delle centrali geotermiche è dello stesso ordine di grandezza di quella delle centrali alimentate da combustibili fossili. Questo risultato generale dovrebbe essere trattato con attenzione, dato che è probabile che la natura della stratigrafia geologica, il sistema geotermico e le caratteristiche dei pozzi influenzano il livello dell'impatto del Potenziale di Riscaldamento Globale. Infatti si può ragionevolmente sostenere che le fratture generate dai pozzi geotermici, raggiungendo i 3500 m. di profondità con diametri di 30” (75 cm.) in superficie e 8,5” (21 cm.) in profondità incrementano il flusso di fluidi e di CO₂ verso la superficie in maniera del tutto innaturale. Nell'area del Monte Amiata il processo dello sfruttamento geotermico incrementa il processo di generazione naturale della CO₂. In un'area diversa il risultato può essere diverso.

3.2 Potenziale di Acidificazione (ACP)

La Fig. 4 mostra la dinamica dell'ACP nel periodo studiato. Come nel caso del Potenziale di Riscaldamento Globale (GWP), le emissioni ACP dalle centrali geotermiche non è trascurabile.

*Il valore medio dell'ACP è 12,5 kg SO₂ equiv/MWh con valori variabili tra 0,1 e 44,8 kg SO₂equiv/MWh. L'energia elettrica prodotta con carbone e gas naturale presenta valori di 5,1 e 0,6 kg CO₂ equiv/MWh rispettivamente. Questi valori tengono conto dell'intero ciclo di vita delle centrali e forniscono dati di riferimento usati per valutare l'impatto potenziale della produzione elettrica. In confronto mostra che dal punto di vista dell'ACP, **l'impatto derivante dall'energia prodotta dalle centrali geotermoelettriche del Monte Amiata è in media 2,2 volte maggiore dell'impatto di una centrale a carbone.** Il valore medio dell'ACP di Bagnore 3 (il campo geotermico di Bagnore emette 21,9 kg SO₂equiv/MWh) è 4,3 volte più alto di una centrale a carbone e circa 35,6 volte più alto di una centrale a gas”.*

³Mirko Bravi, Riccardo Basosi, “Environmental impact of electricity from selected geothermal power plants in Italy”, Journal of Cleaner Production 66 (2014) 301e 308, scaricabile da:

<http://www.arpat.toscana.it/notizie/arpatnews/2014/122-14/Bravi%20M%20Basosi%20R%20Environmental%20impact%20of%20electricity%20from%20selected%20geothermal%20power.pdf>

Il prof. Riccardo Basosi, Ordinario nei corsi di Chimica-Fisica e Sostenibilità energetica all'Università di Siena, oltre ai molti incarichi nel paese, rappresenta l'Italia nei seguenti cinque organismi internazionali, come si evince dal suo Curriculum Vitae⁴:

1) Rappresentante nazionale permanente nel COMITATO DI PROGRAMMA HORIZON 2020 per la configurazione denominata SECURE, CLEAN AND EFFICIENT ENERGY TECHNOLOGY PLAN nominato dal Ministro MIUR nel luglio 2013 (Governo Letta) a tutt'oggi;

2) Delegato nazionale SET PLAN UE (STRATEGIC ENERGY TECHNOLOGY PLAN) nominato dal Ministro MIUR nel luglio 2013 (Governo Letta) a tutt'oggi;

3) Delegato nazionale nella task force interministeriale di MISSION INNOVATION, nominato dal Ministro MIUR nel febbraio 2017 (Governo Gentiloni) a tutt'oggi;

4) Esperto nazionale EGRD (EXPERTS'GROUP ON RDPRIORITY SETTING) per IEA/OCSE con Decreto MISE dall'ottobre 2016 (Governo Renzi) a tutt'oggi;

5) Esperto ENERGIA del Ministro MIUR al G7 SCIENZA di BERLINO, dell'ottobre 2015 (Governo Renzi), KYOTO, dell'aprile 2016 (Governo Renzi) e BOLOGNA/TORINO, del 2017 (Governo Gentiloni).

Ci si domanda con quale coerenza i vari Ministeri pensano di essere rappresentati nelle suddette sedi internazionali, quando all'interno del nostro paese coloro che svolgono le funzioni pubbliche nelle Istituzioni e avrebbero il dovere di adempierle con disciplina ed onore, negano quanto sopra documentato.

1, d) Secondo il CNR – Mezzogiorno

Diversi ricercatori del CNR (Giamberini M.S., Donato A., Manzella A., Pellizzone A. Scrocca D., Bruno D.E., Nardini I., Botteghi S., Uricchio V.F.) hanno pubblicato⁵ *“Rischi ambientali connessi all'utilizzo della risorsa geotermica cause e buone pratiche per la loro minimizzazione”*. A pagina 20 in Tabella 3.1, che di seguito si riporta integralmente, sono evidenziati alcuni dati relativi alle emissioni della sola CO₂ da impianti geotermici a confronto con quella emessa da altri impianti di produzione di energia, raccolti e pubblicati in articoli scientifici e rapporti ufficiali.

Come era ovvio attendersi i valori medi delle emissioni sono molto poco significativi per le centrali geotermiche italiane con tecnologia flash, considerata la grande eterogeneità nel territorio della natura geochimica degli strati geologici. Proporre la media tra valori molto differenti, come continua a fare ENEL, appare poco corretto e potrebbe essere strumentale alla volontà di nascondere una realtà indesiderata. Comunque, nel confronto con le fonti da gas fossili, le emissioni dalle centrali dell'Amiata per la sola CO₂ sono equivalenti.

⁴ Il Curriculum Vitae del prof. Riccardo Basosi, datato Firenze 12Marzo2018, si scarica da:

https://www.dbcf.unisi.it/sites/st13/files/allegati/11-09-2018/europassrb_ita.pdf

⁵ CNR – Mezzogiorno, *“Rischi ambientali connessi all'utilizzo della risorsa geotermica cause e buone pratiche per la loro minimizzazione”*. scaricabile da:

https://www.researchgate.net/publication/304490314_Rischi_ambientali_connessi_all'utilizzo_della_risorsa_geotermica_cause_e_buone_pratiche_per_la_loro_minimizzazione

A pagina 17 è riportata la seguente tabella 3.1 “Emissioni di CO₂ da vari tipi di impianti di produzione energia”:

Tipo di impianto	CO₂ kg /MWhe	Fonte dei dati
Carbone – California	1.012,05	GEA, 2012
Carbone	994	GEOELEC, 2013a
Olio combustibile – Europa	758	GEOELEC, 2013a
Gas naturale – California	510,75	GEA, 2012
Gas naturale- Europa	550	GEOELEC, 2013a
Media pesata impianti geotermici nel mondo	122	IGA, 2002
Impianti geotermici italiani - stima	350 - 375	UGI, 2011
Impianti geotermici italiani nel 2013	309	Enel, 2013
Flash steam – Toscana	324	GEOELEC, 2013a
Media pesata di 4 impianti geotermici – Monte Amiata	497	Bravi and Basosi, 2014 (dati 2002-2009)
Flash steam - Hellisheidi – Islanda	22	GEOELEC, 2013a
Flash steam – California	178,65	GEA, 2012
Media pesata impianti geotermici California, 2013	81	GEA, 2012
Vapore secco - the Geysers (USA)	40	GEOELEC, 2013a
Vapore secco – California	27	GEA, 2012
Ciclo binario	0	GEA, 2012, GEOELEC, 2013a

Tabella 3.1: Emissioni di CO₂ da vari tipi di impianti di produzione energia.

1, e) Secondo autorevoli scienziati, dopo l’applicazione di nuove tecnologie

La pubblicazione nel 2010 da parte del CNR/Fondazione Monasterio dei dati molto preoccupanti sullo stato di salute dei residenti nei comuni geotermici dell’Amiata (di seguito commentato), da una parte ha costretto la Regione Toscana a finanziare una lunga serie di ulteriori indagini di carattere sanitario, approfondimenti reiterati più volte nel corso degli ultimi anni e ancora oggi non definitivi, dall’altra ha imposto all’Enel l’introduzione di nuove tecniche di abbattimento di alcuni inquinanti

più insidiosi sulla salute, come gli impianti AMIS per l'abbattimento del Mercurio e Acido Solfidrico e i sistemi di abbattimento dell'Ammoniaca con acido solforico.

Ecco quindi un nuovo lavoro di indagine con dati molto più recenti, elaborati sui quelli di ARPAT, che effettuata una valutazione completa degli impatti ambientali al fine di calcolare i profili delle emissioni in atmosfera generate dalla fase operativa delle centrali con la valutazione del ciclo di vita (Life Cycle Assessment). Tale Studio pubblicato⁵ nel 2019 dal prestigioso *Journal of Cleaner Production*, a firma di scienziati della Università di Siena, del CNR e del COSVIG, ha anche il pregio di analizzare gli impatti ambientali degli impianti geotermici per cinque aree geotermiche toscane, delineate sulla base della loro maggiore omogeneità geochemica. E' scritto infatti nello studio: *“A differenza di altre fonti energetiche, gli impatti ambientali causati dallo sfruttamento geotermico dipendono in misura determinante dalla posizione geografica, soprattutto per quanto riguarda la fase operativa e il serbatoio sfruttato, che determinano il particolare profilo delle emissioni della centrale in questione”*.

E' stata quindi necessaria la pubblicazione degli allarmanti dati sanitari registrati in Amiata per affermare che, a differenza di altre fonti energetiche, gli impatti ambientali causati dallo sfruttamento geotermico **dipendono in misura determinante dalla posizione geografica**, anche se tale acquisizione non è stata ancora fatta propria dal Ministero dell'Ambiente. Eppure nella letteratura internazionale tale acquisizione era già stata segnalata, come rammenta il suddetto Studio: *“Come è stato sottolineato nel rapporto NREL (Eberle et al., 2017), nel quale l'analisi sistematica di 180 studi sulla LCA di centrali geotermiche su scala mondiale mette in luce l'enorme influenza esercitata dall'ubicazione geografica del campo sull'emissione di gas serra (GHG), è significativa la grande varietà di impronte ambientali calcolate con riferimento a centrali geotermoelettriche”*.

Inoltre tale studio ha il pregio di considerare sia i tempi di funzionamento dei nuovi sistemi di abbattimento degli inquinanti, installati sulle centrali flash e che si sono dimostrati efficaci, sia i tempi in cui tali sistemi sono fuori uso. Infatti si afferma che: *“Il valore finale di emissione di queste sostanze inquinanti si compone quindi di due parti: una corrisponde all'emissione dell'inquinante non abbattuto, moltiplicata per il numero di ore di mancato funzionamento dei filtri AMIS mentre l'altra esprime il valore dell'emissione rilevato con i filtri AMIS in funzione e moltiplicato per le ore rimanenti”*.

