

Programma Operativo Nazionale *Governance e Azioni di Sistema* (PON GAS 2007-13)

Azione 7B - "Supporto ai processi di valutazione ambientale"

Modulo di sviluppo delle competenze

**Approfondimenti tecnico-metodologici per lo svolgimento di procedure di
VIA relative a
progetti di utilizzo di risorse naturali e del ciclo integrato dei rifiuti**

Napoli, 8-9-21-22-23 ottobre 2014

Centrali geotermoelettriche: tecnologie, impatti, mitigazioni, modalità di controllo

Marco Pellegrini (ARPAT)

Primo modulo:

Situazione della geotermia in Toscana (numero e dimensione delle CGTE, tecnologia utilizzata per la produzione di energia elettrica, caratteristiche del fluido geotermico nei vari bacini).

Semplici elementi introduttivi sui bacini geotermici, influenza delle caratteristiche del bacino geotermico sul fluido geotermico e ricadute sulle tecnologie da utilizzare e sugli impatti ambientali.

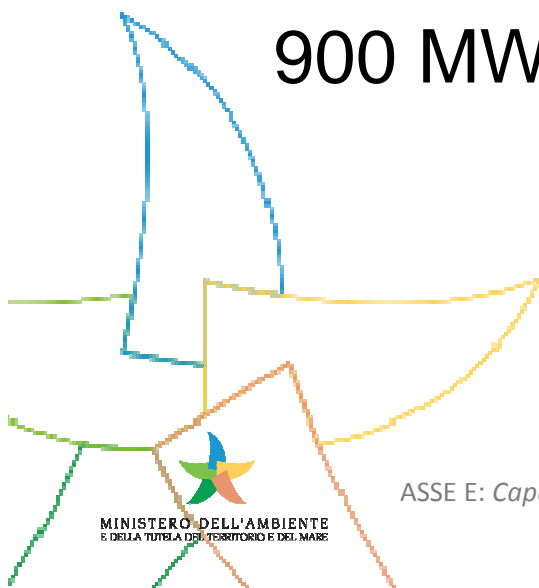


Toscana culla della geotermia

Primo impianto di generazione nel 1913 a Larderello

Ad oggi 35 centrali geotermoelettriche

900 MW di potenza installata



Attività geotermoelettrica in Toscana

L'energia prodotta attraverso la coltivazione dei fluidi geotermici, nel 2012, ha coperto il 26% del fabbisogno totale regionale

Energia ceduta in rete > 5 600 GW

Consumo di vapore > 45 milioni di t

8 kg di vapore per KWh

Potenza installata = 882 MW/h



34 centrali attive dislocate nelle aree territoriali:

Area Tradizionale Colline Metallifere (AGE Larderello - Radicondoli - Lago)

30 Centrali

Area amiatina (AGE Piancastagnaio)

4 Centrali (+1 attualmente in costruzione)

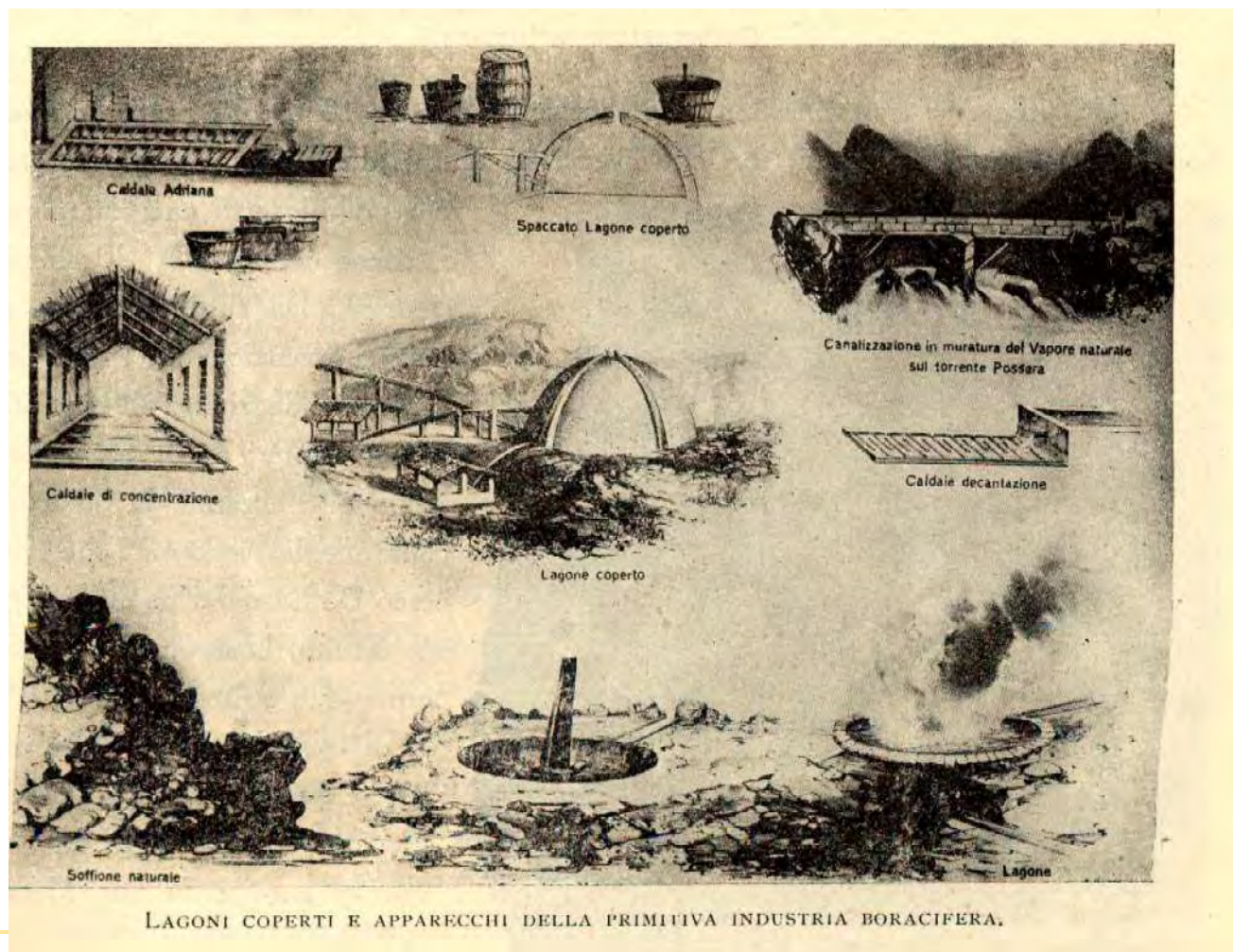
Tutto comincia nella valle dell'inferno

François Jacques de Larderel nel 1818 mise a punto la tecnica per la raccolta del vapore emesso dai lagoni e la sua messa in pressione. Il vapore veniva poi utilizzato per alimentare delle caldaie di evaporazione necessarie per estrarre l'acido borico dai fanghi naturali ricchi di sostanze boriche nel 1833 furono effettuati i primi carotaggi che permisero di aumentare la quantità di vapore estratto.

Larderello area di manifestazioni geotermiche naturali



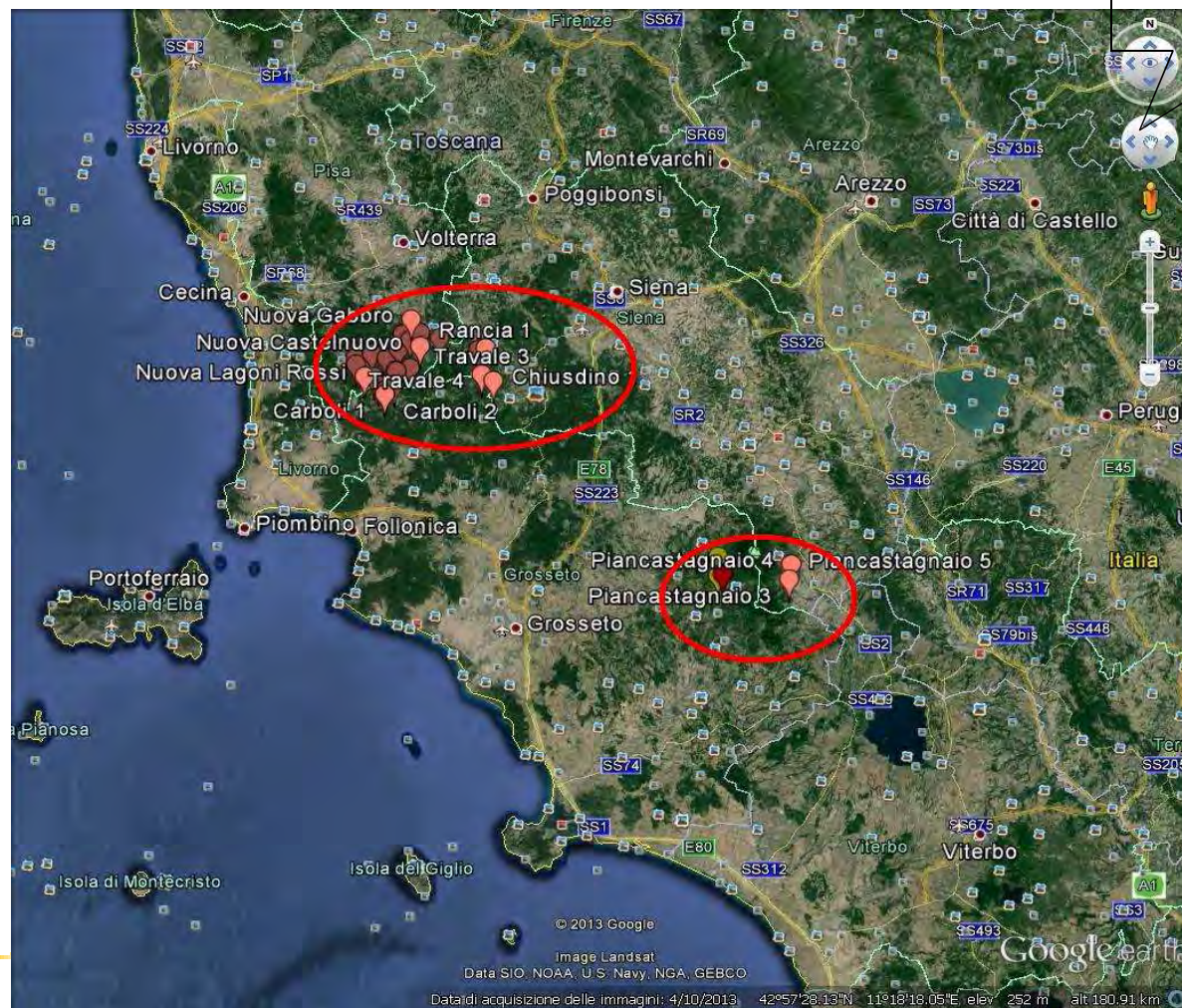
I lagoni coperti



Nel 1904 si accendono le prime lampadine



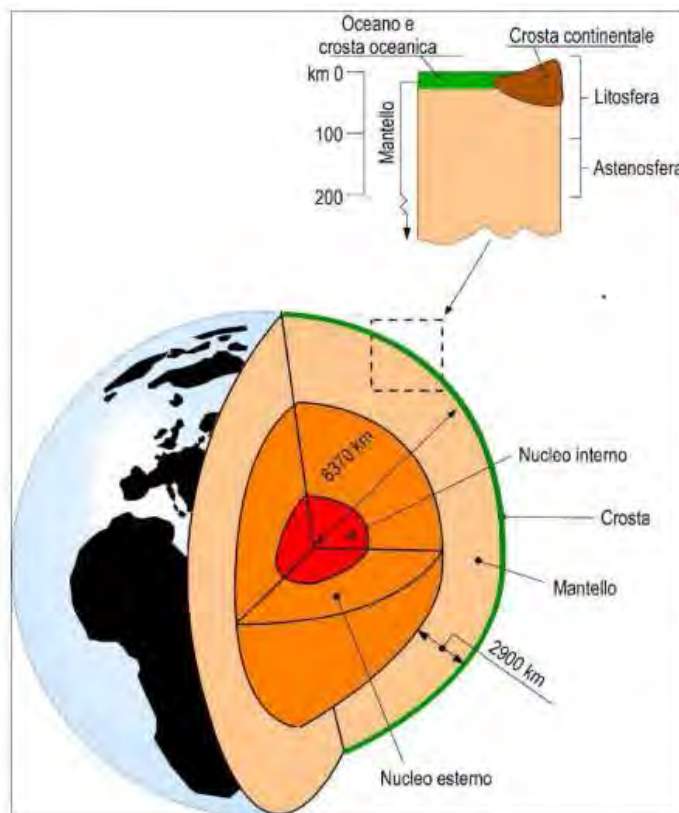
Contesto territoriale



Aree Geotermiche (AGE)
Larderello
Radicondoli
Lago
(Prov. GR-PI-SI)

Area Geotermica (AGE)
Piancastagnaio
(Prov. GR-SI)

Il gradiente geotermico



La temperatura nel sottosuolo cresce con la profondità. Mediamente si osserva un **incremento della temperatura** pari a:

$$\Delta t \approx 25 \div 35 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{km}}$$

Il flusso termico può variare dai circa **65 mW/m²** (aree continentali) a quasi **101 mW/m²** (aree oceaniche) in funzione delle caratteristiche termiche degli strati sotterranei

Cosa sono i campi geotermici

Le zone caratterizzate da un elevato e anomalo flusso di calore sono quelle dove è maggiore la liberazione di energia dal sottosuolo, tuttavia per poter utilizzare questa fonte energetica oltre alle rocce calde occorre un altro ingrediente fondamentale: l'**acqua**.

L'acqua, a contatto con le rocce calde nel sottosuolo, si riscalda e, se le condizioni di temperatura e pressione lo permettono, può anche passare allo stato di vapore. Per comprendere i fenomeni in queste zone anormalmente calde, occorre ricordare che la temperatura alla quale l'acqua si trasforma in vapore dipende dalla pressione: alla pressione di 1 atmosfera (atm), la temperatura di vaporizzazione, come ben sappiamo, è di 100° C, ma a 10 atm (corrispondenti alla pressione di una colonna di 100 m di acqua, o di circa 30 m di roccia), sale a 180° C. In questo modo, quindi, le pressioni elevate mantengono l'acqua allo stato liquido anche a temperature molto più elevate dei 100° C ai quali siamo abituati ad associare l'acqua che bolle nella pentola!

Le aree dove un elevato flusso di calore riscalda le acque sotterranee si dicono **campi geotermici** e in genere vengono distinti in **sistemi geotermici ad alta e bassa temperatura** (detti anche sistemi ad alta e bassa entalpia). Sono queste le aree dove è possibile, con opportune tecnologie, sfruttare l'energia naturale della Terra per produrre energia elettrica, per il riscaldamento domestico e per diversi altri usi industriali: un'energia tutto sommato a buon mercato, quasi inesauribile e anche relativamente pulita. Purtroppo, i campi geotermici in grado di produrre una buona quantità di energia non sono molti, nel mondo.

Com'è fatto un campo geotermico?

I sistemi geotermici somigliano un po', nella loro struttura, alle trappole per idrocarburi e anche le tecniche per individuarli, che si avvalgono di prospezioni geofisiche, sono molto simili a quelle utilizzate nella ricerca petrolifera.

Un sistema geotermico è costituito da:

- una **fonte di calore** (per esempio, un magma in via di raffreddamento);
- un **acquifero**, cioè una formazione geologica permeabile, dove le acque si possano infiltrare e possano circolare liberamente attraverso pori o fratture;
- una **roccia impermeabile di copertura** che funga da "trappola" per le acque calde, impedendo loro di disperdersi in superficie e mantenendole sotto pressione.

Perchè sia possibile uno sfruttamento duraturo di questa risorsa energetica è infine necessario che vi sia una costante ricarica di acque provenienti dalla superficie, in genere acque meteoriche, che possano "ricaricare" l'acquifero, integrando i quantitativi di acque prelevati dall'uomo: dove non è così, occorre reimmettere artificialmente i fluidi prelevati.



I fluidi geotermici

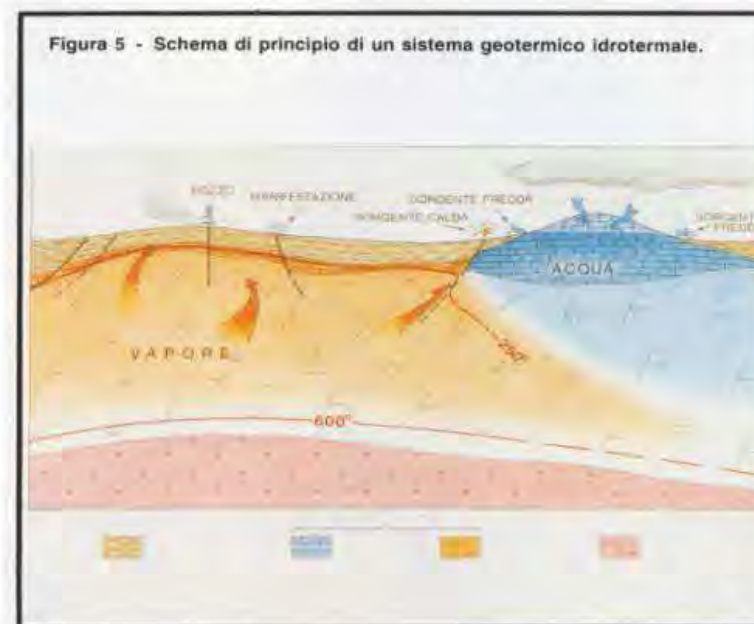
L'energia termica accumulata nelle zone endogene viene in genere resa disponibile a profondità accessibili da **vettori termici** presenti nella crosta terrestre e denominati **fluidi geotermici**.

I fluidi geotermici sono essenzialmente composti da acqua meteorica o di origine marina che penetra nel sottosuolo e si riscalda a contatto con le rocce calde.



ACQUIFERI

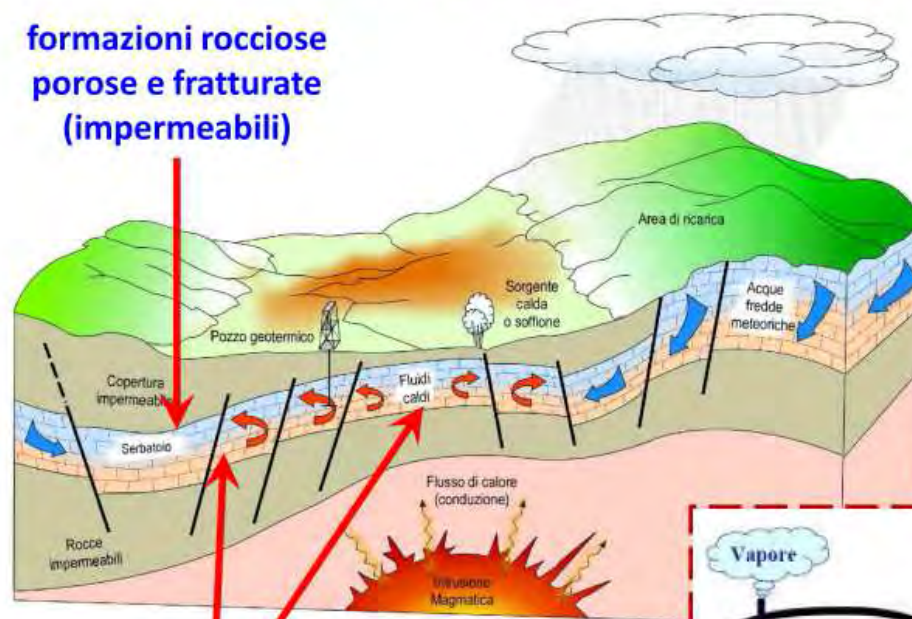
strati o raggruppamenti di materiale permeabile saturo di acqua, nel caso di falde geotermiche le temperature possono arrivare oltre 300°C



La risorsa geotermica

Serbatoio geotermico: modello concettuale

formazioni rocciose
porose e fratturate
(impermeabili)



formazione di
celle di convezione

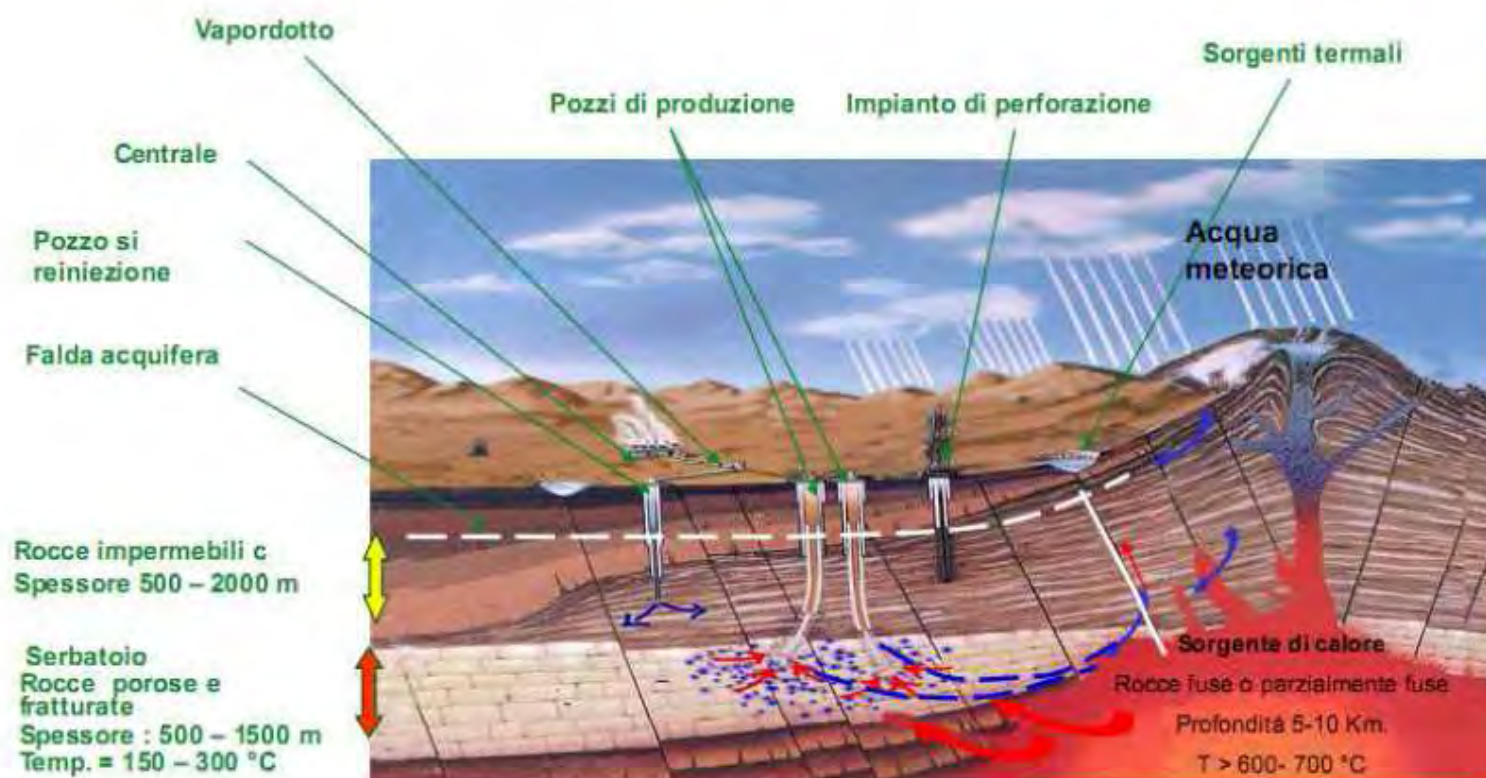


Programma Operativo Nazionale Governance e Azioni di Sistema FSE 2007-2013

ASSE E: Capacità istituzionale - Obiettivo specifico 5.5: Rafforzare ed integrare il sistema di governance ambientale

Azione 7B: Azioni di supporto ai processi di VAS e ai procedimenti di VIA

Schema di utilizzo di serbatoio geotermico



Sistemi geotermici idrotermali

Rappresentano praticamente gli **unici sistemi geotermici utilizzati** nel mondo su scala industriale

Acqua dominante

Sono i più diffusi.

$$T_{\text{acqua}} > 100^{\circ}\text{C}$$

La fase dominante è liquida

Vapore dominante

Sono i meno diffusi (10%)

$$p = 0,1 - 1 \text{ MPa}$$

$$T_{\text{vapore}} > 200^{\circ}\text{C}$$

La fase dominante è vapore

Sempre disciolti all'interno sostanze solide, liquide e gassose tra cui i gas "incondensabili" (CO_2)

La risorsa geotermica – Classificazione dei campi

Classificazione dei serbatoi geotermici in base al fluido estratto

Campi a vapore

- Solo 6 nel mondo: Italia (Larderello), USA (Geysers, CA), Islanda, Indonesia, Nuova Zelanda
- Sistema di condensazione a liquido
- Impatti ambientali elevati (CO_2 , H_2S , inquinamento termico)

Liquido a $T > 160^\circ\text{C}$

- Flash : Sistema di condensazione a liquido
- Possibilità di combinazione flash - binario

Liquido $100^\circ\text{C} < T < 160^\circ\text{C}$

- Impianti a ciclo binario (ORC)
- 100% rigenerazione dei pozzi
- Possibilità di utilizzazione condensatori ad aria (torri evaporative a secco)
- Ridotte emissioni inquinanti
- Elevati costi di installazione

Campi a vapore dominante

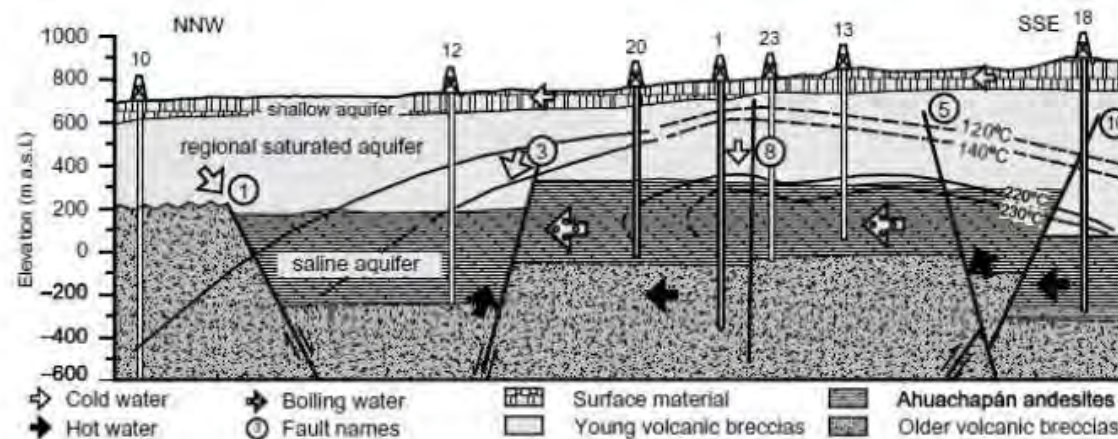
- Vapore 90% - 98%
- Gas 2 % - 10%

Campi ad acqua dominante

- Fase liquida 20% - 100% del totale estratto

Sistemi geotermici idrotermali ad acqua dominante

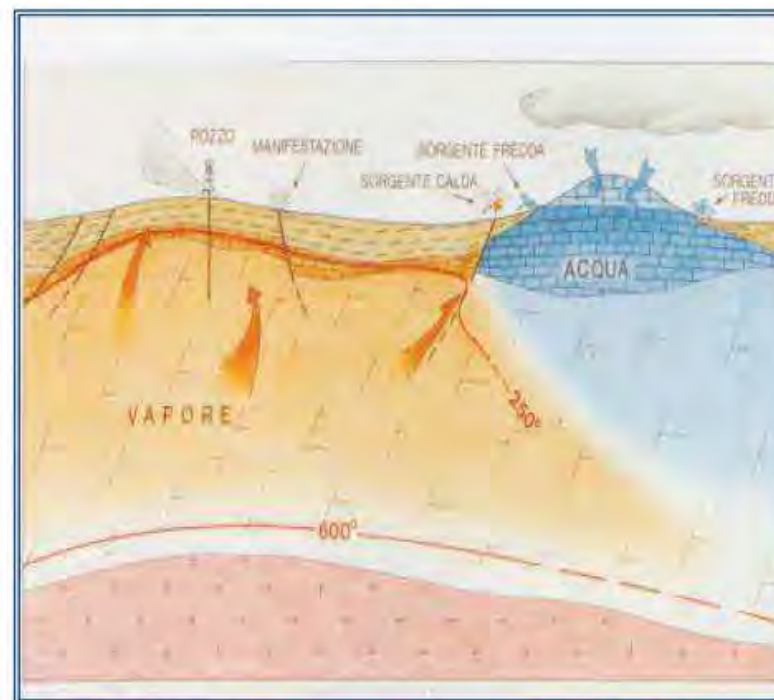
Sono formati da **formazioni rocciose permeabili**, che costituiscono i serbatoi geotermici contenenti il fluido caldo, **ricoperti di terreno impermeabile**.



L'alimentazione del serbatoio è generalmente legata alla circolazione di acqua **meteorica o marina**, mentre la fonte di calore è generalmente rappresentata da **intrusioni di magma** ancora caldo nella crosta terrestre.

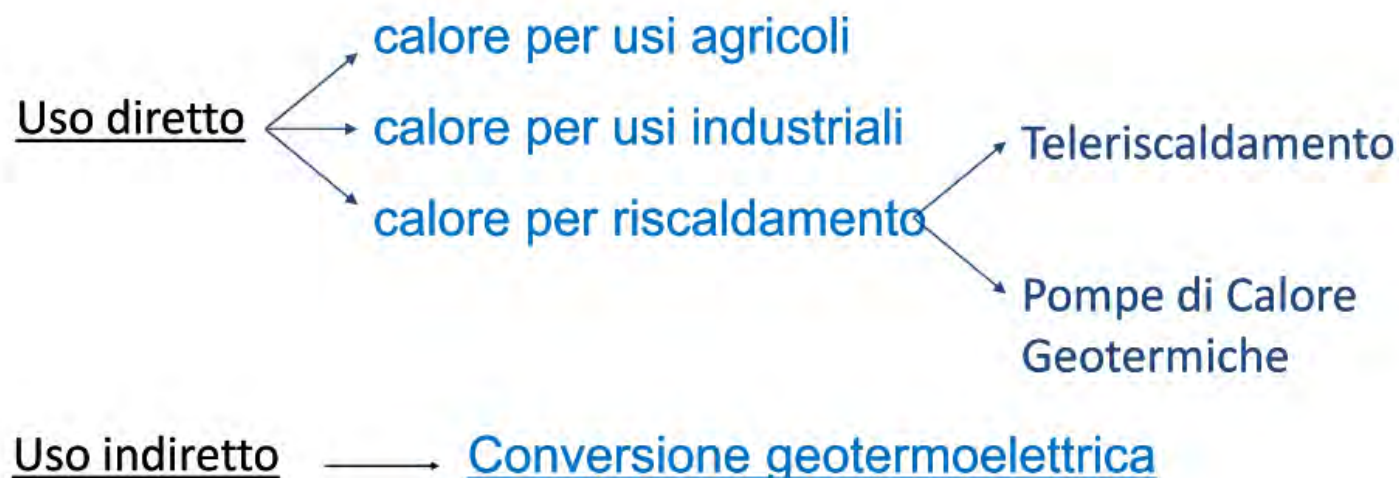
Impianti idrotermali a vapore dominante

- Il fluido geotermico è disponibile totalmente o prevalentemente in fase vapore
- Sono poco diffusi e rappresentano il 10% di tutti i sistemi idrotermali
- Il vapore è disponibile a temperatura anche superiore a 200°C e con pressioni alla bocca del pozzo di 0,5-1MPa.