Questi i valori delle emissioni per ciascuna sostanza inquinante, riportate nella Tabella 2 in g/MWh di elettricità prodotta:

888 M.L. Parisi et al. / Journal of Cleaner Production 234 (2019) 881–894

Table 2
Emission values which outcome from the elaborated scenarios, expressed as g/h for each pollutant considered. The scenario without AMIS (W/O AMIS) is explanatory of the geochemical differences between the areas, it does not coincide to the emission detected in the area. The actual scenario (grey) represents the real emission currently present in each geothermal area.

Geothermal Area - Scenario	H ₂ S (g/MWh)	CO ₂ (g/MWh)	SO ₂ (g/MWh)	NH ₃ (g/MWh)	As (g/MWh)	Sb (g/MWh)	Hg (g/MWh)	CH ₄ (g/MWh)	CO (g/MWh)
Bagnore - W/O AMIS	3.62E+03	7.17E+05	1.09E+04	4.68E-02	4.62E-02	1.02E+00	1.96E+04	1.09E+02	1.09E+02
Bagnore - actual scenario	9.24E+02	7.17E+05	1.17E+00	2.31E+03	4.66E-02	4.62E-02	2.03E-01	1.96E+04	1.09E+02
Lago - W/O AMIS	4.24E+03	2.59E+05	6.05E+02	5.98E-02	2.28E-02	4.14E-01	1.88E+03	4.32E+01	4.32E+01
Lago - actual scenario	1.52E+03	2.59E+05	1.10E+00	6.05E+02	5.98E-02	2.28E-02	3.45E-01	1.88E+03	4.32E+01
Larderello - W/O AMIS	6.11E+03	3.43E+05	1.47E+03	5.30E-02	3.32E-02	6.97E-01	1.36E+03	1.97E+01	1.97E+01
Larderello - actual scenario	1.62E+03	3.43E+05	7.73E-01	1.47E+03	5.30E-02	3.32E-02	4.87E-01	1.36E+03	1.97E+01
Piancastagnaio - W/O AMIS	1.02E+04	5.65E+05	1.81E+03	1.90E-02	4.58E-02	1.98E+00	7.81E+03	5.55E+01	5.55E+01
Piancastagnaio - actual scenario	1.38E+03	5.65E+05	3.93E+00	1.81E+03	1.90E-02	4.58E-02	4.91E-01	7.81E+03	5.55E+01
Radicondoli - W/O AMIS	6.50E+03	5.32E+05	5.65E+02	2.14E-02	5.74E-02	5.94E-01	4.95E+03	2.11E+01	2.11E+01
Radicondoli - actual scenario	1.26E+03	5.32E+05	2.99E+00	5.65E+02	2.14E-02	5.74E-02	3.32E-01	4.95E+03	2.11E+01

⁵Maria Laura Parisi, Nicola Ferrara, Loredana Torsello, Riccardo Basosi, *“Life cycle assessment of atmospheric emission profiles of the Italian geothermal power plants”* Journal of Cleaner Production 234 (2019) 881 e 894, scaricabile da: https://e-tarjome.com/storage/panel/fileuploads/2019-08-28/1566974638_E13113-e-tarjome.pdf

Lo scenario effettivo è quello definito “attuale”.

Quello senza le ultime innovazioni degli abbattitori Amis e Ammoniaca è stato riportato per evidenziare la differenza della natura dei vapori portati in superficie, tant'è che gli autori precisano che: *“Sebbene si tratti di uno scenario teorico e non rappresentativo di alcuna emissione effettiva della centrale, l'abbiamo incluso per poter disporre di una stima, in termini di impatto ambientale potenziale, delle differenze tra le aree geotermiche in assenza e in presenza di progressi tecnologici quali l'introduzione dell'impianto AMIS”*

Tuttavia, come già detto, solo alcuni degli inquinanti sono oggi abbattuti con le nuove tecnologie introdotte (Mercurio, Acido Solfidrico e Ammoniaca), mentre i dati della tabella 2 e tabella 3 dimostrano che le altre emissioni sono quantitativamente del tutto indifferenti alle innovazioni introdotte negli ultimi anni.

In particolare dalla tabella 3 del suddetto Studio è ricavabile per le sole categorie d'impatto relative al Cambiamento climatico e Acidificazione i seguenti dati, che oltre ad essere preoccupanti dimostrano ancora la diversità notevole tra le varie aree geografiche:

Tabella 3

Valori degli impatti ambientali (scenari effettivi) generati dalle diverse aree geotermiche

Categoria di impatto	Acidificazione	Cambiamento climatico
Bagnore	6,98E+00	1,21E+03
Lago	1,83E+00	3,06E+02
Larderello	4,44E+00	3,77E+02
Piancastagnaio	3,78E+00	7,65E+02
Radicondoli	3,81E+00	6,56E+02
Unità	molc H eq⁺ eq	Kg CO eq₂ eq

Valutazioni conclusive

Quest'ultimo Studio conferma quanto già documentato negli anni precedenti circa la insostenibilità ambientale delle centrali geotermoelettriche toscane, in particolare quelle dell'Amiata, e ci consente di fare confronti con le emissioni prodotte dalle altre centrali elettriche alimentate con fonti fossili.

Nelle prime 2 colonne della tabella che segue sono riportati i valori della tabella 2 del suddetto Studio *“Life cycle assessment of atmospheric emission profiles of the Italian geothermal power plants”*. Nella terza colonna abbiamo calcolato le emissioni annuali medie riferite ad una produzione geotermoelettrica toscana di 5.560 GWh/anno (media della produzione lorda annuale registrata negli anni 2002-2016). Questo dato ci consente di calcolare le emissioni complessive delle centrali geotermoelettriche e fare i confronti per ciascun Mwh prodotto con le altre fonti energetiche fossili.

Questi sono i fattori di emissione delle centrali termoelettriche a combustibili fossili:

Fattore di emissione nelle Centrali Gas ciclo combinato: **370 kg CO₂/MWh**

Fattore di emissione nelle Centrali Olio Combustibile: **622 kg CO₂/MWh**

Fattore di emissione nelle Centrali Carbone: **883 kg CO₂/MWh**

Quelle che seguono sono invece le emissioni complessive in Toscana e in Amiata, ricavate dalla suddetta tabella 2 dello studio *“Life cycle assessment of atmospheric emission profiles of the Italian geothermal power plants”* Journal of Cleaner Production 234 (2019) 881 e 894:

Sostanze emesse	Scenario effettivo in Toscana per produrre 1 MWh	Emissioni ANNUALI MEDIE in Toscana calcolate con lo scenario effettivo Produzione Media 5.560 GWh/anno
H₂S Acido Solfidrico	1,34 Kg/h	7.450 Tonn.
CO₂ Anidride Carbonica	483 Kg/h	2.685.480 Tonn.
SO₂ Anidride Solforosa	1,99 g/h	11.064 Kg
NH₃ Ammoniaca	1,23 Kg/h	6.839 Tonn.
As Arsenico	0,04 g/h	222 Kg
Sb Antimonio	0,041 g/h	228 Kg
Hg Mercurio	0,372 g/h	2.068 Kg
CH₄ Metano	7,1 Kg/h	39.476 Tonn.
CO Monossido di Carbonio	49,6 g/h	276 Tonn.
Sostanze emesse	Scenario effettivo in Amiata per produrre 1 MWh	Emissioni ANNUALI MEDIE in Amiata calcolate con lo scenario effettivo Produzione lorda 2016 1.030.711 MWh

H₂S Acido Solfidrico	1,152 Kg/h	1.187 Tonn.
CO₂ Anidride Carbonica	641 Kg/h	660.686 Tonn.
SO₂ Anidride Solforosa	2,55 g/h	2.628 Kg
NH₃ Ammoniaca	2,05 Kg/h	2.113 Tonn.
As Arsenico	0,033 g/h	33,8 Kg
Sb Antimonio	0,046 g/h	47 Kg
Hg Mercurio	0,361 g/h	372 Kg
CH₄ Metano	13,705 Kg/h	13.705 Tonn.
CO Monossido di Carbonio	82,25 g/h	86 Tonn.

Le sostanze inquinanti e climalteranti emesse sono notevoli, anche con l'introduzione dei nuovi sistemi di abbattimento per l'Ammoniaca e l'AMIS per il Mercurio e per l'Acido Solfidrico.

Il fattore di emissione di gas a effetto serra per le centrali geotermiche toscane è dato dalla somma del metano (un kg di metano equivale, ai fini dell'effetto serra, a 25 kg di anidride carbonica), e dell'anidride carbonica. Esso è, secondo questo studio, pari a **660 kg eq. CO₂/Mwh**, maggiore sia delle centrali a Gas ciclo combinato (370 kg CO₂/Mwh) che delle Centrali Olio Combustibile (622 kg CO₂/Mwh).

Pertanto le produzioni di elettricità delle suddette centrali geotermiche non possono che essere definite attività dannose all'Ambiente.

2 - ACQUIFERO STRATEGICO DEL MONTE AMIATA E GEOTERMIA -

Sull'interconnessione tra acquifero superficiale e geotermico

Elementi indispensabili per l'attività geotermica sono il calore delle rocce presenti nel sottosuolo, costituite in Amiata da residui di attività vulcaniche, e il fluido geotermico costituito da acqua in fase liquida o da miscele di acqua e vapore. L'attività geotermica necessita pertanto di grandi quantitativi di acqua e, di conseguenza, della presenza di acquiferi importanti, altrimenti potrebbero essere ridotti drasticamente nell'arco di qualche decennio.

Attualmente l'estrazione del vapore avviene a profondità tra i 3000 e i 4000 m., di conseguenza i consumi di acqua interessano l'acquifero regionale alla cui ricarica contribuisce anche l'acquifero del Monte Amiata. Quest'ultimo, definito **“strategico”** dalle massime autorità per la tutela delle acque, è il corpo idrico più importante della Regione Toscana, con un'utenza di circa 700.000 persone. Permette l'approvvigionamento idropotabile della Provincia di Grosseto e di parte delle Provincie di Siena e di Viterbo. Dagli anni '70 ad oggi le sue riserve idriche si sono notevolmente ridotte. L'abbassamento della superficie di falda è stato confermato anche dal piezometro regionale realizzato in loc. di Poggio Trauzzolo:

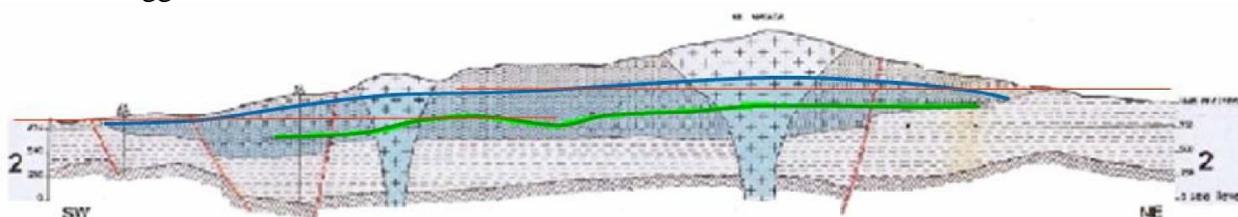


Fig. 3

In azzurro andamento della falda acquifera come riportato nella rivista *Geothermics* (1970)
Con la linea verde andamento della falda acquifera marzo 2006 (CNR Pisa)

Una delle problematiche di maggior rilievo in relazione allo sfruttamento geotermico è quella dell'interconnessione tra acquifero superficiale e quelli geotermici. Possibili ripercussioni sull'acquifero superficiale possono essere sia di ordine quantitativo (riduzione delle portate delle sorgenti) che qualitativo (inquinamento da fluidi geotermici).

Questo collegamento fino alcuni anni indietro veniva confermato dalla stessa ENEL come attestano numerosi documenti, per ultimo la Sintesi non tecnica presentata in occasione dello SIA per la costruzione della centrale di Bagnore 4 (agosto 2005), dove è scritto: **“... Il Serbatoio Carbonatico, costituente il primo serbatoio (cosiddetto “superficiale”), è connesso con aree di assorbimento di acque meteoriche che corrispondono agli affioramenti di vulcaniti del M. Amiata, in comunicazione idraulica attraverso i camini vulcanici, e agli affioramenti carbonatici presenti a Sud e a Sud-Ovest di Bagnore ...”**

Sulla materia vengono di seguito citati alcuni estratti da studi scientifici e da importanti documenti di organi della Regione a conferma di quanto sopra:

2.1) R. Cataldi “Remarks on the geothermal research in the region of Monte Amiata” ENEL

Direzione Studi e Ricerche - 1965, pag. 14 (traduzione):

“... Le analisi relative al rapporto O18/O16, realizzate dal laboratorio Nucleare Geologia di Pisa, hanno mostrato che anche nella regione amiatina l'acqua estratta dai pozzi geotermici ha un'origine meteorica....dunque è possibile evidenziare che anche l'affioramento vulcanico del Monte Amiata

rappresenta un'area di assorbimento delle acque meteoriche. L'importante acquifero delle rocce vulcaniche potrebbe essere connesso con l'acquifero geotermico attraverso i camini vulcanici e le faglie che attraversano in molti posti l'intera sequenza sedimentaria (sotto le vulcaniti n.d.r.). Una conferma indiretta di ciò è data dai livelli idrostatici misurati nei pozzi del Monte Amiata. Il comportamento delle linee equipotenziali (dei livelli falda geotermica n.d.r.) mostra infatti un generale aumento verso l'affioramento delle vulcaniti cioè verso la supposta area di ricarica (della falda superficiale n.d.r.)...”.

2.2) A. Calamai, R. Cataldi, P. Squarci, L. Taffi “Geology, geophysics and hydrogeology of the Monte Amiata geothermal fields” - *Geothermics* 1970, pag. 6 (traduzione):

“... Il Monte Amiata costituisce un'estesa area di assorbimento che, oltre a mantenere un'abbondante ma relativamente superficiale circolazione, costituisce un'importante area di ricarica dell'acquifero confinato. In effetti quest'ultimo e quello amiatino sono idrogeologicamente connessi attraverso i camini vulcanici, le fratture e le faglie vulcano-tettoniche. Dati reali dei livelli sono stati ottenuti da misure sistematiche nei pozzi di esplorazione profonda. Questi dati, insieme con le informazioni idrogeologiche di superficie, hanno reso possibile ricostruire con buona approssimazione la superficie piezometrica dell'acqua contenuta nell'acquifero confinato. Questa superficie appare piuttosto uniforme all'altitudine intorno ai 200 metri sul livello del mare, nell'area lontana dagli affioramenti di rocce carbonatiche e dall'edificio vulcanico del Monte Amiata. Questa cresce ed aumenta di elevazione quando si avvicina ai sopra detti affioramenti e all'edificio vulcanico stesso. Questo conferma che l'acquifero confinato è idrologicamente connesso non solo con gli affioramenti del Mesozoico carbonatico ma anche con il corpo vulcanico del Monte Amiata. Il trend di risalita della superficie piezometrica verso il massiccio vulcanico indica, come abbiamo detto, che quest'ultimo costituisce un' importante area di assorbimento e ricarica del bacino geotermico principale...”.

2.3) R. Cataldi, A. Lazzarotto, P. Muffler, P. Squarci, G. Stefani “Assesment of geothermal potential of central and southern Tuscany” - *Geothermics* vol.7, 1978, pag. 96 (traduzione):

“... La permeabilità delle rocce vulcaniche dipende in primo luogo dalla porosità primaria e in secondo luogo dalle fratture causate dal raffreddamento e dal collasso tettonico del vulcano. Sebbene l'idrogeologia è di conseguenza diversa, le rocce vulcaniche hanno generalmente una permeabilità alta e molto alta e sono caratterizzate da un'importante circolazione freatica di acqua fredda. La circolazione nelle rocce vulcaniche è impedita verticalmente dalla serie Ligure di rocce impermeabili e dalle rocce del Neoautoctono così che normalmente le acque di falda superficiale ricaricano l'acquifero profondo solo nella parte centrale dell'edificio vulcanico...”.

2.4) Burgassi P. D. “Le risorse geotermiche in Italia” *Bollettino dell'Associazione Mineraria Subalpina – 1979*, pag. 11, Monte Amiata:

“... In questa area, dove attualmente sono in esercizio i campi di Bagnore e Piancastagnaio, esiste una situazione geologico-strutturale simile a quella della Regione Boracifera. Il sistema però è reso meno favorevole dalla forte tettonizzazione conseguente alla messa in posto dell'apparato vulcanico e dalla presenza dei camini lavici che permettono la circolazione verso il basso delle acque fredde superficiali presenti nelle vulcaniti, le quali, venendo a contatto con il vapore, ne abbattano le caratteristiche termiche. Al momento è in atto una ricerca che tende a reperire vapori in livelli più profondi di quelli attualmente in esercizio con il duplice scopo di accertare se la parte alta del basamento regionale sia impermeabile in modo sufficiente da isolare le acque superficiali e sia possibile reperire fluidi con caratteristiche di pressione migliori...”.

2.5) CNR “Contributo alla conoscenza delle potenzialità geotermiche della Toscana e del Lazio, relazione finale sul tema di ricerca studi geologici, idrogeologici e geofisici finalizzati alla ricerca di fluidi caldi nel sottosuolo” - Roma, 1982, pag. 40:

“... Sono le grandi anomalie (termiche n.d.r.) che hanno i loro “baricentri” nelle zone di Larderello-Travale, sul Monte Amiata (salvo la piccola parte centrale raffreddata dalle acque fredde che si infiltrano facilmente attraverso le vulcaniti) nei laghi laziali di Bolsena, Vico e Bracciano e forse nel vulcano laziale...”.

2.6) E.N.E.L. “References notes on geothermal areas of Tuscany and Latium (Italy)” - Pisa, 1986, pag. 26 (traduzione):

“... Nell’area in esame studi idrogeologici e sondaggi hanno mostrato che il serbatoio geotermico è localmente in contatto (attraverso camini vulcanici e faglie vulcano- tettoniche) con il corpo di acqua fredda contenuta nelle vulcaniti del Monte Amiata. Verso sud il complesso carbonatico della serie toscana affiora nell’area di Castell’Azzara. Di conseguenza questi affioramenti e il massiccio vulcanico del Monte Amiata sono considerati aree di assorbimento e di carico idrostatico del serbatoio geotermico dei campi di Bagnore, Piancastagnaio e Poggio Nibbio...”.

2.7) O. Faggioni, N. Beverini, F. Caratori Tontini, C. Camisciano, I. Nicolosi. “A realistic inversion algorithm for magnetic anomaly data: the Mt. Amiata volcano test” - Annals of Geophysics 2003 vol. 46, pag. 532 (traduzione):

“... In particolare siamo stati in grado di ipotizzare la presenza di strutture sub verticali che dovrebbero essere collegate a intrusioni o a condotti localizzati di risalita del magma caratterizzati da una maggiore magnetizzazione che altre porzioni superficiali... lo studio è perciò fondamentale nella definizione delle strutture geologiche sommerse del Monte Amiata altrimenti non evidenziabili da metodi di indagine dirette...”.

Nota: a pagina 531 due sezioni geologiche con i camini vulcanici indagati

2.8) A. Baietto “Characterization of the geological and structural framework of the M.te Amiata” - Centro di eccellenza per la geotermia di Larderello. 2008, pag. 20 (traduzione):

“... La faglia di Arcidosso rappresenta un importante elemento strutturale che presumibilmente sta ancora giocando un ruolo importante nella deformazione del Monte Amiata. Questa struttura merita ulteriori investigazioni per meglio comprendere la sua persistenza e la sua propagazione verticale. Questa pubblicazione appare particolarmente importante alla luce delle recenti problematiche ambientali concernenti l’uso delle risorse geotermiche. In questo senso auspicabili indagini sulle proprietà idrauliche (esempio sondaggi geoelettrici) insieme a tests idrogeologici potrebbero chiarire le possibili interconnessioni tra l’acquifero freddo superficiale e quelli più profondi (geotermici)...”.

2.9) Regione Toscana – Università di Siena 2008 “Studio geostrutturale, idrogeologico e geochimico ambientale dell’area amiatina” pag. 104:

“... Tutta la mole dei dati...dimostra una stretta e oggettiva dipendenza tra i valori di alimentazione meteorica e quelli del deflusso sotterraneo in uscitaogni altra ipotesi ...non trova nessuna validazione. Altre interpretazioni, pur potendo rientrare nel campo del possibile, sono, allo stato attuale delle conoscenze, da ritenersi altamente improbabili...”.

2.10) F. Frondini, S. Caliro, C. Cardellini, G. Chiodini, N. Morgantini “Carbon dioxide degassing and thermal energy release in the Monte Amiata volcanic-geothermal area (Italy).” Applied Geochemistry 2009, pag. 874 (traduzione):

“... In questa area l'acquifero superficiale e il sistema profondo sono quasi completamente separati e l'unico scambio tra loro avviene lungo il sistema di fratture magmatiche ENE-WSW dove la risalita del gas profondo ricco di CO₂-H₂S e la sua dissoluzione nella falda superficiale genera un'acqua acida...”.

Nota: a pagina 873 sezione geologica con evidenziati camini vulcanici e le faglie lungo le quali risalgono i gas geotermici.

2.11) E. Boschi. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia 2009 -nota per la Regione Toscana, pag 2 :

“... Punto 4 contaminazioni falda acquifera: ...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 di una interferenza di fluidi endogeni (geotermici) con le acque superficiali*, potrebbe essere troppo drastico. Vogliamo semplicemente far notare che fra i vari fluidi geotermici esistono componenti altamente volatili (es. He, gas nobili ma anche CO₂, CH₄ 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 rocce dove affiorano rocce impermeabili...”.