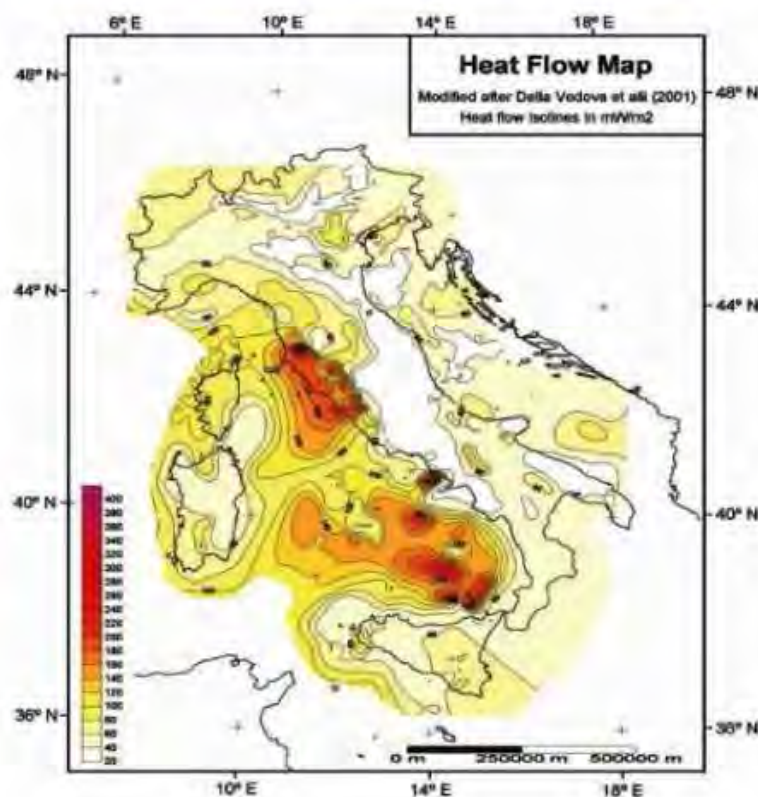


- I serbatoi geotermici a vapore dominante in produzione sono Larderello, the Geysers (USA), Matsukawa (Giappone), Kawah Kamojang (Indonesia)

Principali usi delle fonti geotermiche

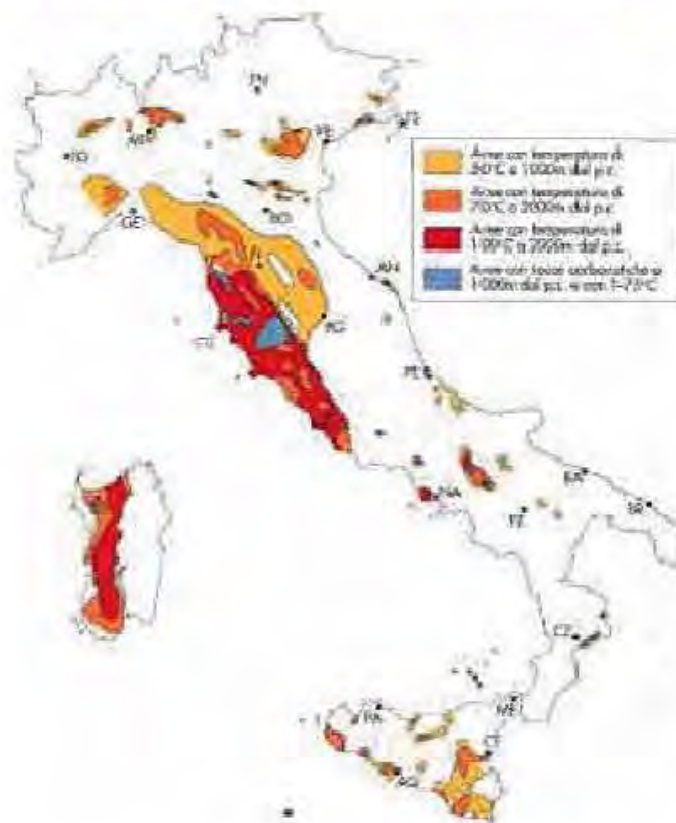


Le zone geotermiche in Italia

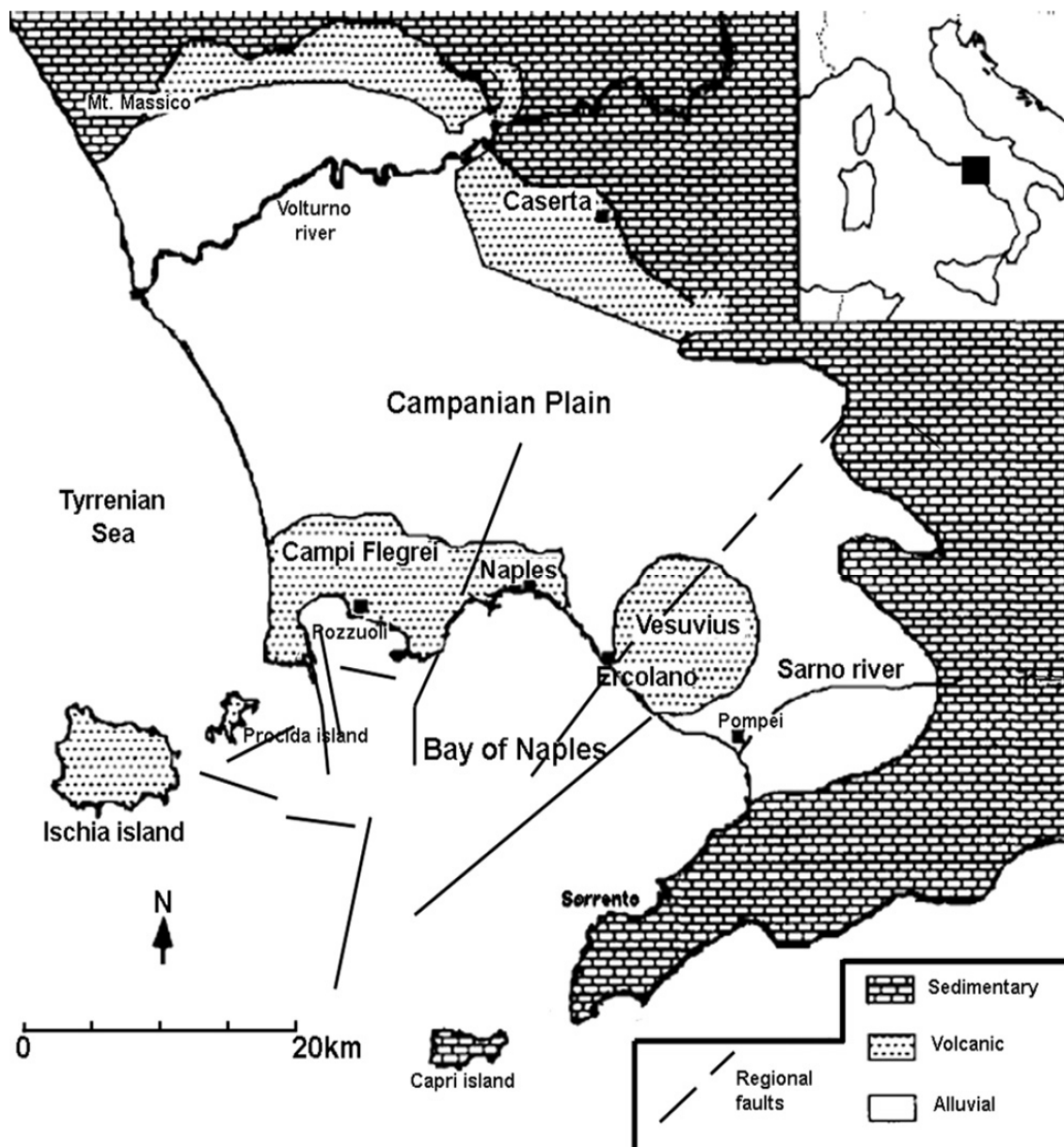


- L'Italia è il Paese "geotermicamente" più caldo d'Europa, anche se, finora, lo sfruttamento delle sue risorse geotermiche si è sviluppato solo nell'area centro-settentrionale
- Le principali zone di sfruttamento si concentrano nelle zone di **Larderello** (Toscana), **Piancastagnaio**, sulle pendici del **Monte Amiata**, e **Civitavecchia**

Le zone geotermiche in Italia



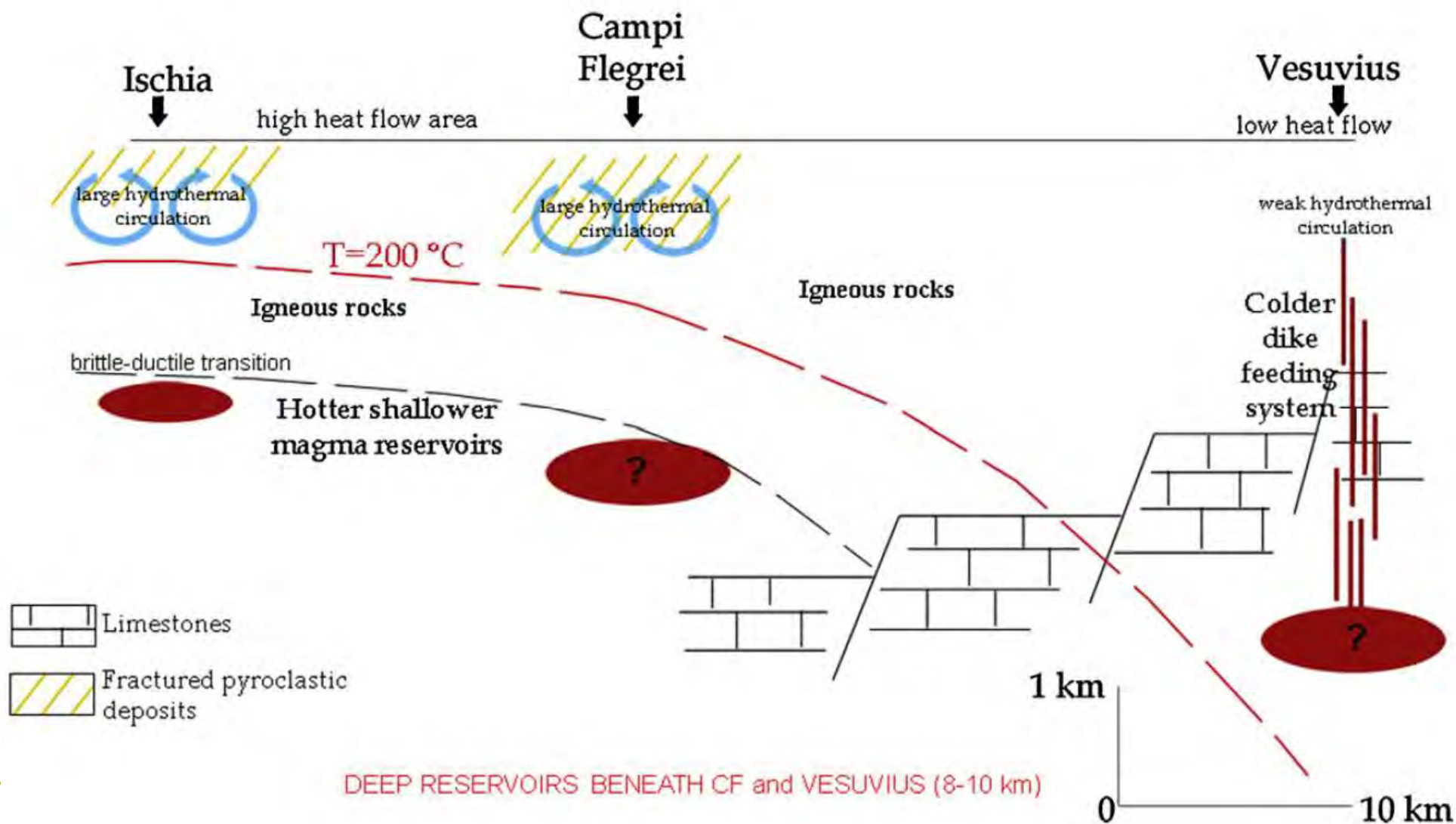
Le zone più calde sono la Toscana, l'alto Lazio, la Campania, la Sicilia e la Sardegna



Programma Operativo Nazionale Governance e Azioni di Sistema FSE 2007-2013

ASSE E: Capacità istituzionale - Obiettivo specifico 5.5: Rafforzare ed integrare il sistema di governance ambientale

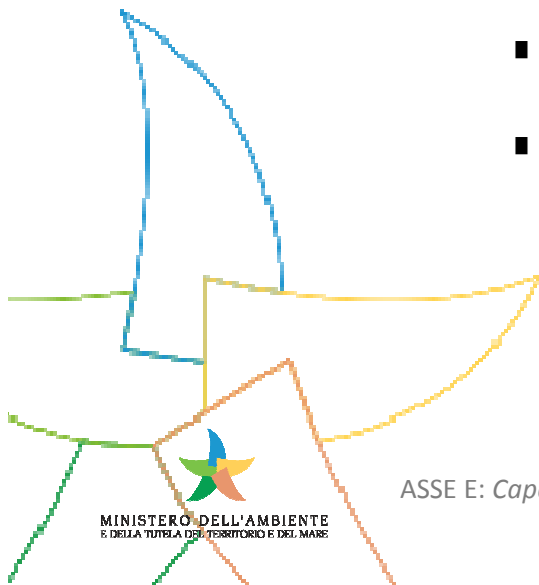
Azione 7B: Azioni di supporto ai processi di VAS e ai procedimenti di VIA



Macrozona	Zona	Prof. [m]	Tserb [°C]	Note
Rocca San Felice		500	~ 80	- Pozzetti termometrici (prof. 150m) - Analisi chimiche sorgenti (geotermometri)
Campi Flegrei (Lago di Patria)	Mofete	500 - 1000 1800 - 2000 2500 - 2700	200 - 250 250 - 300 ??	- 19 pozzi superficiali (SAFEN) - 7 pozzi profondi (ENEL-AGIP) - Rapporto gas/vapore 20%-40% - Alta salinità (>40000-60000TDS)
	San Vito	ca 3000	420	- 4 pozzi profondi (ENEL-AGIP) - Elevato gradiente geotermico - Non individuata zona permeabile - Potenziale sistema EGS
	Agnano	1840	300	- 3 pozzi superficiali - 1 pozzo profondo - caratteristiche presunte del fluido analoghe alle altre aree
Ischia		500 1100	180 225	- Oltre 200 pozzi perforati per scopi termali (<200m) - 1 pozzo profondo 1km (SAFEN) - Alta/media salinità - Impianto binario pilota da 300kW chiuso per problemi di corrosione - Impianto binario da 500kW mai realizzato per opposizione delle comunità locali.
Vesuvio	Ottaviano	2000	55	- 1 pozzo profondo (2072m)