2.12) Regione Toscana – Eumechanos 2011 “Adattamento e implementazione del modello idrologico Mobidic per il bilancio dei bacini idrografici e dell'acquifero del Monte Amiata”, pag. 20 – Ricostruzione geometrica dell'acquifero:

“... Si è pertanto deciso di effettuare le simulazioni con Mobidic con almeno due scenari diversi di geometria sotterranea dell'acquifero:

- La ricostruzione geometrica realizzata nell'ambito del progetto Caratterizzazione geologica, Idrogeologica e Idrogeochimica dei Corpi Idrici Sotterranei Significativi della Regione Toscana (CISS) 99MM020 “Acquifero dell'Amiata”, 2009.
- La ricostruzione effettuata da ENEL, già pubblicata in uno studio presentato al World Geothermal Congress Indonesia 2010 (I. Dini, A. Ceccarelli, A. Brogi, N. Giorgi, P. Galleni, L. Rossi Geological Evaluation of the Base of the Mt. Amiata Volcanic Complex (Tuscany, Italy), e successivamente rielaborata.

Le due geometrie differiscono soprattutto per quanto riguarda la presenza di una faglia in direzione NE-SO, evidente nella ricostruzione del CISS ma non in quella di ENEL.

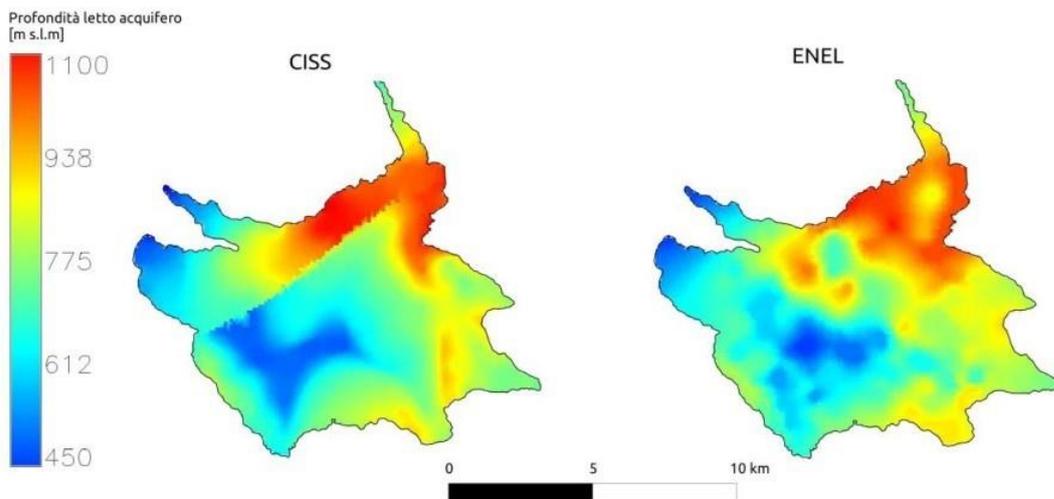


Figura 8 - Profondità del letto dell'acquifero, in metri sul livello del mare, secondo gli studi del Progetto Corpi Idrici Significativi (CISS, a sinistra) e secondo lo studio ENEL (a destra).

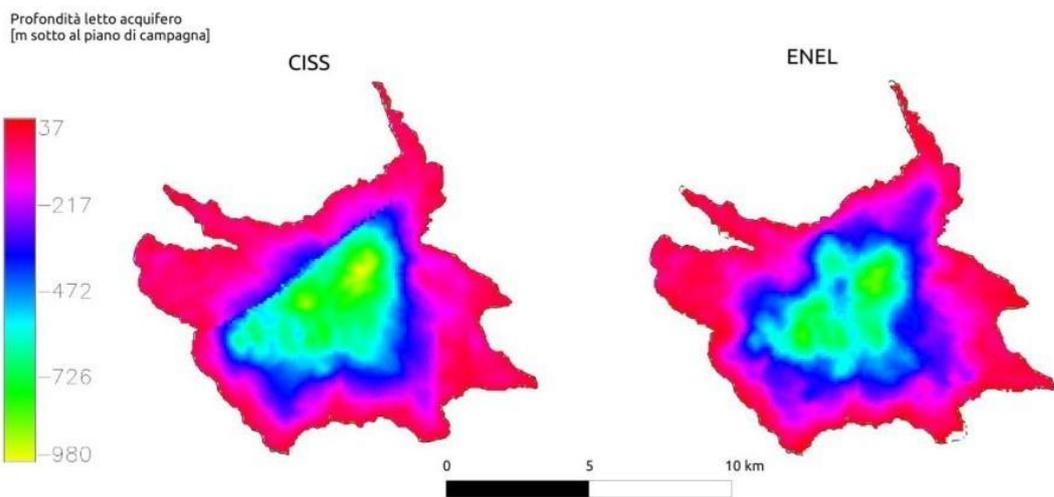


Figura 9 - Profondità del letto dell'acquifero, in metri sotto al piano di campagna, secondo gli studi del Progetto Corpi Idrici Significativi (CISS, a sinistra) e secondo lo studio ENEL (a destra).

pag. 66 - **Conclusioni:** Se da un lato il modello riproduce in maniera accurata, soprattutto per gli ultimi 15 anni, la sequenza temporale dei valori massimi e minimi in risposta alle fluttuazioni climatiche ritardate dai processi di ricarica su strati di spessore consistenti, l'ampiezza delle oscillazioni riprodotte risulta sottostimata. Ciò tende a suggerire che la variabilità climatica possa non essere l'unico fattore di controllo di tali oscillazioni (portata delle sorgenti del Fiora n.d.r.) ma che possa potenzialmente giocare un ruolo anche una fluttuazione della pressione inferiore attualmente non quantificabile tenuto conto del particolare contesto geologico del Monte Amiata...".

2.13) *ARPAT : L'acquifero del Monte Amiata, Analisi dei dati relativi al monitoraggio nel periodo 2002-2006 Con particolare riferimento alla presenza di arsenico. Alessandro Becatti – Dario Giannerini – 2007, pag. 7:*

“... Da notare sotto, l'aspetto strutturale, la presenza di due faglie principali, ben visibili anche dalle foto aeree (Fig. 2-3): una con direzione SW-NE e l'altra, ortogonale, interseca la prima in corrispondenza della Montagnola. Lungo queste due faglie si trovano i camini vulcanici.” ...

pag. 39: Le concentrazioni di arsenico più elevate sono state riscontrate sui punti di monitoraggio ubicati in una fascia centrale dell'acquifero, disposta orientativamente SW-NE (pozzi Acqua Gialla e Pian dei Renai, sorgenti Crognolo ed Ente),...”.

2.14) S. La Felice, D. Montanari, S. Battaglia, G. Bertini, G. Giannelli “ Fracture permeability and water rock-interaction in a shallow volcanic groundwater reservoir and the concern of its interaction with the deep geothermal reservoir of Mt. Amiata, Italy.” - Journal of Volcanology and Geothermal Research 2014 , pag. 104 (traduzione):

“... Celestina e goethite suggeriscono la presenza, nell'acquifero vulcanico del Monte Amiata, sopra la tavola d'acqua, di una percolazione verso il basso delle acque meteoriche, e di una zona più bassa della falda acquifera introdotta da CO₂ e H₂S in condizioni di ossidazione. In questo caso può essere non necessario assumere un abbassamento della tavola d'acqua per spiegare la presenza di minerali di alterazione sopra l'attuale livello della falda acquifera...”.

2.15) Protocollo d'Intesa tra Regione Toscana, Bacino Regionale Ombrone, Bacino Interregionale Fiora e Bacino Interregionale Tevere per la definizione del Bilancio idrico dell'acquifero del Monte Amiata. Si costituisce il Gruppo di Lavoro e redatto il Piano di lavoro approvato con delibera della G.R.T. n. 341 del 8.04.2002. Il Piano avrebbe dovuto affrontare anche il problema geotermia, visto che nella parte che riguarda la sua definizione, al punto 3, è scritto: “... Il Monte Amiata costituisce una delle aree di ricarica dell'acquifero regionale utilizzato a fini geotermici (ipotizzati 250 l/s). Non è da escludere che lo sfruttamento geotermico in atto, con relativa riduzione delle pressioni, comporti un aumento della ricarica, peraltro difficilmente quantificabile, a favore dell'acquifero regionale (la maggiore riduzione della sorgente dell'Ermicciolo il cui bacino idrogeologica comprenderebbe un camino vulcanico potrebbe essere indicativo in tal senso)...”.

2.16) Il geologo dott. Micheli della Regione Toscana, in una relazione riguardante il piano di lavoro per la definizione del Bilancio Idrico dell'Acquifero dell'Amiata, redatta a seguito dei risultati di due ricerche condotte negli anni 2006 dalla Soc. EDRA e dal CNR di Pisa, nelle sue conclusioni scriveva: “...Il sottoscritto ritiene che vi siano sufficienti elementi scientifici a supporto del modello concettuale che prevede il collegamento tra le falde freatica superficiale e geotermica profonda. L'attuale anomalo andamento della superficie della falda, che è utilizzata a fini acquedottistici, suggerisce una situazione di criticità e di disequilibrio della stessa (ricarica indotta a favore del campo geotermico, con possibile risalita di gas dal campo geotermico verso l'alto). Sulla base di quanto sopra esposto si svolgono le seguenti considerazioni:

1)Un ulteriore decremento del livello piezometrico della falda può comportare il richiamo dei fluidi e dei vapori geotermici con conseguenti gravi problemi di inquinamento della falda stessa....

2) E' necessario che i piani industriali di utilizzo del vapore geotermico per la produzione di energia elettrica tengano conto delle ripercussioni qualitative e quantitative sulla falda superficiale.

3) Nella definizione del bilancio idrico dell'acquifero dell'Amiata previsto dal piano di lavoro occorre introdurre, tra i parametri in “uscita”, l'estrazione di vapore per la produzione di energia elettrica.”