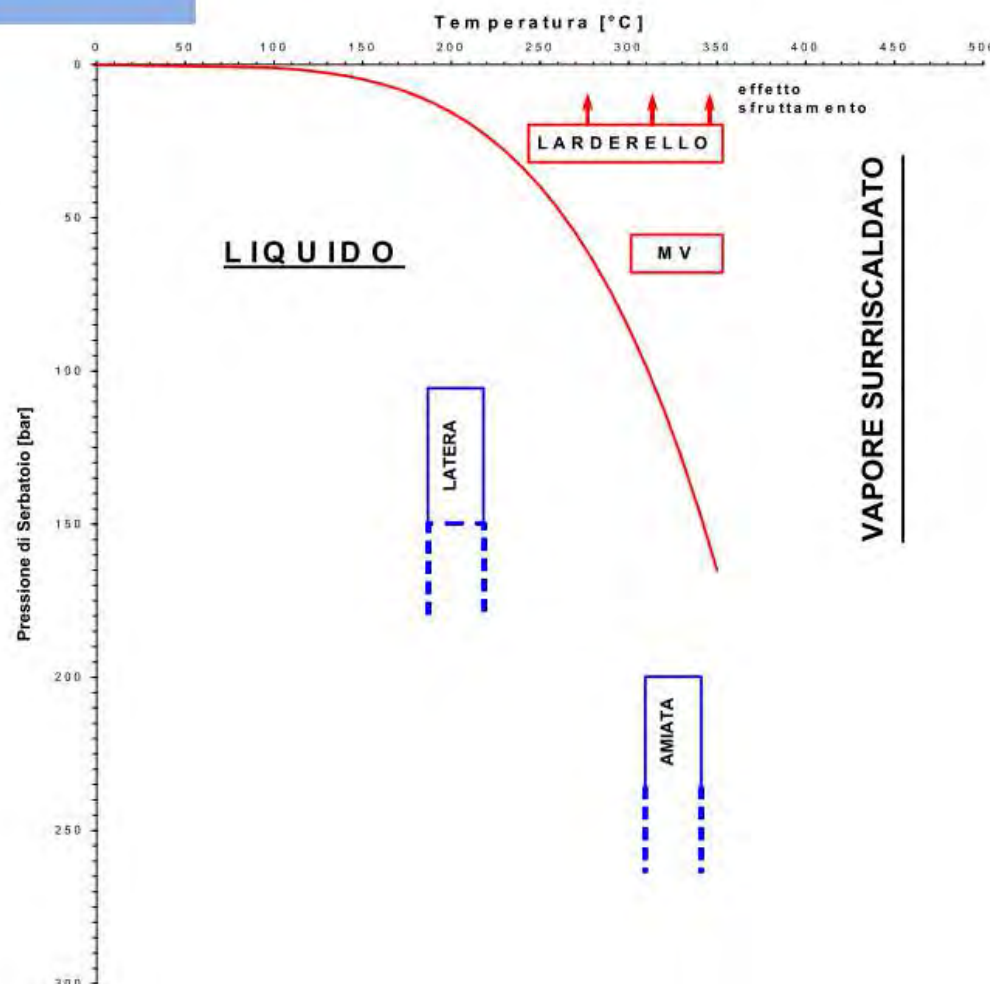
Problematiche legate ai campi Campani:

- Alta salinità del fluido con conseguenti problemi di possibili incrostazione, verificati anche durante le prove di produzione dei pozzi esistenti ;
- Fluido geotermico aggressivo a causa degli alti contenuti di cloro;
- Alta percentuale del rapporto gas/vapore (20%-40%);
- Micro-sismicità/sismicità indotta;
- Problematiche socio-ambientali, che portano ad una scarsa accettabilità dell'opinione pubblica:
 - Presenza della risorsa in zone densamente popolate
 - Presenza della risorsa in aree a forte vocazione turistica/termale



Uso: Aziendale

Il sistema geotermico I diversi campi geotermici



Il termine campo geotermico è una definizione geografica che generalmente indica una zona con attività geotermica



Programma Operativo Nazionale Governance e Azioni di Sistema FSE 2007-2013

ASSE E: Capacità istituzionale - Obiettivo specifico 5.5: Rafforzare ed integrare il sistema di governance ambientale

Azione 7B: Azioni di supporto ai processi di VAS e ai procedimenti di VIA

La Fisica del serbatoio: scopi e finalità

Per **"Fisica del Serbatoio"** e **"Prove sui pozzi (well test)"** si intendono quelle attività mirate alla caratterizzazione fisica della riserva geotermica e alla caratterizzazione termodinamica dei fluidi erogati dai pozzi della riserva stessa.

Tale caratterizzazione è volta a:

- **definire il serbatoio ai fini della sua potenzialità**
- **prevedere la reazione del campo**
- **ottimizzarne la sua gestione.**

Le caratteristiche produttive dei vari pozzi, il loro completamento, la loro funzione come **pozzi produttivi** o **reiniettivi** o di **controllo**, **il numero dei pozzi** da eseguire, la distanza tra gli stessi (**spacing**) costituiscono parte degli obiettivi dell'attività.



La Fisica del serbatoio: permeabilità e porosità

Per definire le potenzialità produttive del serbatoio necessita in particolar modo caratterizzare fisicamente le varie formazioni costituenti il serbatoio.

Tra le proprietà fisiche delle rocce serbatoio più importanti e più difficili da definire ricordiamo:

La permeabilità

permette al fluido di muoversi nella riserva e
verso il pozzo

La porosità

rende conto del fluido contenuto



La Fisica del serbatoio: La permeabilità

La **capacità di un terreno di farsi attraversare dall'acqua** si chiama permeabilità (che ovviamente dipende dalla presenza di vuoti nel materiale solido che costituisce il terreno stesso).

Se i vuoti sono costituiti da pori, si parla di **permeabilità per porosità**;

se i vuoti sono costituiti da fratture, si parla, invece, di **permeabilità per fratturazione**.

E' importante notare che, in entrambi i casi, solo i vuoti che comunicano tra loro possono permettere il movimento dell'acqua.

*Un esempio di roccia molto porosa ma poco permeabile è dato dalla **pomice**, in cui soltanto pochi dei pori presenti sono tra loro collegati.*



La Fisica del serbatoio: La porosità

La porosità

è una grandezza scalare ed è genericamente definita come il rapporto tra il volume dei vuoti (*pori*), V_p ed il volume totale V_m del materiale:

$$\Phi = \frac{V_p}{V_m}$$

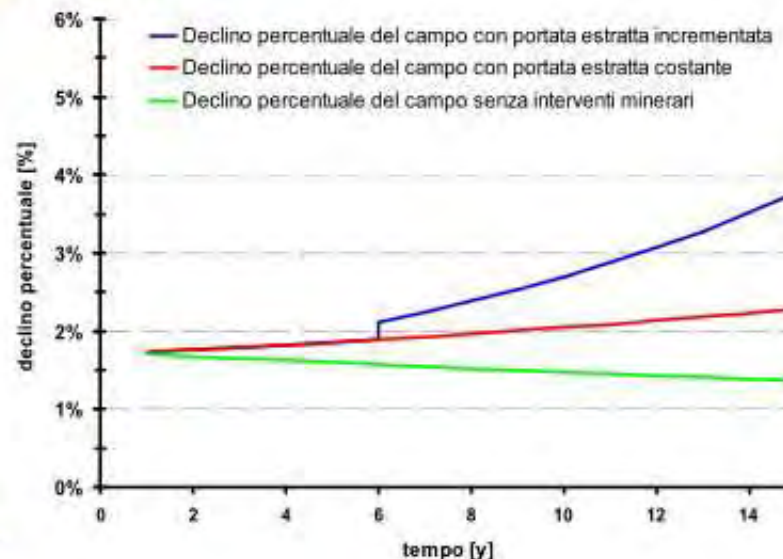
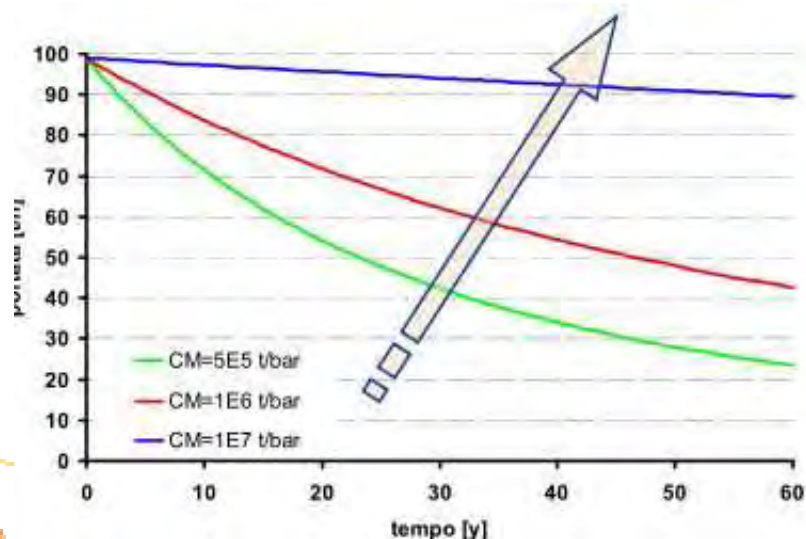


La porosità è quindi una proprietà della roccia che può descrivere la capacità della roccia stessa di immagazzinare fluidi. La porosità rende conto del fluido contenuto.



Fattori che influenzano il declino

1) Portata estratta dal serbatoio



2) Capacità del sistema geotermico (C.M.)



Leve per contrastare il declino

Nell'ottica di mantenere o aumentare la produzione ...

**1) Riduzione della massa
"netta" estratta dal sistema
geotermico**



**reiniezione di acqua
nel sistema**

$$Massa_{NETTA} = Massa_{ESTRATTA} - Massa_{REINIETTATA} \cdot \eta$$

**2) Aumento della capacità del
sistema geotermico**



**perforazione di
pozzi per la ricerca
di nuovi orizzonti
produttivi**

Aumento della
superficie
coltivata

Ricerca orizzonti
produttivi più
profondi



Reiniezione

Consiste nel reintegro parziale della massa estratta dal sistema geotermico mediante la reiniezione di acqua che vaporizza, sottraendo il calore dalle rocce. Parametri caratteristici sono **efficienza di evaporazione** e **tempo di risposta** (costante di tempo).

Benefici

- rappresenta un valido strumento per l'**estrazione del calore** dalle rocce;
- diminuisce la **massa "netta"** estratta dal serbatoio riducendo il declino del sistema;
- permette una riduzione del **contenuto di gas**, con considerevole risparmio dell'energia necessaria ai compressori della centrale, e del **contenuto in cloruri**.

Limiti

- riduzione della **temperatura** del sistema geotermico, favorite le aree con alto grado di **surriscaldamento**;
- possibili problemi di **interferenza** tra pozzi, che possono essere sfruttati con basse portate reiniettate ("break through");
- favorite le zone ad **alta permeabilità** e **bassa porosità**.

I fattori precedenti determinano un **limite superiore** alla portata reiniettabile.



Perforazione di nuovi pozzi

La perforazione di nuovi pozzi produttivi determina una diminuzione del declino del sistema geotermico solo se coincide con un aumento del volume di serbatoio:



CARATTERIZZAZIONE DELLA RISORSA

Il sistema pozzo-serbatoio è perciò una unità inscindibile, **il pozzo costituisce la via di accesso alla riserva.**

Attraverso di esso sono possibili rilievi sulla stessa e sul fluido in essa contenuto.

Rivestono quindi particolare importanza le prove eseguibili sui pozzi e le valutazioni circa le trasformazioni termodinamiche subite dal fluido nella riserva e lungo il pozzo



CARATTERIZZAZIONE DELLA RISORSA

La caratterizzazione e il monitoraggio della risorsa si basa su opportune misurazioni.

La nostra azienda dispone di un grande DB nel quale sono raccolte tutte le misure relative alla produzione effettuate nel corso della vita del serbatoio. Alcune di queste misure dipendono da una misura fisica fondamentale da cui sono calcolate altre variabili.

La risorsa viene caratterizzata attraverso:

LOGS IN POZZO

WELL TEST

PROVE DI PRODUZIONE



Caratteristiche chimiche del vapore geotermico

Pressione:	5-10 bar
Temperatura:	150-250 °C
Percentuale di incondensabili:	5 % in volume
Portata:	100-250 t/h

SPECIE INCONDENSABILE		VOLUME (%)
CO ₂	Anidride carbonica	80-95
H ₂	Idrogeno	2-5
CH ₄	Metano	4-8
N ₂	Azoto	1 -3
H ₂ S	Acido solfidrico	1-2

Altri componenti: O₂, Hg, HCl, HF, As, NH₃, H₃BO₃

Programma Operativo Nazionale Governance e Azioni di Sistema FSE 2007-2013

ASSE E: Capacità istituzionale - Obiettivo specifico 5.5: Rafforzare ed integrare il sistema di governance ambientale

Azione 7B: Azioni di supporto ai processi di VAS e ai procedimenti di VIA

Composizione media gas incondensabili campi geotermici italiani

Campo	G/V (%wt)	composizione gas <u>incondensabili</u> (%v/v)				
		CO ₂	H ₂ S	H ₂	CH ₄	N ₂
LARDERELLO	5-7	93.6	2.118	2.279	1.54	0.46
<u>TRAVALLE RADICONDOLI</u>	5	95.2	0.794	0.375	2.34	1.26
BAGNORE_1° SERB.	10	91.6	0.131	0.333	6.11	1.82
BAGNORE_2° SERB.	4.5	91.9	0.87	0.41	5.51	1.03
PIANCASTAGNAIO _ 1° SERB.	33	93.4	0.342	0.42	3.95	1.86
PIANCASTAGNAIO _ 2° SERB.	10	95.9	0.317	1.111	2.42	0.22
LATERA	25	98.7	0.995	0	0.04	0.21
MARTA	19	95.8	0.7	0.1	0.10	2.60
ALFINA	23	98.1	0.09	0.18	0.14	1.34

Dati ENEL Green Power (non pubblicati)

Impianti geotermici per la produzione di energia elettrica

Impianti a espansione diretta

- Espansione diretta del vapore estratto a pressione atmosferica o inferiore
- Impiantistica tradizionale degli impianti a vapore (taglie impiantistiche standard 10-20-40-60 MW)

Impianti con separazione del vapore

- Impianti a **singolo flash**
- Impianti a **doppio flash**
- Impianti a ciclo combinato (flash + binario)

Impianti a ciclo binario

- Fluido geotermico completamente reiniettato
- Emissioni nulle di sostanze nell'ambiente
- Problema del raffreddamento a secco e consumo degli ausiliari

12

La scelta della tecnologia dipende dalle caratteristiche del fluido

La presenza di fluido a media entalpia rende possibile l'utilizzo di sistemi binari

Più è alta l'entalpia più sono favorite tecnologie con utilizzo diretto del vapore

Nei campi a vapore dominante centrali ad espansione diretta

Nei campi ad acqua dominante centrali a singolo flash



A parità di entalpia i cicli binari sono sfavoriti se la percentuale di gas incondensabili è maggiore

Perché il ciclo binario con reiniezione totale sia possibile è necessario evitare che gli incondensabili si separino dall'acqua e che le sostanze disciolte nel fluido geotermico precipitino dando origine ad incrostazioni

Vi è necessità di gestire il fluido a pressioni anche molto elevate



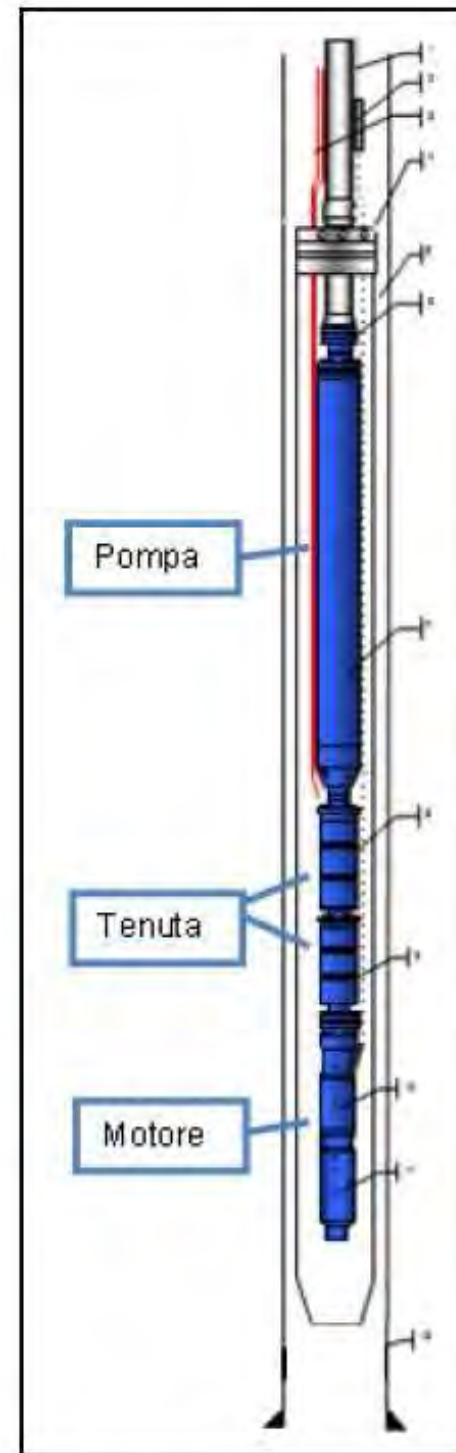
Schema di pompa di sollevamento a
servizio di impianto binario

Lunghezza circa 25 m.

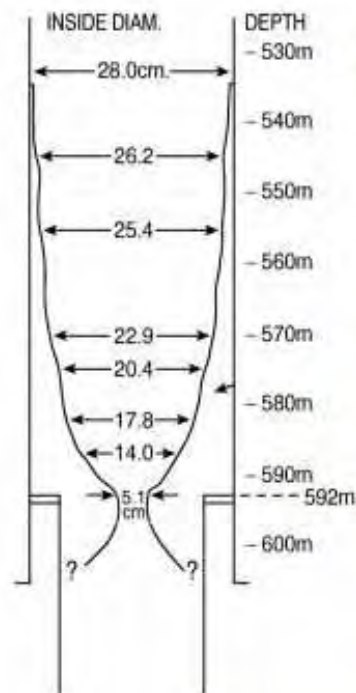
Posizionata nel pozzo a 800 m. di
profondità

Garantisce una pressione di 45 bar a
monte dell'impianto ORC

Assorbe 600 kW



Esempio di scaling nei pozzi di reiniezione



from "Computer Modeling for Geothermal Systems: Predicting Carbonate and Silica Scale Formation, CO₂ Breakout and H₂S Exchange", N. Møller, L. P. Greenberg, J. H. Weare



Pro
ASSE E: Capacità istit

Secondo modulo:

Gli impianti AMIS e gli altri presidi ambientali utilizzati in Toscana.

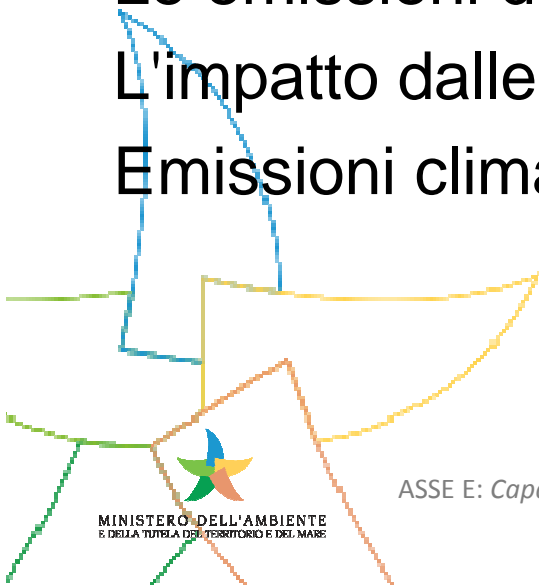
Gli impatti ambientali dalle CGTE derivanti dalle emissioni delle centrali in situazioni di marcia ordinaria e di guasto, le emissioni derivanti dalle piattaforme minerarie.

L'impatto del drift. La reiniezione nei serbatoi geotermici.

Le emissioni di radon.

L'impatto dalle operazioni minerarie ed il rischio di rottura dei casing.

Emissioni climalteranti.



Problemi tecnologici e ambientali

▪ **Impatto visivo**

▪ **Inquinamento acustico**

▪ **Fenomeni di subsidenza**

} **Reiniezione**

▪ **Inquinamento atmosferico**

soglia olfattiva molto bassa
(cattivo odore): $0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$

- Acido solfidrico (H_2S)
- Mercurio (Hg)
- Arsenico (As)

} **Sistemi di
abbattimento**

In Toscana sono presenti impianti ad espansione diretta nei campi a vapore dominante e impianti a singolo flesh nei campi ad acqua dominante.

Un impianto binario è installato nella centrale di Bagnore 3 e produce energia elettrica dall'acqua calda separata nella fase di flesh della centrale

Sono stati concessi numerosi permessi di ricerca finalizzati allo sfruttamento della media entalpia con cicli binari.

Un impianto pilota a ciclo binario è in fase di VIA

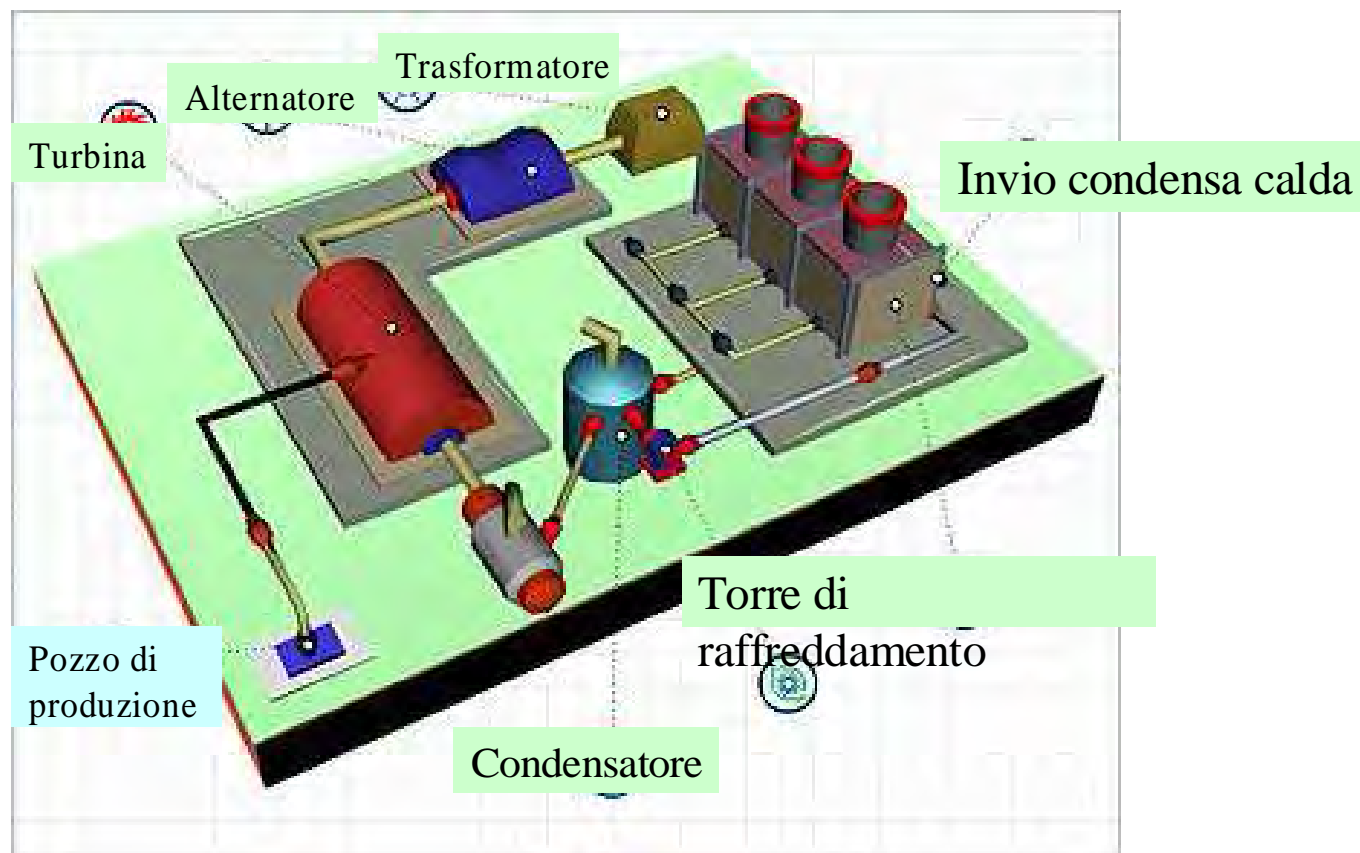


L'impatto delle CGTE è diminuito fortemente nel tempo

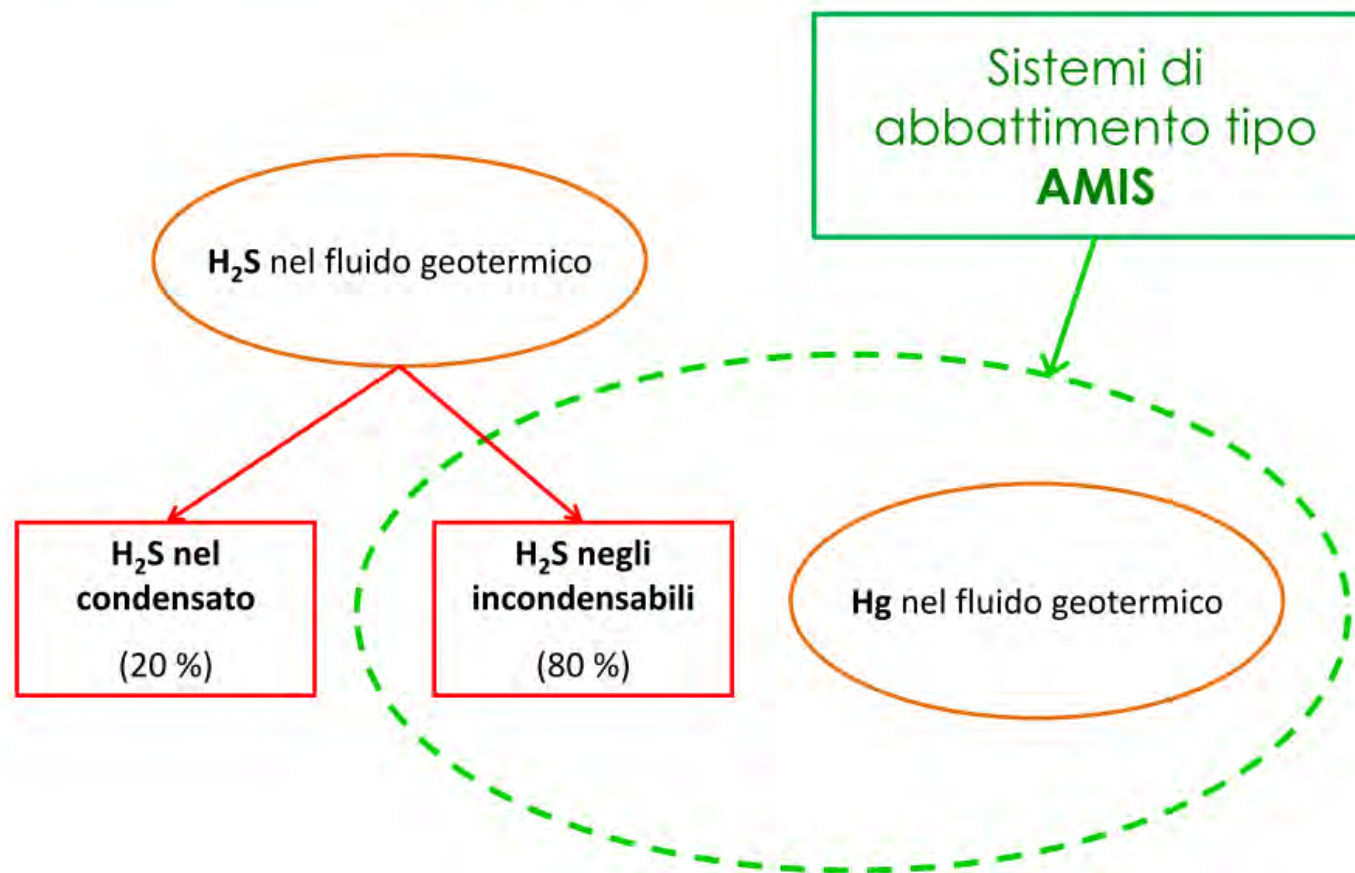
La reiniezione delle acque di condensa e delle acque trascinate dopo il 1975 ha costituito una prima riduzione di impatto, evitando la contaminazione delle acque superficiali e riducendo il rischio di subsidenza

Negli ultimi 15 anni sono stati progressivamente attivati gli impianti AMIS

Prima di allora i gas incondensabili venivano scaricati in atmosfera senza trattamento



Problemi tecnologici e ambientali



L'impianto AMIS

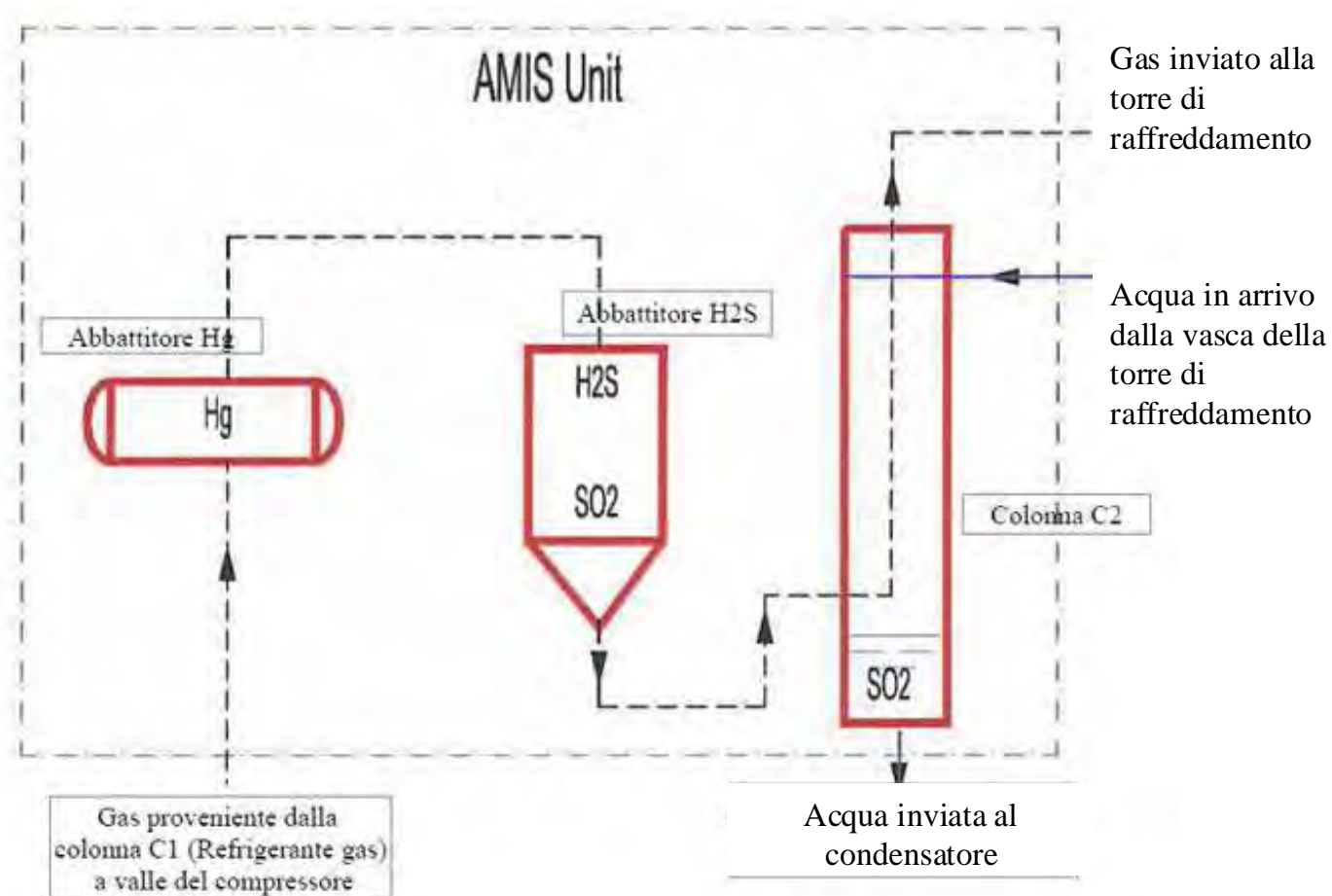
E' una tecnologia brevettata da ENEL che permette l'abbattimento di H_2S e di Hg

L'abbattimento di H_2S avviene per ossidazione selettiva su Catalizzatore a base di TiO_2 . Il salto termico dall'entrata dei gas nel reattore permette di verificare l'instaurarsi della reazione.