2.17) “Osservazioni sullo Studio dell’Università di Siena (2008) sull’area del Monte Amiata in rapporto allo sfruttamento geotermico”, redatte dai Tecnici della Regione Toscana (dott.ssa Maria Sargentini, Responsabile del Settore Tutela del Territorio e della Costa; dott. Alessandro Marzocchi, Settore Ufficio Tecnico G. C. Area Vasta di Grosseto e Siena; geologo Luigi Micheli, Settore Tutela del Territorio e della Costa):

Il documento smentisce le tesi dell’Università di Siena sull’inesistenza del collegamento tra i due acquiferi e la loro completa separazione, attribuendo esclusivamente alla ricarica meteorica l’abbassamento della superficie della falda. Dopo un’ampia e dettagliata relazione si legge: “... *In conclusione si ritiene che lo studio dell’Università di Siena (almeno per le sezioni 1, 2 e 4 esaminate) non contenga adeguate risposte rispetto ai dichiarati obiettivi di approfondimento per una valutazione dei rischi ambientali connessi alla geotermia, in quanto, in carenza di definizione di un modello geologico della zona, le valutazioni idrogeologiche si sono basate prevalentemente su estrapolazioni di dati incompleti. In base alle conoscenze geologiche sull’Amiata (ed in mancanza nello studio di specifiche obiezioni ad esse) si ritiene quindi che esista un collegamento idraulico tra le falde, mediante le faglie e le fratture, i camini vulcanici ed infine con il contatto diretto tra le vulcaniti e le formazioni della Falda Toscana. Resta pertanto aperta la questione relativa alla definizione dell’ordine di grandezza del collegamento idraulico.*”

2.18) Verbale del Gruppo di Lavoro per il Bilancio Idrico dell’acquifero strategico del Monte Amiata, redatto in occasione della VIA del Piano di riassetto dell’area geotermica di Piancastagnaio. Il verbale evidenzia subito come non sia possibile verificare l’attendibilità della documentazione presentata da ENEL e successivamente mette in luce lacune, contraddizioni e problematiche alle quali non viene data risposta:

“... *Si evidenzia che il SIA (Studio Impatto Ambientale) contiene delle elaborazioni di dati di produzione, reiniezione, livelli piezometrici dei serbatoi geotermici, analisi isotopiche, dati microsismici e di subsidenza selezionati dal Proponente Enel in base ad un criterio di scelta fra tutti i dati disponibili non verificabile....*”

Vengono di seguito riportate alcune parti del verbale:

“... Quanto affermato nel SIA è in netto contrasto con gli studi 1, 2 e 3 citati in bibliografia, che sulla base di un approccio multidisciplinare indicavano invece proprio nel vulcano la ricarica dei serbatoi geotermici. Il SIA nel suo complesso ritiene non più valide le conclusioni dei suddetti studi senza partire da un riesame globale dei dati...”

“l’assetto geologico-strutturale dell’area in esame è più compatibile con una separazione parziale ed incompleta per i seguenti motivi:

1°: l’orizzonte di “Liguridi” interposto non è continuo e comunque la sua permeabilità è definibile come medio-bassa, in ogni caso non è nulla;

2°: nella zona mineraria di Abbadia S.S. (studio 14 in bibliografia) le rocce dell’acquifero presente nelle vulcaniti sono in diretto contatto con le rocce della Falda che ospita l’acquifero geotermico;

3°: i camini vulcanici attraversano entrambi gli acquiferi e sono allineati lungo una faglia transtensiva attiva e di rilevanza crostale (Studi 9 e 13 in bibliografia);

4°: il piezometro regionale ha indicato che l’ammasso vulcanico è interessato da una fatturazione estensiva e da faglie. Particolarmente significativa la struttura di faglia diretta intercettata alla profondità di 400 metri con direzione circa est-ovest e immersione verso nord”...

... “Si segnala inoltre che il monitoraggio in corso da ARPAT relativo alla presenza dell’arsenico nelle sorgenti, sembra indicare un recente incremento di questo elemento. **Lo studio 7 in bibliografia riporta una concentrazione di arsenico nella principale captazione acquedottistica dell’Amiata (Santa Fiora) di 10,70 microgrammi/litro. Ciò potrebbe essere interpretato anche come una risalita di fluidi profondi nella falda superficiale ...**

*Era stato richiesto inoltre uno studio di tipo storico-catastale, per verificare indicazioni di impoverimento o scomparsa di acque correnti superficiali e di sorgenti nel centro della montagna, nonché crisi di acquedotti locali come riportato da testimonianze locali. **Tale studio non è stato presentato...***

3 - AUMENTO DELLA CONCENTRAZIONE DI ARSENICO NELLE ACQUE DESTINATE AL CONSUMO UMANO

Dagli inizi degli anni 2000 si è registrato un **aumento della concentrazione di arsenico nelle acque** che in alcune sorgenti dell'Amiata ha ormai superato il limite fissato dalla legge in 10 microgrammi per litro, rendendole non più potabili.

Per sei anni, dal 2003 al 2009, sono state richieste deroghe al superamento del valore limite; oggi per alcune sorgenti vengono praticate operazioni di miscelamento con altre acque in cui la presenza di questo inquinante è minore, ed in alcuni casi sono state installate apparecchiature per abbattere parte dell'inquinante.

La forte presenza di arsenico nelle acque delle aree geotermiche tradizionali della Toscana è documentata anche nel volume **“L'arsenico nelle acque destinate al consumo umano”**, a cura di O. Conio e R. Porro (F. Angeli, 2004), dove a pag. 86 si legge: “... Nel 1975, nelle sorgenti dell'acquedotto di Castelnuovo Val Cecina (Pisa), le concentrazioni di arsenico hanno superato i 50 µg/l. Attualmente, il servizio idrico eroga acque miscelate da varie sorgenti, con livelli dig/l. Attualmente, il servizio idrico eroga acque miscelate da varie sorgenti, con livelli di arsenico di poco inferiori a 50 µg/l. Attualmente, il servizio idrico eroga acque miscelate da varie sorgenti, con livelli dig/l. Nelle fonti dell'acquedotto Carlina (Comuni di Volterra e Pomarance) l'arsenico ha raggiunto valori simili...”.

3.1) A partire dal 2006 esistono documenti ufficiali in cui si rileva l'aumento di arsenico anche nella principale captazione acquedottistica dell'Amiata, le sorgenti del Fiora (circa 650 l/s). Questo è quanto osserva l'**Acquedotto del Fiora** in data 9.02.2006, prot. 2464, relativamente alla VIA per la costruzione di Bagnore 4:

“... Il progetto sottoposto a VIA, infatti, costituisce elemento di viva preoccupazione per le eventuali interferenze, anche nel lungo termine, con le caratteristiche qualitative della risorsa idrica effluente dalle sorgenti del Fiora che permettono l'approvvigionamento idropotabile della Provincia di Grosseto; in particolare, tale preoccupazione riguarda il tenore di arsenico della risorsa che ha mostrato un sensibile aumento negli ultimi anni...”

E ancora nell'Istruttoria Tecnica si legge: ***“... tale preoccupazione nasce innanzitutto dall'aumento tendenziale del tenore in Arsenico nella risorsa effluente nelle sorgenti di Santa Fiora, come mostrato nel grafico allegato costruito sulla base delle analisi regolarmente seguite da questa azienda. Come è noto, l'Arsenico è uno degli elementi che caratterizzano i fluidi geotermici dell'intera area e di quelle limitrofe (campo geotermico di Larderello).***

D'altra parte, secondo le conoscenze attualmente in nostro possesso, non ci sono elementi che indicano inequivocabilmente una derivazione dell'Arsenico dalle interazioni acqua – roccia costituente l'acquifero. Viceversa, l'analisi chimica condotta su un campione di roccia vulcanica prelevato all'interno di una galleria drenante indica un contenuto in Arsenico piuttosto basso che difficilmente riesce a giustificare i contenuti rilevati nella risorsa...”

3.2) In un documento di ARPAT del Febbraio 2007, **“L'Acquifero del Monte Amiata. Analisi dei dati relativi al monitoraggio nel periodo 2002-2006 con particolare riferimento alla presenza di arsenico”**, a cura di A. Becatti e D. Giannerini, è scritto:

- pag.7: ***“... Da notare, sotto l'aspetto strutturale, la presenza di due faglie principali, ben visibili anche dalle foto aeree (Fig.2-3): una con direzione SW-NE e l'altra, ortogonale, interseca la prima in corrispondenza della Montagnola. Lungo queste faglie si trovano i camini vulcanici...”***

- pag.39: "... **Concentrazioni di arsenico più elevate** sono state riscontrate sui punti di monitoraggio ubicati in una **fascia centrale, disposta orientativamente SW-NE** (pozzi Acqua Gialla e Pian dei Renai, sorgenti Crognolo ed Ente), mentre valori inferiori al limite di 10 µg/l. Attualmente, il servizio idrico eroga acque miscelate da varie sorgenti, con livelli dig./l. si riscontrano al margine settentrionale dell'acquifero (sorgenti Ermicciolo e Burlana)...".

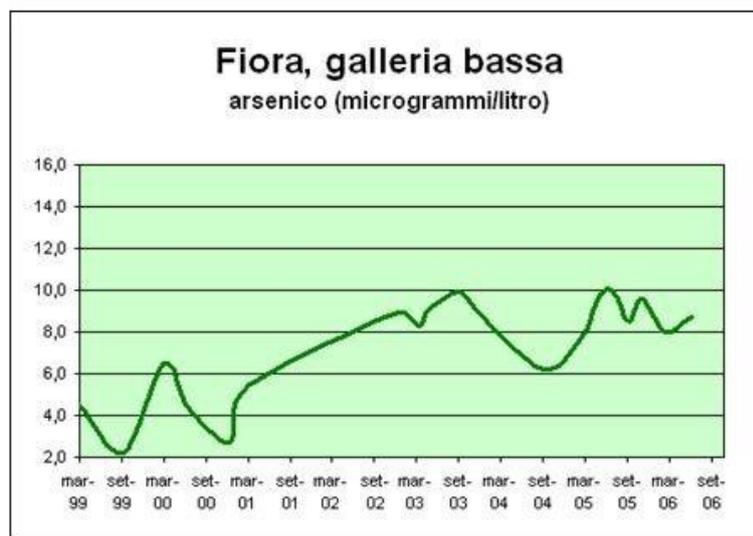
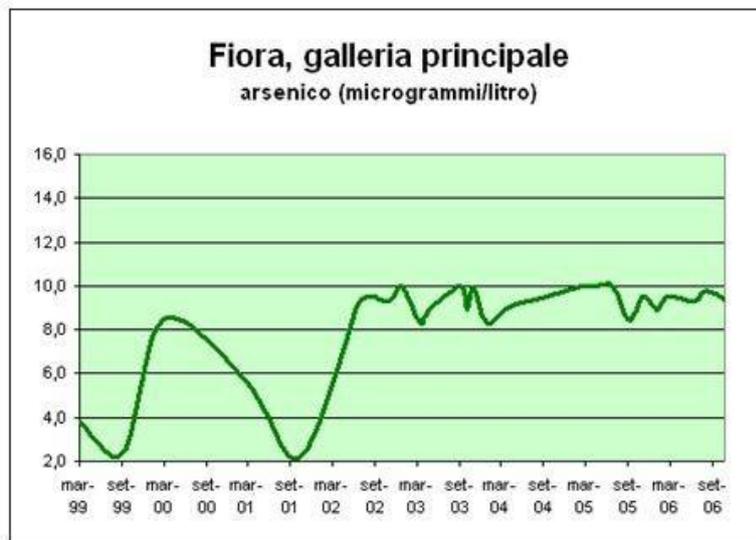
Da questo documento appare chiaro come **le concentrazioni di arsenico risultino maggiori in corrispondenza della faglia principale con direzione SW-NE e dei camini vulcanici**; è infatti in corrispondenza di queste fratture che si creano le condizioni più favorevoli per la risalita dei vapori provenienti dall'acquifero confinato e quindi le interferenze tra i due acquiferi.