Lo ione solfuro si ossida ad SO_2 , che viene allontanato successivamente tramite una torre di lavaggio

Hg viene abbattuto per adsorbimento su un filtro costituito da una massa porosa ceramica con deposito di selenio o in alternativa da carbone attivo solforizzato





L'efficienza di abbattimento dell'AMIS è elevata
(H₂S > 97% - Hg > 90%)

La progressiva introduzione degli impianti AMIS ha ridotto
fortemente le emissioni di questi inquinanti

L'emissione residua è costituita principalmente dall'emissione
delle torri di raffreddamento, dovuta allo strippaggio degli
inquinanti dalle acque di condensa

Si ha comunque un abbattimento complessivo dei due inquinanti
maggiore dello 80%



Il drift

Un'altra forma di impatto derivante dalle centrali è costituita dal drift (gocce di acqua di condensa trascinate dalle torri di raffreddamento)

Nel drift sono presenti i contaminanti disciolti nel fluido geotermico, fra cui in particolare B (in prevalenza) As, Sb, Se

Il drift ricade nelle immediate vicinanze delle torri di raffreddamento

Gli impatti derivanti dal drift sono stati fortemente ridotti tramite l'utilizzo di separatori di gocce ad alta efficienza



Emissioni in marcia ordinaria

In presenza dell'impianto AMIS e di separatori di gocce ad alta Efficienza le emissioni da una CGTE in condizioni di marcia Ordinaria sono relativamente ridotte, anche se sempre significative (nell'ordine delle decine di kg/h di H₂S e dei g/h di mercurio) In questo momento queste sono le MTD per questo tipo di impianti. Per rendersi conto dei flussi di massa è sufficiente fare il confronto con i limiti alle emissioni di Hg negli impianti di incenerimento. Un flusso di massa di 1 g/h di Hg corrisponde all'emissione massima autorizzata di un impianto di incenerimento con una portata di 20.000 Nm³/h, ma nel caso delle CGTE si tratta di emissioni effettive e non di valori limite

Altre condizioni emissive dalle CGTE

- Emissioni dalle piazzole minerarie (in fase di realizzazione e caratterizzazione dei pozzi per interventi di manutenzione
- Emissioni dal silenziatore di centrale in caso di blocco della centrale
- Emissioni dalle torri di raffreddamento in caso di fermo AMIS

In queste situazioni non avviene alcun trattamento dei gas
Incondensabili

L'emissione di H₂S e Hg aumenta di 5-6 volte

Nei primi due casi si ha anche una significativa emissione di DRIFT



L'impatto complessivo derivante dall'attività di una CGTE è dato dalla somma delle emissioni durante la marcia ordinaria e delle emissioni in situazioni di guasto centrale e/o AMIS

Diventa quindi cruciale che le ore di guasto della centrale e/o dell'AMIS siano per quanto possibile ridotte

I pozzi geotermici non possono essere chiusi in tempi brevi (dell'ordine dei giorni) e comunque in caso di chiusura possono subire danni.

Il costo di realizzazione di ogni pozzo geotermico è dell'ordine dei milioni di euro e vi è anche un rischio minerario che il pozzo scavato non risulti produttivo



Reiniezione

I tempi di ricarica dei serbatoi geotermici toscani sono assai lunghi dell'ordine delle decine di anni

La reiniezione delle acque (per i campi ad acqua dominante) o delle condense permette di ridurre il decadimento del campo e riduce il rischio di fenomeni di subsidenza

In funzione della portata di reiniezione si hanno fenomeni di Microsismicità, legati alla vaporizzazione delle acque iniettate

La reiniezione evita ogni scarico delle acque e condense geotermiche in acque superficiali

La microsismicità è monitorata tramite una apposita rete di sensori



Microsismicità

La reiniezione è correlata, in modo diverso a seconda della portata di reiniezione e delle caratteristiche del bacino geotermico, con fenomeni di microsismicità che essendo relativamente superficiali sono percepiti anche se di piccola entità

Una rete di monitoraggio tiene sotto controllo il fenomeno

Per i campi geotermici toscani una serie di studi sembra avere escluso il rischio di effetti rilevanti



Emissioni di Radon

Le CGTE emettono fra i gas incondensabili anche gas radon

Il flusso di massa è però non significativo rispetto ai valori di fondo della concentrazione di radon in aria

L'esposizione della popolazione è legata alla esposizione indoor

Nel caso dell'Amiata grossetana la concentrazione media di radon misurata ad Arcidosso è circa 6 Bq/m³, l'influenza delle emissioni di radon della centrale di Bagnore 3 è stimata in 0,1 mBq/m³, mentre la concentrazione media indoor è pari a 145 Bq/m³ con il 22% degli edifici che superano 200 Bq/m³

Impatti da operazioni minerarie

Per evitare rischi di interconnessione fra falde superficiali e fluidi geotermici i pozzi sono attualmente realizzati a cannocchiale. Nei primi 300 metri sono presenti tre casing uno dentro l'altro, da 300 a 800 2 casing ed 1 nel tratto residuo fino all'ingresso nel serbatoio.

A fine di utilizzo i pozzi devono essere oggetto di chiusura mineraria.

I pozzi realizzati in passato avevano due soli casing, vi sono stati due episodi di rottura del casing, che hanno causato problemi significativi.



Emissioni climalteranti

Le CGTE emettono notevoli quantità di gas climalteranti, in particolare CO₂ e CH₄

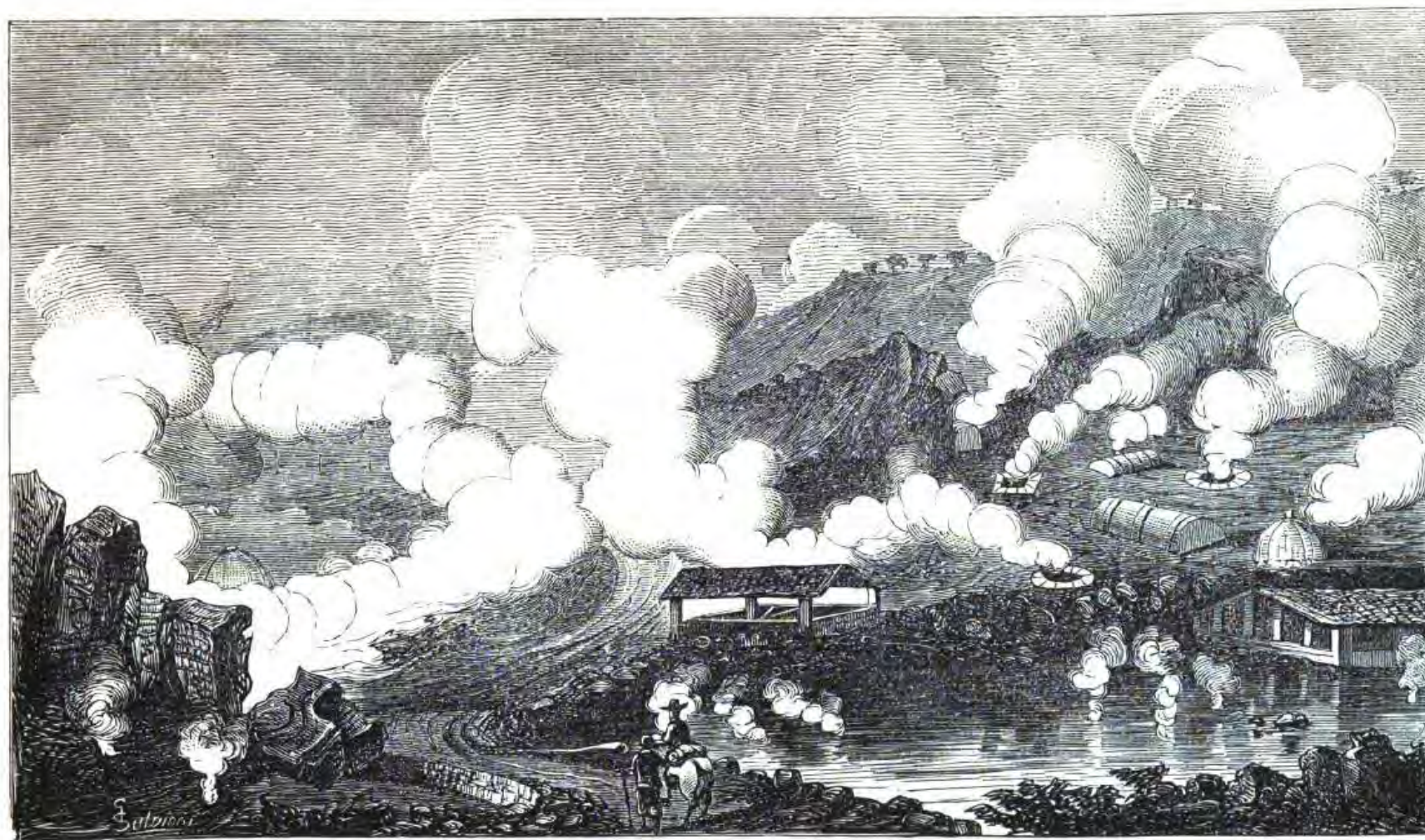
Nel parco geotermico toscano le emissioni di gas climalteranti per GW di energia elettrica prodotta sono dell'ordine di quelle relative alle centrali a turbogas a metano.

Le emissioni climalteranti dalla geotermia non sono però conteggiate nell'ambito del protocollo di Kyoto, in base al principio che si tratta di emissioni sostitutive di emissioni naturali. In situazioni quali quelle dei bacini geotermici toscani questo è vero solo in parte.





Larderello 1868



VEDUTA DEI LAGONI BORACIFERI DI LARDERELLO, NELLA PROVINCIA DI PISA





L'impatto sul paesaggio

E' dovuto alle centrali (principalmente ai pennacchi delle torri di raffreddamento), ai vapordotti ed agli acquedotti

Gli impianti a ciclo binario causano un impatto maggiore perché richiedono maggiori volumi, specie per le torri di raffreddamento a secco

Bisogna però vedere come vengono considerate le modificazioni al paesaggio causate dall'attività geotermica

A Larderello sono le torri di raffreddamento ed i vapordotti ad essere oggetto di tutela!



Terzo modulo:

I limiti alle emissioni: limiti nel Dlgs 152, la DGRT 344/2008, necessità di un aggiornamento dei limiti e dell'introduzione di requisiti minimi di esercizio.

Gli effetti sull'ambiente e la minimizzazione degli impatti.

Effetti in Toscana sulla qualità dell'aria, dei suoli e delle acque superficiali e sotterranee.

Interconnessione dei vapordotti, riserve impiantistiche.



Il quadro normativo di riferimento per le emissioni è quello del 152:2006 ,

parte quinta “Norme in materia di tutela della qualità dell'aria e di riduzione delle emissioni in atmosfera”,

titolo primo “Prevenzione e limitazione delle emissioni in atmosfera di impianti e attività”.

Sostituisce il DPR 203 1988 (attuativo delle direttive europee)



Gli effluenti gassosi negli impianti che utilizzano i fluidi geotermici devono essere dispersi mediante torri refrigeranti e camini di caratteristiche adatte. Per ciascuno dei due tipi di emissione i valori di emissione minimi e massimi, di seguito riportati, sono riferiti agli effluenti gassosi umidi e intesi come media oraria su base mensile (paragrafo 3, sezione 2, all. I, parte IV della Parte V)

H ₂ S	70 - 100 mg/Nm ³ per un flusso di massa uguale o superiore a 170 kg/h
As (come sali disciolti nell'acqua trascinata)	1 - 1,5 mg/Nm ³ per un flusso di massa uguale o superiore a 5 g/h
Hg (come sali disciolti nell'acqua trascinata)	0,2 - 0,4 mg/Nm ³ per un flusso di massa uguale o superiore a 1 g/h

Per le centrali di nuova autorizzazione, la Regione Toscana ha previsto limiti alle emissioni più restrittivi, basati sulle MTD e già applicati per le centrali di nuova costruzione e che verranno imposti a tutte le centrali in sede di rinnovo dell'autorizzazione alle emissioni.

Nelle nuove autorizzazioni saranno inseriti VLE
come definiti dalla DGRT n. 344/2010 allegato A

Tabella 4.1 - Valori di emissione in flusso di massa

Descrizione	H ₂ S Kg/h	Hg g/h	SO ₂ g/h
Uscita impianto AMIS	3 (*)	2	200
Uscita dalla centrale a tiraggio naturale fino a 20 MW	10	4	
Uscita dalla centrale a tiraggio naturale > 20 MW	20	8	
Uscita dalla centrale a tiraggio indotto fino a 20 MW	30	10	
Uscita dalla centrale a tiraggio indotto fino tra 20 e 60 MW	80	15	
Uscita dalla centrale a tiraggio indotto > 60 MW	100	20	

(*) = In caso di superamento di tale valore, il limite si considera comunque rispettato se la percentuale di abbattimento dell'impianto AMIS, per H₂S, è maggiore del 97%.

Le centrali costruite nel periodo 01/07/1988 - 31/12/1999, devono presentare la domanda di rinnovo entro dicembre 2014; mentre le centrali autorizzate nel periodo 01/01/2000 – 30/04/2006 devono presentare domanda a partire dal 01/01/2015 e entro 31/12/2018

Per le CGTE costruite dal 1988 fino al 2006 continuano a essere applicati i valori limite delle autorizzazioni in essere.

Autorizzazioni del MICA (Ministero del Commercio, dell'Industria e dell'Artigianato)

In considerazione delle quote emissive delle centrali geotermoelettriche e al probabile sviluppo della geotermia anche in altre regioni, sarebbe auspicabile che i limiti stabiliti a livello regionale, venissero applicati a livello nazionale previa modifica del Dlgs. 152:2006

Nelle nuove autorizzazioni saranno inseriti VLE come definiti dalla DGRT n. 344/2010 allegato A - Requisiti minimi di esercizio

Descrizione	Requisito minimo (%)
Per le centrali: ore di NON funzionamento ₁ x 100/8760	< 5
Per gli AMIS: ore di funzionamento AMIS X 100/ore di funzionamento centrale	≥ 90

nota 1 : per ore di non funzionamento della centrale, si intende quando questa non è attiva e si ha, contemporaneamente, uno sfioro diretto in atmosfera.

Sono quindi escluse da questo computo, le ore di non funzionamento durante le quali non si ha emissione diretta del fluido geotermico (sfioro).

Ruolo ARPAT nel procedimento di VIA della centrale di Bagnore 4



Il procedimento di VIA

- Valutazione del progetto e delle alternative
- Stato iniziale dell'ambiente
- Impatti dal progetto in fase di cantiere, di esercizio, di dismissione
- Benefici dal progetto
- Effetti sull'ambiente e sulla salute derivanti dagli impatti
- Possibili interventi di mitigazione degli impatti
- Monitoraggio ambientale
- Valutazione della compatibilità ambientale

Il caso di Bagnore

- La centrale di Bagnore 3 e gli impatti da essa derivanti fanno parte dello stato iniziale
- La qualità dell'aria dello stato iniziale è comprensiva degli effetti derivanti dagli impatti derivanti dalla centrale di Bagnore 3
- Si valutano gli impatti ed i benefici derivanti dalla realizzazione di Bagnore 4
- Non si può intervenire sulla centrale di Bagnore 3

La prima Fase

- La centrale di Bagnore 4 è aggiuntiva con potenzialità doppia rispetto a quella della centrale attuale di Bagnore 3
- E' previsto un unico gruppo da 40 MW ed un unico impianto AMIS
- Gli impatti aggiuntivi sono rilevanti
- Le situazioni di fermo impianto generano impatti molto significativi
- Non sono previste mitigazioni degli attuali impatti derivanti dalla centrale di Bagnore 3

Alla chiusura del procedimento di VIA



Gli impatti a regime

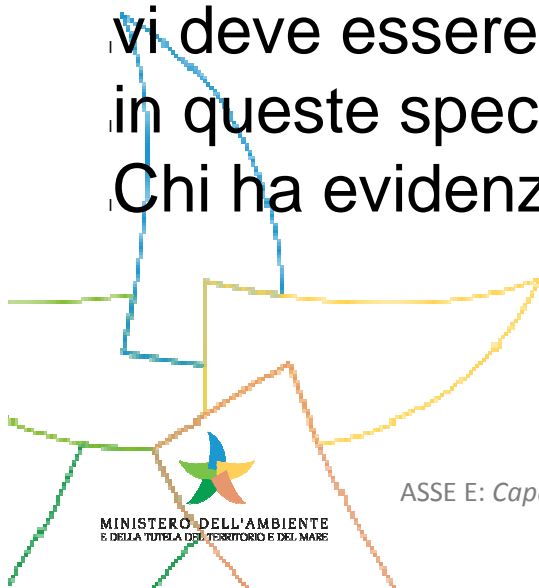
- Per NH3 e DRIFT sono inferiori rispetto agli impatti attuali con la sola Bagnore 3
- L'emissione di H2S nella situazione di marcia ordinaria (3 gruppi e 3 AMIS in funzione) è superiore a quella attuale con la sola Bagnore 3
- Viene evitato lo sfioro nel caso di blocco di uno dei 3 gruppi
- Vengono ridotte le extraemissioni in caso di blocco di uno dei due AMIS di Bagnore 4

L'applicazione dell'MTD

- L'uso della Migliore Tecnologia Disponibile costituisce una forma di ponderazione degli interessi in gioco
- Il ciclo binario nel caso di Bagnore 4 costituisce una MTD?
- Era possibile imporre l'uso di un ciclo binario?
- Era possibile imporre l'uso di torri di raffreddamento a secco?

Il ciclo binario come MTD nel caso di Bagnore 4

- Il fluido geotermico nel campo di Bagnore ha alta entalpia e una consistente presenza di gas incondensabili.
- Il fluido geotermico viene sfruttato a Bagnore 3 a 205°C di temperatura e a 18 bar di pressione, con presenza di circa 8% di gas incondensabili
- Per considerare il ciclo binario una MTD in queste condizioni vi deve essere evidenza della fattibilità anche economica in queste specifiche condizioni
- Chi ha evidenze in merito le comunichi.



Torri a secco come MTD per la riduzione dell'emissione di NH₃

- Le torri a secco hanno il vantaggio di evitare le emissioni dall'acqua di raffreddamento nelle torri
- Si riducono gli impatti dall'emissione di NH₃ e viene annullata l'emissione di DRIFT
- Comportano minore efficienza, maggiore occupazione di suolo e maggiori emissioni sonore
- Possono comportare più frequenti fermi centrale
- Non ci sono esempi di impianti in scala reale attivi in Toscana
- Non potevano essere imposte per Bagnore 3 per cui le emissioni di NH₃ e di DRIFT sarebbero risultate superiori a quelle previste per Bagnore 3 + Bagnore 4

Acidificazione come MTD per abbattimento NH₃

Dopo un periodo di sperimentazione è stato invece ritenuto che nel caso di Bagnore 4, con elevata presenza di NH₃ nei gas incondensabili, l'acidificazione delle acque di condensa con acido solforico costituisca al momento attuale la MTD che permette un abbattimento significativo di NH₃ ed una contestuale ulteriore riduzione delle emissioni di H₂S dalle torri di raffreddamento. L'abbattimento di NH₃ è importante in quanto si tratta della maggiore fonte emissiva della toscana di NH₃, che influisce sulla formazione del PM 10 e 2,5 secondario.



La deposizione di Arsenico

- Dovuta essenzialmente al Drift (si depone As disciolto nel drift)
- Solo una parte (inferiore al 25% di As emesso in fase gassosa) si depone al suolo nelle aree di ricaduta
- Le emissioni di As dalle centrali (in tutte le forme gas + drift) sono molto inferiori a 5 g/h
- Le emissioni di As nel drift sono molto inferiori a 1 g/h

La deposizione di Arsenico nell'Amiata

Centrale	As tot g/h	As drift g/h
PC3	1,1	0,054
PC4	0,54	0,086
PC5	0,39	0,059
Bagnore 3	0,4	0,012

Nella situazione futura Bagnore 3 +4 la deposizione di As dal drift diminuisce, dato che diminuisce la quantità di drift per la maggiore efficienza dei separatori di gocce

Confronto fra deposizione di As e presenza di As nelle falde

Tabella - Flusso di massa dell'arsenico in uscita dalle sorgenti

Denominazione sorgente	Conc. As ($\mu\text{g/L}$)	Portata (L/h)	Arsenico Flusso di massa (g/h)
Ente	12,0	216 000	2,6
Galleria Alta	9,6	2 520 000	24,2
Ermicciolo	4,6	720 000	3,3
Vena Vecchia	6,7	360 000	2,4
Arbure	4,9	342 000	16,7
Polveriera	7,4	30 000	0,7
Carolina	8,9	468 000	41,6
Fonte Murata	5,3	36 000	1,9
		TOTALE =	93,4

Il dato emissivo totale di As delle 4 centrale amiatine è $< 4 \text{ g/h}$

Il quantitativo reale di As che ricade al suolo (frazione disciolta nelle acque di condensa) è stimato in $0,08 \text{ g/h}$

Il sistema di rilevamento della qualità dell'aria nelle aree geotermiche

H₂S (acido solfidrico) è l'inquinante più significativo nelle aree geotermiche

Il monitoraggio avviene tramite stazioni automatiche fisse e mobili

Nell'area geotermica sono presenti:

- 17 stazioni di qualità dell'aria di ENEL GP
- 1 stazione di qualità aria della rete regionale gestita da ARPAT
- 2 mezzi mobili ARPAT

Il sistema di rilevamento della qualità dell'aria nelle aree geotermiche

Altri inquinanti monitorati nelle zone geotermiche sono:

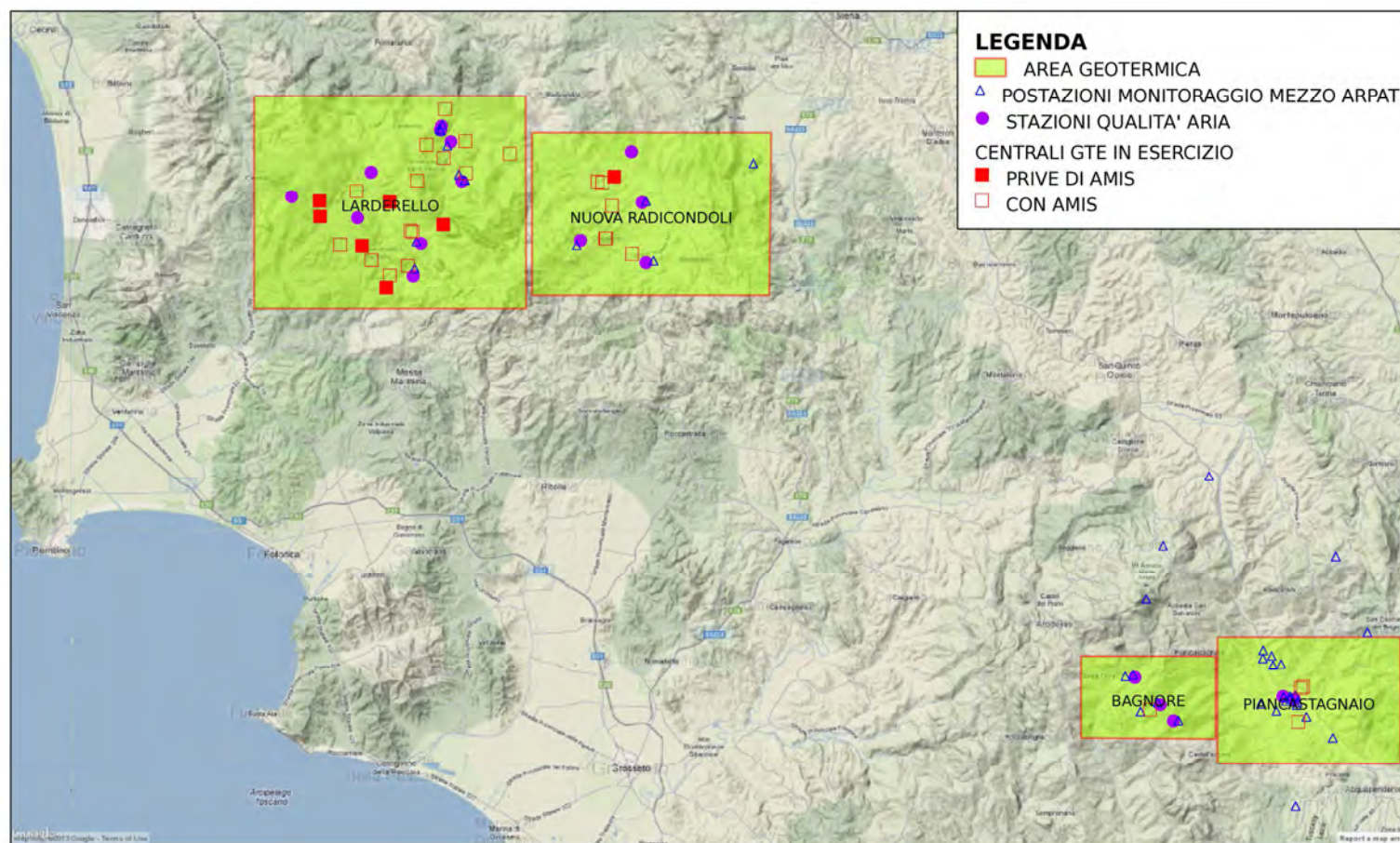
- Hg (mercurio)
- As (arsenico)
- B (boro)
- Sb (antimonio)
- NH₃ (ammoniaca)

La stazione ARPAT di Montecerboli monitora anche gli inquinanti tradizionali (PM₁₀, SO₂, O₃) di scarso interesse nelle aree geotermiche

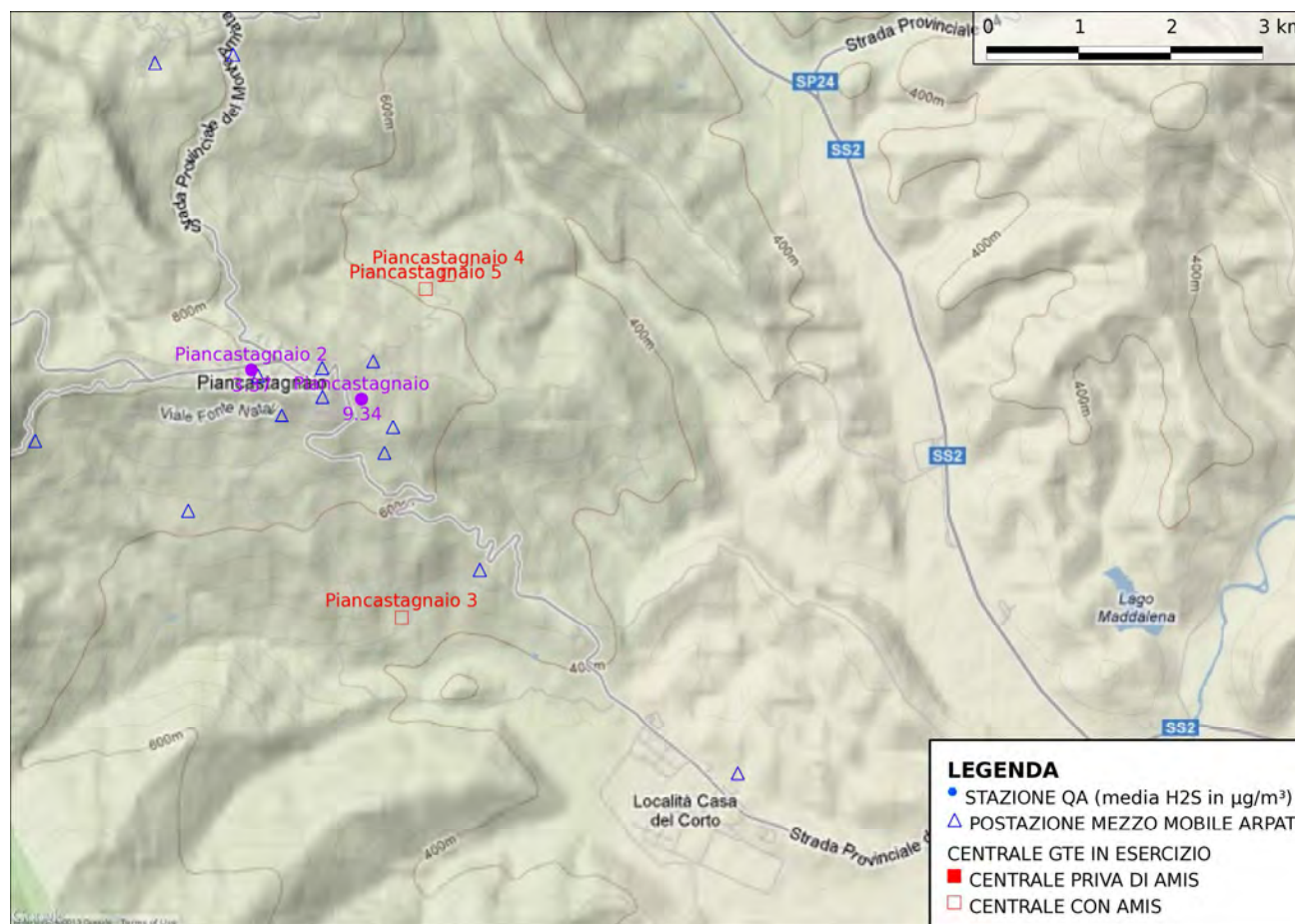
Valori di riferimento

Per acido solfidrico e mercurio non esistono limiti di qualità dell'aria si utilizzano dei valori di riferimento