ARPAT poi scrive: "... *Alla luce dei risultati fin qui conseguiti e tenuto conto della strategicità della risorsa di cui trattasi, si ritiene comunque necessario approfondire le conoscenze riguardo alle origini e ai trend evolutivi del contenuto in arsenico dell'acquifero del Monte Amiata...*".

3.3) L'USL 9 – Zona 3 - Amiata grossetana - Dipartimento della Prevenzione, Arcidosso -, in una nota del 24.04.2007, prot. 308 indirizzata al Comitato per la salvaguardia dell'Ambiente Amiata Ovest, trasmette i dati analitici delle acque potabili, relativi al parametro "arsenico" per i Comuni di Castel del Piano, Arcidosso e Santa Fiora, nel periodo 1999/2006.

Dai grafici si può osservare che nel 1999, **in ben quattro importanti sorgenti del grossetano la presenza di arsenico era molto modesta**, risultando infatti compresa fra 1,5 e 4 µg./g./ l., quindi notevolmente al di sotto della soglia di 10 microgrammi fissata dalla CEE; poi negli anni successivi **subisce una costante crescita e nelle sorgenti Ente e Crognolo raggiunge valori fra 12 e 15 µg./l. g./l.**





Le acque di queste sorgenti, prima di essere immesse nella rete di distribuzione vengono ora miscelate con altre acque con minore contenuto di arsenico o l'inquinante viene in parte abbattuto con appositi impianti.

3.4) Nel Monitoraggio ARPAT anni 1999-2010, valutazioni sui trend per i parametri maggiormente significativi (Luglio 2010), relativamente all'arsenico si segnalano le tabelle e le figure di cui alle pagg. 6, 12, 13, 24 che si riferiscono al monitoraggio delle sorgenti Galleria Bassa e Galleria Alta – Santa Fiora e al monitoraggio della sorgente ENTE – Arcidosso.

ARPAT nella sua relazione riporta tre grafici (figure 1, 7, 13) dove si può vedere l'andamento dei valori di arsenico nel tempo e dove è possibile constatare l'aumento di questo inquinante dal 1999 al 2010.

4 - NUOVA NORMATIVA SUI MATERIALI RADIOATTIVI

La nuova normativa italiana, secondo il D. Lgs.31 luglio 2020 n. 101 entrato in vigore il 27 agosto 2020, prevede che **gli impianti di produzione di energia geotermica (impianti di alta e media entalpia)**, con particolare riguardo alla manutenzione dell'impianto, producono rifiuti denominati TENORM (Technological Enhanced Naturally Occurring Radioactive Materials), cioè materiali radioattivi di origine naturale ma concentrati tecnologicamente.

Il decreto legislativo è di recepimento della Direttiva 59/2013/Euratom dal titolo” *Attuazione della direttiva 2013/59/Euratom, che stabilisce norme fondamentali di sicurezza relative alla protezione contro i pericoli derivanti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti, e che abroga le direttive 89/618/Euratom, 90/641/Euratom,96/29/Euratom, 97/43/Euratom e 2003/122/Euratom e riordino della normativa di settore in attuazione dell'articolo 20, comma 1, lettera a), della legge 4 ottobre 2019, n. 117. (20G00121)*”.

Dal punto di vista energetico vengono enucleate, secondo i dati pubblicati da ISPRA e MATTM tutte le industrie che usano combustibili “sporchi” (carbone, petrolio, gas naturale, **geotermia** (da pag.113- a pag.126).

In pratica questi rifiuti possono essere prodotti durante lo scavo dei pozzi e le prove di produzione, oltre ad accumulo nei filtri e nelle incrostazioni. Si parla di varie tonnellate a MWe nella vita di un impianto. I costi di smaltimento di questi rifiuti sono altissimi, quando l'Italia non ha ancora un deposito nazionale di tali rifiuti.

Nella tabella II i settori industriali coinvolti:

Tabella II-1 Settori industriali "NORM" Settori industriali Classi o tipi di pratiche Centrali elettriche a carbone manutenzione di caldaie Estrazione di minerali diversi dal minerale di uranio estrazione di granitoidi, quali graniti, sienite e ortogneiss, porfidi, tufo, pozzolana, lava, basalto Industria dello zirconio e dello zirconio Lavorazione delle sabbie zirconifere produzione di refrattari, ceramiche, piastrelle produzione di ossido di zirconio e zirconio metallico Lavorazione di minerali e produzione primaria di ferro Estrazione di terre rare da monazite; estrazione di stagno; estrazione di piombo; estrazione di rame; estrazione di ferro- niobio da pirocloro; estrazione di alluminio da bauxite; lavorazione del minerale niobite-tantalite utilizzo del cloruro di potassio come additivo nella estrazione dei metalli tramite fusione Lavorazioni di minerali fosfatici e potassici produzione di fosforo con processo termico; produzione di acido fosforico; produzione e commercio all'ingrosso di fertilizzanti fosfatici e potassici produzione e commercio all'ingrosso di cloruro di potassio Produzione del pigmento TiO2 gestione e manutenzione degli impianti di produzione del pigmento biossido di titanio

Produzione di cemento manutenzione di forni per la produzione di clinker
Produzione di composti di torio e fabbricazione di prodotti contenenti torio
produzione di composti di torio e fabbricazione, gestione e conservazione di prodotti contenenti torio, con riferimento a elettrodi per saldatura con torio, componenti ottici contenenti torio, reticelle per lampade a gas
Produzione di energia geotermica impianti di alta e media entalpia, con particolare riguardo alla manutenzione dell'impianto
Produzione di gas e petrolio
estrazione e raffinazione di petrolio ed estrazione di gas, con particolare riguardo alla presenza e rimozione di fanghi e incrostazioni in tubazioni e contenitori
Impianti per la filtrazione delle acque di falda gestione e manutenzione dell'impianto
Cartiere manutenzione delle tubazioni
Lavorazioni di taglio e sabbiatura impianti che utilizzano sabbie o minerali abrasivi

Il Decreto introduce nel nostro paese importanti novità in materia di prevenzione e protezione dalle radiazioni ionizzanti, adeguando la normativa vigente a quanto previsto in sede europea. L'articolo 109 (Obblighi dei datori di lavoro, dirigenti e preposti) dettaglia il contenuto della relazione, redatta dall'esperto di radioprotezione e dettaglia le informazioni che a tal fine il datore di lavoro deve rendere all'Esperto in Radioprotezione.

Viene stabilito, in conformità con la disciplina generale di tutela di salute e sicurezza nei luoghi di lavoro, che la relazione redatta dall'Esperto in Radioprotezione costituisce il documento di cui all'articolo 28, comma 2, lettera a), del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81, per gli aspetti relativi ai rischi di esposizione alle radiazioni ionizzanti ed è munita di data certa o attestata dalla sottoscrizione del documento medesimo da parte del datore di lavoro, nonché, ai soli fini della prova della data, dalla sottoscrizione del rappresentante dei lavoratori per la sicurezza o rappresentante dei lavoratori per la sicurezza territoriale e dal medico autorizzato.

Le centrali geotermiche flash e binarie sono contemplate nell'elenco (produzione di energia geotermica impianti di alta e media entalpia, con particolare riguardo alla manutenzione dell'impianto): i residui "non esenti" vanno smaltiti in discariche autorizzate, in possesso di requisiti descritte nella norma all'articolo 26 e con e secondo le modalità di cui all'allegato VII.

Le attività che ricadono nell'ambito di applicazione della norma hanno l'obbligo – entro dodici mesi dall'entrata in vigore del decreto (entro il 27 agosto 2021) o dall'inizio della pratica, di provvedere alle misurazioni delle concentrazioni di attività dei materiali presenti nel ciclo produttivo e nei residui di lavorazione, avvalendosi di organismi riconosciuti. Nel caso in cui i risultati delle misurazioni siano superiori ai livelli di esenzione è necessaria la nomina di un Esperto in Radioprotezione che procederà all'attuazione degli adempimenti di radioprotezione prescritte per la tutela dei lavoratori (art. 22).

Documentazione di riferimento:

16 https://www.portaleagentifisici.it/filemanager/userfiles/IONIZZANTI/DOCUMENTAZIONE/_report_paf_18_08_20_direttiva_euratom.docx.pdf.pdf?lg=IT

17 https://www.isinucleare.it/sites/default/files/contenuto_redazione_isin/censimento_attivita_siti_con_no_rm_e_raccolta_delle_analisi_di_rischio.pdf

5 - QUESTIONI SANITARIE

5.1) Lo Studio Epidemiologico a cura della Fondazione Monasterio (2010)⁶

In sintesi, lo Studio condotto sui Comuni sede di impianti geotermici, ha evidenziato sull'Amiata una grave situazione sanitaria.

I Comuni in esame sono stati raggruppati in due aree distinte: la prima a nord, l'area tradizionale di Larderello e Radicondoli; la seconda a sud nell'Amiata. Come valori normali di riferimento sono stati presi quelli dell'intera popolazione residente in Toscana, che è sufficientemente ampia e per lo più concentrata a nord della regione, lontano dalle zone geotermiche. Inoltre i dati sanitari riscontrati nei Comuni sede di impianto sono stati confrontati anche con quelli relativi all'area limitrofa di riferimento locale, comprendente i comuni collocati entro il raggio di 50 km dalle centrali, aventi caratteristiche socio economiche simili a quelli sede di impianti. Il confronto con i dati relativi a quest'ultima area locale è risultato importante per evidenziare, qualora esistessero, i condizionamenti diversi dall'ambiente specifico dei comuni sede di impianti geotermici, ad esempio legati a fattori di carattere socio-economico.

“Rispetto all'intero contesto regionale, i comuni limitrofi appartengono ad una macroarea geografica sufficientemente ampia, ma più simile all'area di studio. In particolare è ragionevole assumere che le caratteristiche socio-economiche siano sufficientemente omogenee in tutta la macroarea in studio, elemento importante per il controllo del possibile effetto di confondimento dovuto alla condizione socio-economica.” (pag. 68, Sez. B: Analisi dei flussi sanitari correnti)

A pag.162, Paragrafo 6.2 dello Studio: *“Considerazioni sui risultati delle analisi della mortalità”*, analizzando i dati dell'insieme delle due diverse aree geotermiche della Toscana e anche delle singole due sub aree separate, si legge: ***“Negli uomini la mortalità generale osservata nell'intera area geotermica mostra un eccesso statisticamente significativo rispetto sia al riferimento locale sia a quello regionale. Inoltre, emergono eccessi per le malattie respiratorie e tra queste per la pneumoconiosi, per le malattie infettive e tra queste per la tubercolosi. Nelle donne non emergono eccessi statisticamente significativi ad eccezione della cirrosi epatica... Considerando il differenziale geografico Nord-Sud è possibile osservare che la mortalità nelle due sub aree è ben diversificata... nell'area Sud la mortalità generale e per il complesso dei tumori risulta in eccesso negli uomini...”***

Dall'analisi dei dati disaggregati, a pag.82 dello Studio, emerge che nei maschi residenti nei comuni geotermici dell'area dell'Amiata **si registra un eccesso statisticamente significativo della mortalità per tutte le cause del 13%.**

L'eccesso di mortalità nell'area Sud, per i maschi e per tutte le cause di morte (pag. 82), è molto simile sia rispetto all'area di riferimento locale (13,1%), scelta sulla base di caratteri di omogeneità socio economica, sia rispetto all'intera Regione Toscana (13,7%). Tutto ciò significa che sull'Amiata le condizioni ambientali locali incidono negativamente sulla salute ed esclude che le condizioni socio economiche abbiano influenza significativa sull'eccesso di mortalità registrata.