Parametro	Concentrazione	Riferimento individuato
idrogeno solforato (H ₂ S)	150 µg/m ³	WHO-OMS (Guidelines ed. 2000) – <u>media 24 ore</u>
	100 µg/m ³	WHO-IPCS - <u>>1-14 giorni</u>
	20 µg/m ³	WHO-IPCS - <u>fino a 90 giorni</u>
mercurio (Hg)	200 ng/m ³	MRLs Minimal Risk level - Livelli guida significativi per la salute elaborati dalla Agenzia governativa USA ATSDR, in analogia ai valori soglia EPA, per effetti non cancerogeni delle sostanze chimiche nell'ambiente ad uso della stessa ATSDR per valutare i siti contaminati – <u>media annuale</u>



Area Amiata (SI) (media H₂S anni 2011-2012)

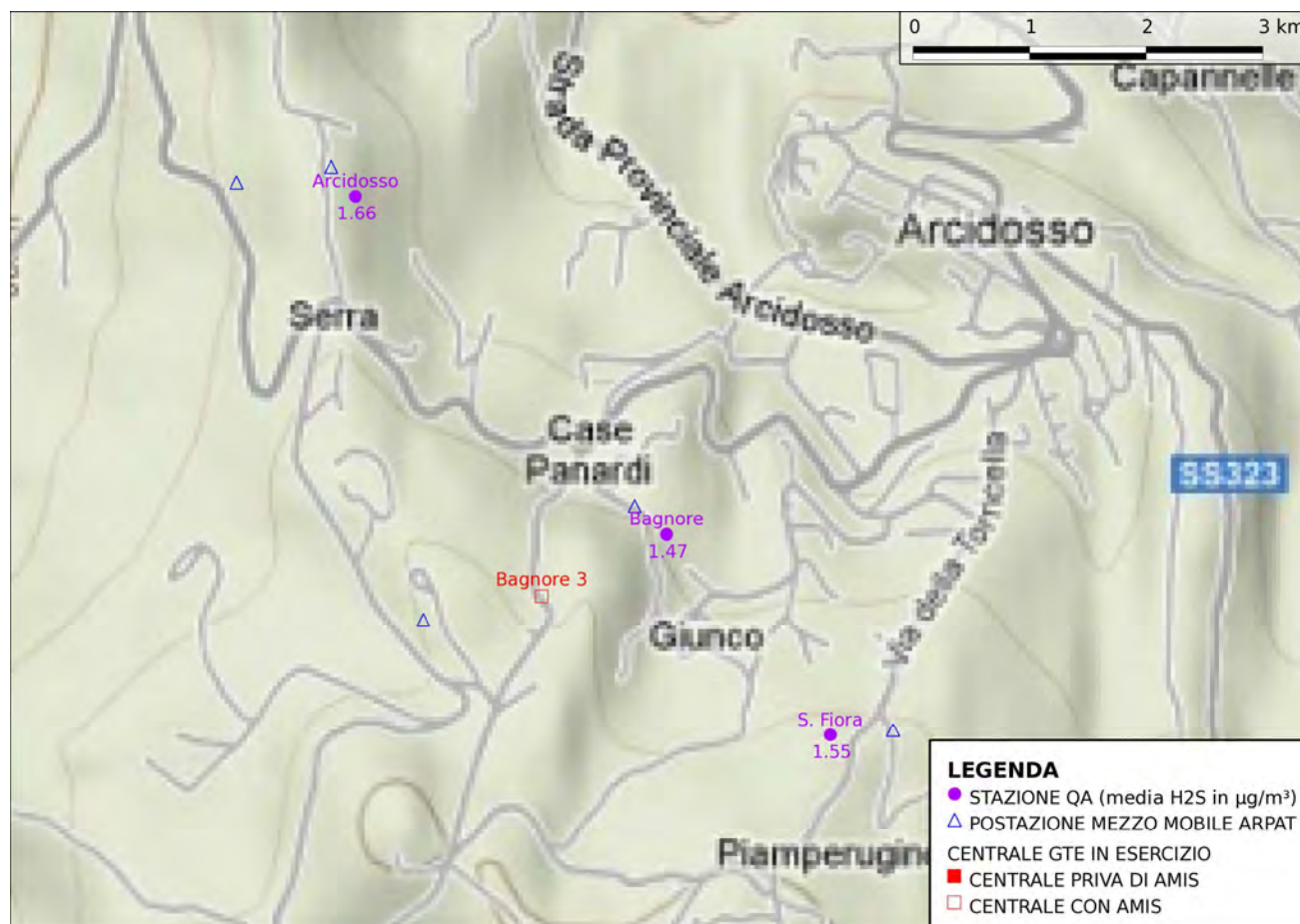


Programma Operativo Nazionale Governance e Azioni di Sistema FSE 2007-2013

ASSE E: Capacità istituzionale - Obiettivo specifico 5.5: Rafforzare ed integrare il sistema di governance ambientale

Azione 7B: Azioni di supporto ai processi di VAS e ai procedimenti di VIA

Area Amiata (GR) (media H₂S anni 2011-2012)



Programma Operativo Nazionale Governance e Azioni di Sistema FSE 2007-2013

ASSE E: Capacità istituzionale - Obiettivo specifico 5.5: Rafforzare ed integrare il sistema di governance ambientale

Azione 7B: Azioni di supporto ai processi di VAS e ai procedimenti di VIA

Concentrazione di Hg mezzo mobile GEO1 Arcidosso

data	anno	mese	dati	Max oraria [ng/m ³]	Max giornaliera [ng/m ³]	Media [ng/m ³]	Valore di riferimento [ng/m ³]
gennaio 2012	2012	1	733	16,16	1,72	0,16	200
febbraio 2012	2012	2	687	1,68	0,22	0,11	200
marzo 2012	2012	3	735	1,11	0,54	0,17	200
aprile 2012	2012	4	710	1,28	0,42	0,18	200
maggio 2012	2012	5	541	1,21	0,15	0,1	200
giugno 2012	2012	6	495	0,96	0,16	0,14	200
luglio 2012	2012	7	617	0,74	0,19	0,15	200
agosto 2012	2012	8	694	16,63	1,17	0,24	200
settembre 2012	2012	9	714	6,03	0,56	0,22	200
ottobre 2012	2012	10	729	1,13	0,24	0,16	200
novembre 2012	2012	11	179	0,65	0,19	0,15	200
dicembre 2012	2012	12	602	0,23	0,15	0,14	200
Intero anno	2012		7436	16,63	1,72	0,163	200

Le maledoranze

Le concentrazioni di inquinanti in aria sono insignificanti rispetto ai limiti sanitari

Per H₂S viene però superato in parte delle ore il limite di odorabilità pari a 7 µg/m³, vi sono pertanto fenomeni di maledoranze specie quando la concentrazione supera i 20 µg/m³

Ciò è legato alle condizioni meteo, ma è più frequente nei casi di blocco centrale e/o di blocco AMIS, da qui l'importanza di elevati requisiti minimi di esercizio



Interventi di mitigazione

Interconnessione dei vapordotti per permettere lo smistamento del vapore durante i blocchi centrale ed evitare gli sfiori

Riserve impiantistiche per compensare il fermo di un impianto

AMIS

Portare al 95% il requisito minimo di esercizio degli impianti

AMIS

Abbattimento del metano (AMIS beta) per ridurre l'emissione di gas climalteranti

Controllo delle emissioni dalle centrali geotermoelettriche in Toscana



Risultati 2013 - Parametri normati

Denominazione Centrale	H ₂ S (kg/h)	Hg totale (g/h)	As totale (g/h)
BAGNORE 3 (20 MW) Tiraggio indotto	23,7	15	< 1
CARBOLI 1 (10 MW) Tiraggio indotto	13,0	4	< 1
FARINELLO (60 MW) Tiraggio indotto	185,3	11,5	2,3
BAGNORE 3 (20 MW) Tiraggio indotto	ND	15	ND
NUOVA SASSO (10 MW) Tiraggio indotto	12,3	7	< 2
SASSO 2 (13 MW) Tiraggio indotto	4,8	ND	ND
CORNIA 2 (15 MW) Tiraggio indotto	16,7	8	< 1
NUOVA LAGONI ROSSI (10 MW) Tiraggio indotto	13,2	5	< 2
MONTEVERDI 1 (20 MW) Tiraggio indotto (6)	11,1	1	< 1
MONTEVERDI 2 (10 MW) Tiraggio indotto (6)	23,7	2	< 1
SESTA 1 (10 MW) Tiraggio indotto	13,8	4	< 1
VALLESECOLO GR 1 (60 MW) Tiraggio indotto	20,5	6	< 4
PC 5 (20 MW) tiraggio indotto	20,3	5	< 1
NUOVA MOLINETTO (10 MW) tiraggio indotto	37,1	3	ND
RADICONOLI GR 2 (20 MW) Tiraggio indotto	24,2	5	< 2
TRAVALLE 3 (15 MW) Tiraggio indotto	66,1	6	< 2
TRAVALLE 4 (40 MW) Tiraggio indotto	28,4	4	< 3
SAN MARTINO (40 MW) Tiraggio indotto	ND	6	ND
BAGNORE 3 (20 MW) Tiraggio indotto	ND	8	ND

Programma Operativo Nazionale Governance e Azioni di Sistema FSE 2007-2013

ASSE E: Capacità istituzionale - Obiettivo specifico 5.5: Rafforzare ed integrare il sistema di governance ambientale

Azione 7B: Azioni di supporto ai processi di VAS e ai procedimenti di VIA

Risultati 2013 - Parametri non normati

Centrale	CO ₂ kg/h	CO kg/h	Se totale g/h	Sb totale g/h	NH ₃ kg/h	CH ₄ kg/h
BAGNORE 3	10507,9	1,3	1	< 1	76,6	272,8
CARBOLI 1	649,7	< 0,01	1	< 1	ND	2
FARINELLO	6813	0,4	2	< 4	73,6	32,3
BAGNORE 3	10509,6	1	ND	ND	ND	285,2
NUOVA SASSO	ND	ND	< 2	< 2	9,6	ND
SASSO 2	8140,3	0,8	ND	ND	0,8	90,6
CORNIA 2	ND	ND	< 2	< 2	14	ND
NUOVA LAGONI ROSSI	6496,3	2,8	1	< 2	8	35,7
MONTE VERDI - 1	ND	ND	< 1	1	12,3	ND
MONTE VERDI - 2	ND	ND	3	< 1	6,8	ND
SESTA 1	3739,5	0,4	1	< 1	12,3	10,4
VALLE SECOLO GR 1	10435,5	1,4	2	< 4	38,2	20,2
PC 5	ND	ND	1	< 1	35,6	ND
NUOVA MOLINETTO	4117,1	0,07	ND	ND	ND	9,6
RADICONOLI GR 2	9209,9	0,9	1	< 1	ND	101,5
TRAVALLE 4	9549,9	0,2	1	1	20,6	88,0
SAN MARTINO	3076,2	1,1	ND	ND	ND	45,9
BAGNORE 3	11441,7	1,8	ND	ND	ND	322,0

Programma Operativo Nazionale Governance e Azioni di Sistema FSE 2007-2013

ASSE E: Capacità istituzionale - Obiettivo specifico 5.5: Rafforzare ed integrare il sistema di governance ambientale

Azione 7B: Azioni di supporto ai processi di VAS e ai procedimenti di VIA

Problematicità:

- *Vicinanza delle centrali ai centri abitati*
- *Manovre sui pozzi di produzione*
- *Assenza di metodi di campionamento specifici per il fluido geotermico (mancanza di una terza parte)*

Obiettivi di miglioramento dello scenario emissivo

- *Riduzione dell'ammoniaca*
- *Riduzione della CO₂ (recupero per usi commerciali)*
- *Riduzione del metano (AMIS Beta)*



CGTE con torri
a tiraggio forzato

CGTE con torri
a tiraggio naturale





Collettore vapore

Circa 200 °C

Circa 19 atm.





Scarico estrattore

Circa 180°C

Circa 1 bar



Uscita impianto AMIS
25 - 30 °C
Circa 1 bar



Programma Operativo Nazionale Governance e Azioni di Sistema FSE 2007-2013

ASSE E: Capacità istituzionale - Obiettivo specifico 5.5: Rafforzare ed integrare il sistema di governance ambientale

Azione 7B: Azioni di supporto ai processi di VAS e ai procedimenti di VIA

Torre di raffreddamento a tiraggio forzato



Torre di raffreddamento a tiraggio naturale

Campionamenti per il controllo della centrale geotermoelettrica

Collettore gas:

Composizione gas (H_2S CO_2 CH_4 N_2 CO O_2 He H_2)

Ammoniaca

Determinazione di ammoniaca ed idrogeno solforato in condensa

Scarico compressore ed uscita AMIS:

Composizione gas (H_2S CO_2 CH_4 N_2 CO O_2 He H_2)

Umidità

Ammoniaca

Determinazione di Hg e As (Se+Sb)

Misure di portata

Torre di raffreddamento:

Determinazione di Hg e As (Se+Sb)

Determinazione di NH_3 e H_2S

*Campionamento Drift**

Misure di portata

Acque di condensa (det. Hg As NH_3 H_2S)

Ingresso torre di raffreddamento

Vasca torre

scarico colonna C2 AMIS

Programma Operativo Nazionale Governance e Azioni di Sistema FSE 2007-2013

ASSE E: Capacità istituzionale - Obiettivo specifico 5.5: Rafforzare ed integrare il sistema di governance ambientale

Azione 7B: Azioni di supporto ai processi di VAS e ai procedimenti di VIA

Emissioni dalla Centrale geotermoelettrica

Correnti di processo emissive:

- Linea gas incondensabili***
- Aeriforme dalla torre di
raffreddamento***



Linea degli incondensabili

Scarico del compressore che estrae la fase gassosa dal condensatore:

- CO_2 (83%); metano (2,2%); H_2S (0,9%); azoto (5,3%); argon, Hg, O_2 e H_2 .



Anno 2013 - Controlli efficienza AMIS

Denominazione Centrale/data	Efficienza abbattimento AMIS - Idrogeno solforato (%)	Efficienza abbattimento AMIS - Mercurio gassoso (%)
Bagnore3 - 20/02/13	99,8	48,4
Farinello - 18/04/13	99,5	96,7
Bagnore3 - 17/05/13	99,8	85,3
Vallesecolo GR 1 - 07/08/13	99,6	89,2
Nuova Molinetto - 27/08/13	99,8	ND
Radicondoli GR 2 - 03/10/13	99,9	97,9
Travale 4 - 30/10/13	97,9	90,1
San Martino - 20/11/13	99,9	97,3
Bagnore3 - 18/12/13	99,8	74,5

Programma Operativo Nazionale Governance e Azioni di Sistema FSE 2007-2013

ASSE E: Capacità istituzionale - Obiettivo specifico 5.5: Rafforzare ed integrare il sistema di governance ambientale

Azione 7B: Azioni di supporto ai processi di VAS e ai procedimenti di VIA