Per tutti i tumori (pag. 89), sono segnalati eccessi del 19% rispetto all'area circostante e del 16% rispetto alla regione. Tra i singoli comuni della zona sud emergono eccessi statisticamente significativi di circa il 30% in tre paesi: Abbadia San Salvatore, Piancastagnaio e Arcidosso (sono i paesi più esposti alle missioni delle centrali per effetti dei venti dominanti).

⁶ Si scarica il lavoro intero da:

<https://www.ars.toscana.it/it/geotermia-e-salute/dati-e-statistiche/1728-progetto-di-ricercaepidemiologica-sulle-popolazioni-residenti-nellintero-bacino-geotermico-toscano-ottobre-.html>

In particolare si segnala l'**Allegato 6** dello Studio *“Risultati statisticamente significativi delle analisi di correlazione geografica tra dati ambientali e dati sanitari”*.

“In questa ultima sezione i 18 comuni geotermici sono stati raggruppati in “terzili”, cioè tre gruppi di sei comuni aggregati in relazione alla concentrazione crescente di inquinanti nella matrice aria, acqua e suolo. Ne sono analizzati gli andamenti, riportando le patologie certamente associate all'inquinante. Da questa analisi sono state individuate 54 relazioni, statisticamente significative, tra incrementi di malattie e concentrazioni crescenti di diversi inquinanti prodotti anche dalle centrali geotermiche.”

5.2) Lo “Studio in Sintesi”⁷ a cura dell'Osservatorio di Epidemiologia dell'Agenzia Regionale di Sanità, direttore dott. Cipriani.

Nelle *conclusioni generali* di questo documento, pretesa sintesi del precedente Studio a cura della Fondazione Monasterio, si legge esattamente l'opposto di quanto è scritto nell'originale: “... gli indizi e le prove raccolti evidenziano un quadro epidemiologico nell'area geotermica rassicurante perchè simile a quello dei comuni limitrofi e non geotermici ed a quello regionale...”.

Inoltre sempre ARS scrive: *“... I risultati complessivi indicano che i maggiori determinanti delle debolezze riscontrate nel profilo della salute dell'area geotermica sono da ricercare soprattutto nelle occupazioni e attività del passato, senza escludere esposizioni più recenti, negli stili di vita individuali, in una modesta componente ambientale naturale...”*.

Queste considerazioni non trovano alcuna conferma nello Studio Epidemiologico dove invece si legge (pag. 162): *“L'uso della mortalità del periodo 2000-2006 come descrittore dello stato di salute della popolazione è ragionevolmente giustificato dal fatto che tale periodo è sufficientemente distante dall'entrata in funzione della maggior parte degli impianti geotermici (anni 80), ed anche in ragione del tempo di induzione-latenza della maggior parte dei tumori e delle malattie croniche. Negli uomini la mortalità generale osservata nell'intera area geotermica mostra un eccesso statisticamente significativo rispetto sia al riferimento locale sia al riferimento regionale.”*

L'aumento statisticamente significativo nel complesso dei tumori registrato nell'area Amiata negli ultimi sette anni presi in considerazione non può essere attribuito ad occupazioni del passato, tenuto conto che l'attività mineraria locale è cessata negli anni settanta.

5.3) G. A. Zapponi⁸: “Valutazioni di massima sull'impatto sulla salute della produzione geotermica nell'area dell'Amiata” (1996)

La prova determinante a smentire che i gravi problemi sanitari presenti in Amiata vadano ricercati *“soprattutto nelle occupazioni e attività del passato”*, come ARS sostiene, è riportata in questa importante relazione:

“1. Alcuni dati di riferimento per la valutazione dello stato di salute della popolazione nell'area geotermica del Monte Amiata.

Un primo esame dei dati ISTAT-ISS relativi alla USL 9040, che include i comuni di Abbadia S. Salvatore, Castiglione d'Orcia, Piancastagnaio, Radicofani, Arcidosso, Castel del Piano, Castell'Azzara, Roccalbegna, Santa Fiora, Seggiano e Semproniano, indica che la mortalità per il triennio 1980-1982, per i maschi di fascia di età tra 0 e 74 anni è stata significativamente inferiore a quella nazionale (412 casi osservati, rispetto all'intervallo di confidenza 95% dei valori attesi su base nazionale, pari a 437-519), e non significativamente diversa da quella regionale (intervallo di confidenza 95% dei valori attesi pari a 355-411) (Fig. 1 e 2).

⁷ La Sintesi dell'ARS si scarica da:

<https://www.ars.toscana.it/it/geotermia-e-salute/dati-e-statistiche/1728-progetto-di-ricercaepidemiologica-sulle-popolazioni-residenti-nellintero-bacino-geotermico-toscano-ottobre2010.html>

⁸ G. Zapponi, Valutazione di massima sull'impatto della salute della produzione di energia geotermica nell'area dell'Amiata, Ed. L.A.R.E.S. Comune di Piancastagnaio, 1996.

Per quanto concerne la popolazione femminile, in particolare per le classi di età da 0 a 74 anni, non appaiono secondo la pubblicazione citata, differenze di rilievo con la situazione regionale e nazionale.

I dati relativi all'intero arco di vita (tutte le età) indicano una mortalità sensibilmente inferiore a quella nazionale. Sempre relativamente alla popolazione femminile, il tasso di mortalità per le varie cause non appare sostanzialmente diverso da quello regionale e nazionale. ...

“Per quanto concerne la popolazione maschile, la mortalità per la categoria generale “Tumori” risulta significativamente inferiore a quella attesa su base regionale ed al limite inferiore di quella attesa a livello nazionale (129 casi, rispetto all'intervallo di confidenza 95% atteso su base regionale e nazionale, rispettivamente pari a 136 – 185 e pari a 129 – 177). Per quanto concerne la specifica categoria dei tumori maligni della trachea, dei bronchi e dei polmoni i dati di mortalità risultano essere pari al limite inferiore dell'intervallo di confidenza dei valori attesi sia su base regionale che nazionale (36 casi osservati, rispetto all'intervallo di confidenza 95% dei valori attesi su base regionale e nazionale, in entrambi i casi pari a 36-63).

Per quanto concerne la categoria generale “Malattie del sistema circolatorio”, la mortalità maschile appare non significativamente diversa da quella regionale e significativamente inferiore a quella nazionale (135 casi, rispetto all'intervallo di incidenza 95% dei valori attesi su base regionale e nazionale, rispettivamente pari a 131 -180 e 154 -180).

Risultano non significativamente diversi da quelli nazionali, anche se superiori a quelli regionali, i dati di mortalità dei maschi relativi alle categorie “malattie dell'apparato digerente” e “cirrosi ed altre malattie del fegato. Per quanto concerne la popolazione femminile, i dati relativi a “malattie dell'apparato digerente” e “cirrosi ed altre malattie del fegato” sono sovrapponibili a quelli regionali e nazionali.

Per la categoria “malattie respiratorie” (che non include i tumori) i valori relativi all'area in oggetto per la popolazione maschile sono superiori a quelli regionali, e leggermente superiori a quelli nazionali. Questo ultimo dato, che potrebbe in qualche modo correlarsi all'attività in miniera della popolazione maschile, necessita tuttavia di essere esaminato in maggior dettaglio, in quanto si discosta molto poco dal limite di confidenza dei valori attesi su base nazionale. ...

I dati di mortalità relativi all'intero arco di vita (da 0 a 75 anni ed oltre) appaiono in accordo con quanto verificato per i dati relativi alla fascia d'età tra 0 e 75 anni. ...

L'esame di questi dati consente di formulare alcune conclusioni, sia pure a carattere preliminare.

In primo luogo, considerando che i dati sulla mortalità per tutte le cause per la popolazione maschile indicano nell'area in esame tassi significativamente inferiori a quelli nazionali, e che i dati relativi alla categoria “tumori” indicano tassi inferiori sia a quelli regionali che nazionali, il quadro generale che emerge appare positivo. ...

L'analisi tuttora in corso di dati più recenti, che consentono di aggiornare queste valutazioni al 1987, appare confermare sostanzialmente queste considerazioni”.

Abbiamo ritenuto utile citare in maniera estesa i dati contenuti in questo documento in quanto di indubbia attendibilità, tenuto conto delle fonti di provenienza: ISTAT-Istituto Superiore di Sanità. Ci auguriamo che questo lavoro consenta di chiarire in maniera definitiva che le attività pregresse non sono la causa della grave situazione sanitaria emersa in Amiata dallo Studio Epidemiologico del 2010, anzi potremmo affermare l'esatto contrario. Infatti dai dati sulle mortalità riportati da Zapponi, benchè ancora influenzati dall'attività mineraria ed estrattiva del mercurio, dismessa negli anni 70, emerge un quadro sanitario positivo:

In Amiata, nel triennio 1980-1982, le morti erano in linea e addirittura inferiori rispetto alla media regionale e nazionale.

5.4) I risultati di due studi ⁹condotti da ricercatori islandesi sugli effetti delle emissioni di H₂S

Nel maggio del 2016 sono stati resi noti due lavori di studiosi islandesi che hanno indagato riguardo agli effetti delle emissioni, in particolare dell'H₂S, sulle popolazioni residenti in prossimità di centrali geotermiche o in aree interessate da fenomeni emissivi naturali.

Il primo studio¹⁰ ha interessato per il periodo 2007-2014, l'area metropolitana di Reykjavik, la cui principale fonte di **esposizione a H₂S è determinata da una centrale posta a 26 Km di distanza dal centro città**. Anzichè esprimere delle nostre valutazioni su questi studi, ci è sembrato più interessante riportare alcune parti delle valutazioni espresse dall'Agenzia Regionale di Sanità:

“... Come effetti sanitari acuti delle oscillazioni giornaliere di H₂S, sono stati considerati i ricoveri giornalieri e gli accessi al pronto soccorso della popolazione causati da malattie cardiache, in particolare quelle ischemiche, l'arresto cardiaco, le aritmia e lo scompenso, da malattie respiratorie, in particolare quelle infettive delle basse vie respiratorie, e l'insufficienza respiratoria e dall'ictus. ... Le concentrazioni medie giornaliere di H₂S stimate per i 5 settori oscillano da un minimo di 3,02 ug/m³ ad un massimo di 4,04 ug/m³. Complessivamente il 75% dei valori stimati sono inferiori ai 5 ug/m³. Il valore più elevato riscontrato è di 69,5 ug/m³. Si tratta quindi di valori medi giornalieri di H₂S piuttosto bassi, abbastanza simili a quelli misurati dalle centraline nelle aree geotermiche toscane. Il numero totale di eventi sanitari in analisi è di 32.961 visite urgenti, sostenute da pazienti con età media di 70 anni. Il modello statistico, che tiene conto anche di età, genere, stagionalità, esposizione al traffico, distanza dalla centrale geotermica e temperatura, mostra una associazione significativa tra i valori di H₂S superiori a 7 ug/m³ ed il numero di viste urgenti per malattie cardiache.” ...

Il secondo studio¹¹ prendeva in esame gli effetti cancerogeni dell'esposizione ai vapori geotermici. **Il lavoro è durato dal 1981 fino al 2013 ed è stato condotto su tutti i residenti in Islanda tra i 5 e i 65 anni**, distribuiti in tre gruppi e facendo riferimento sia alla diversa esposizione alla fonte emissiva, sia alla durata dell'esposizione, misurata in base agli anni di residenza.

E' stato anche analizzata la differenza di incidenza fra gli esposti e i non esposti, correggendo per altri fattori di rischio quali l'età, lo stato socio economico, l'abitudine al fumo e altri fattori, compresi alcuni di tipo genetico.

Si tratta indubbiamente di uno studio fondato, se consideriamo che è durato 32 anni e che ha interessato la popolazione di un intero paese tra i 5 e i 65 anni.

I risultati hanno mostrato che nel tempo i residenti nell'area geotermica, rispetto a chi vive nelle aree di riferimento, sono andati incontro ad una maggiore incidenza di tumori, in particolare del pancreas, della mammella, della prostata, dell'apparato emolinfopoietico, di linfoma non Hodgking e di carcinoma basocellulare.

E' stato evidenziato un effetto dose risposta nell'incidenza del cancro, sia in relazione con la durata dell'esposizione (numero di anni residenza) nella zona geotermica, sia con il grading di attività geotermica nelle zone di riferimento.

5.5) Il Progetto InVetta a cura di ARS Toscana

⁹Si scaricano da: <https://journals.plos.org/plosone/>

¹⁰Adalbjorg Kristbjornsdottir, Thor Aspelund, Vilhjalmur Rafnsson “Association of Cancer Incidence and Duration of Residence in Geothermal Heating Area in Iceland: An Extended Follow-Up” in journals.plos.

¹¹Ragnhildur Gudrun Finnbjornsdottir, Hanne Krage Carlsen, Throstur Thorsteinsson, Anna Oudin, Sigrun Helga Lund, Thorarinn Gislason, Vilhjalmur Rafnsson “Association between Daily Hydrogen Sulfide Exposure and Incidence of Emergency Hospital Visits: A Population-Based Study” in journals.plos.

Lo scopo del nuovo studio¹² epidemiologico, che dovrebbe interessare 2000 cittadini residenti nei sei comuni amiatini di Abbadia San Salvatore, Piancastagnaio, Castell'Azzara, Santa Fiora, Arcidosso e Castel del Piano, è quello di approfondire ulteriormente i risultati scaturiti dalla prima indagine del 2010 del CNR, Istituto Monasterio che, nonostante avesse messo in evidenza gravi carenze nello stato di salute della popolazione, era stata utilizzata per dichiarare che esse non avevano alcuna connessione con lo sfruttamento geotermico e che pertanto, dal punto di vista sanitario, poteva essere autorizzata la costruzione della nuova Centrale Bagnore 4.

Di fronte all'evidente errore di questa conclusione, ai dati drammatici riportati nella valutazione dell'originario Studi Epidemiologico del 2010 sullo stato di salute degli abitanti dei comuni geotermici dell'Amiata ed alle proteste dei Comitati ambientalisti, la Regione ha deciso di finanziare direttamente ad ARS una nuova ricerca, lo Studio INVETTA appunto.

A nostro parere si tratta di un'ulteriore perdita di tempo e denaro, in quanto i dati a disposizione consentirebbero a chi di dovere di prendere finalmente atto di una situazione non sostenibile e di adottare le decisioni conseguenti, prima fra tutte la chiusura immediata delle centrali ENEL che scaricano quotidianamente in atmosfera tonnellate di inquinanti dannosi per la salute e per l'ambiente. E c'è veramente da chiedersi con quale coraggio si intenda procedere alla costruzione di una nuova centrale, PC6, nel territorio di Piancastagnaio, per la quale è stata avviata la procedura di Valutazione di Impatto Ambientale!

Comunque, il 23 Aprile 2018, ad Arcidosso, sono stati presentati i primi risultati dell'indagine INVETTA. Dopo l'introduzione del Dott. Voller, che ha spiegato le modalità di svolgimento e la situazione raggiunta al momento (evidenziando da una parte la scarsa adesione dei cittadini individuati in base al metodo scientifico di costruzione del campione, e dall'altra la partecipazione entusiasta dei "volontari"), la Dott.ssa Aprea ha iniziato ad illustrare con una serie di slides sui risultati ottenuti, in generale e differenziati per comune di residenza, alcune delle quali vengono riportate di seguito:

elemento	n analisi	superamenti 95°P SIVR (N)	superamenti 95°P SIVR (%)	superamento criteri richiamata (N)	superamento criteri richiamata (%)
Arsenico urina	737	66	9.0	3	0.41
Mercurio sangue	637	191	30	7	1.10
Mercurio urina	738	7	0.95	0	0.00
Antimonio urina	738	74	10	1	0.14
Berillio urina	738				0.00
Cadmio urina	738	114	15	0	0.00
Cobalto urina	738	64	8.7	0	0.00
Cromo urina	738	73	9.9	0	0.00
Manganese urina	738	46	6.2	6	0.81
Nichel urina	738	88	12	0	0.00
Tallio urina	738	222	30	15	2.03
Vanadio urina	738	0	0.0	0	0.00

¹² La presentazione si scarica dal sito ARS:

https://www.ars.toscana.it/images/determinanti_salute/news/Invetta_Petri_16.10.2018.pdf

PROVINCIA DI GROSSETO				
	Arcidosso (N ANALISI = 137)		Castel del Piano (N ANALISI = 73)	
	superamenti 95°P SIVR (N)	superamenti 95°P SIVR (%)	superamenti 95°P SIVR (N)	superamenti 95°P SIVR (%)
Arsenico urina	10	7.30	8	10.96
Mercurio sangue	43	31.39	18	24.66
Mercurio urina	2	1.46	2	2.74
Antimonio urina	15	10.95	8	10.96
Cadmio urina	27	19.71	12	16.44
Cobalto urina	12	8.76	5	6.85
Cromo urina	18	13.14	7	9.59
Manganese urina	9	6.57	5	6.85
Nichel urina	24	17.52	8	10.96
Tallio urina	42	30.66	24	32.88
Vanadio urina	0	0.00	0	0.00

PROVINCIA DI GROSSETO				
	Castell'azzara (N ANALISI = 71)		Santa Fiora (N ANALISI = 96)	
	superamenti 95°P SIVR (N)	superamenti 95°P SIVR (%)	superamenti 95°P SIVR (N)	superamenti 95°P SIVR (%)
Arsenico urina	2	2.82	14	14.58
Mercurio sangue	13	18.31	24	25.00
Mercurio urina	0	0.00	1	1.04
Antimonio urina	5	7.04	13	13.54
Cadmio urina	8	11.27	17	17.71
Cobalto urina	7	9.86	4	4.17
Cromo urina	6	8.45	6	6.25
Manganese urina	2	2.82	9	9.38
Nichel urina	8	11.27	8	8.33
Tallio urina	18	25.35	37	38.54
Vanadio urina	0	0	0	0

Si segnala che nelle tabelle sopra riportate i dati emergenti dal campione sono stati confrontati con i dati elaborati dalla Società Italiana Valori di Riferimento (SIVR), che fornisce i dati calcolati su tutta la popolazione italiana. Tuttavia la segnalazione dei superamenti in valore assoluto N e in % dei valori dell'Amiata **non sono stati calcolati sul valore medio nazionale di SIVR, che scaturisce dalla distribuzione del 100% dei casi nazionali**, bensì sono stati calcolati solamente quei casi in cui si è superato il valore registrato dal 95° percentile del valore nazionale SIVR. **Ovvero sono segnalati solo quei casi in cui il valore misurato in Amiata supera il valore nazionale che si colloca nella serie crescente al 95°/100 posto, quindi tra i più elevati.**

Ciò nonostante si evidenziano, rispetto a tali Valori di Riferimento SIVR (95°percentile), percentuali costantemente superiori per i vari inquinanti, che vanno dal +1% per il “Mercurio nell’urina” al +30% per il “Mercurio nel sangue” ed per il “Tallio nell’urina”. come spiega la Dott.ssa Aprea, possiamo affermare che *“in questo caso esiste una fonte di inquinamento che interessa tutta l’area (popolazione amiatina)”*.

Nella tabella che riguarda i comuni del versante grossetano si osserva per gli abitanti di Santa Fiora una percentuale di superamento dei suddetti Valori di Riferimento (95°percentile SIVR) prossima al 15% per l’Arsenico nell’urina, del 25% per il Mercurio nel sangue e addirittura del 38,5% del Tallio nell’urina.

Questo che segue, invece, è il confronto¹³ tra i rispettivi valori della media geometrica tra il dato nazionale SIVR e quello della popolazione dell’Amiata scaturito dalle analisi InVetta:

¹³ Dalla diapositiva 16 scaricabile dal sito

ARS:https://www.ars.toscana.it/images/determinanti_salute/news/Invetta_Petri_16.10.2018.pdf

	Media geometrica SIVR 2017	Media geometrica InVetta
Arsenico (As)	4.0	7.44
Mercurio ematico (Hg)	1.2	3.4
Mercurio urinario (Hg)	1.5	1.0
Cadmio (Cd)	0.255	0.432
Cobalto (Co)	0.432	0.85
Manganese (Mn)	0.289	0.311
Nichel (Ni)	1.47	2.15
Tallio (Tl)	0.203	0.472
Vanadio (V)	0.096	0.033

Al momento non abbiamo elementi per affermare se ed in quale misura la situazione di **evidente emergenza, dimostrata dalla presenza di metalli in quantità significativamente superiore ai valori di riferimento nell'organismo di tanti amiatini**, possa essere attribuita alle emissioni geotermiche, anche se numerosi inquinanti (arsenico, mercurio, antimonio, manganese) sono ampiamente presenti nei fluidi liberati dalle centrali geotermiche dell'Amiata. Tutto ciò, comunque, non fa altro che aumentare la nostra preoccupazione.
