



ARPAT
Agenzia regionale
per la protezione ambientale
della Toscana

REGIONE
TOSCANA



Centrali geotermiche della Toscana

Attività di controllo ARPAT

Anno 2022





Centrali geotermiche della Toscana

Attività di controllo ARPAT

Anno 2022

Centrali geotermiche della Toscana

Attività di controllo ARPAT - anno 2022

A cura di:

Simone Magi, Francesca Andreis e Cesare Fagotti - ARPAT, Settore Geotermia

Con la collaborazione di:

Federico Luchi, ARPAT, Laboratorio AV Sud

Simonetta Castellani, Emanuele Cecconi, Andrea Fattori - ARPAT, Settore Geotermia

Editing e copertina:

ARPAT, Settore Comunicazione, informazione e documentazione

Immagini di copertina: ARPAT



ARPAT 2024

INDICE

1. PREMESSA.....	5
2. ATTIVITÀ DI SFRUTTAMENTO DELLA RISORSA GEOTERMICA IN TOSCANA.....	5
3. ATTIVITÀ DI CONTROLLO ALLE EMISSIONI IN ATMOSFERA.....	10
3.1 FINALITÀ DEL CONTROLLO.....	10
3.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	11
4. CONTROLLI EFFETTUATI NEL 2022 E RELATIVO ESITO.....	13
4.1 EMISSIONE DI ACIDO SOLFIDRICO E MERCURIO DALLE CENTRALI.....	14
4.2 AMIS: FLUSSI DI MASSA DI ACIDO SOLFIDRICO, MERCURIO E ANIDRIDE SOLFOROSA ED EFFICIENZA DI ABBATTIMENTO INQUINANTI.....	14
4.3 REQUISITI MINIMI DI ESERCIZIO.....	16
4.4 BLOCCHI CENTRALE SU IMPIANTI DI BAGNORE 3 E BAGNORE 4.....	19
4.5 EMISSIONE DI TRASCINATO LIQUIDO (DRIFT) PER LE CGTE BAGNORE 3 E BAGNORE 4....	20
5. CONCLUSIONI.....	21

1. PREMESSA

Questa relazione riporta i risultati delle attività di controllo alle emissioni in atmosfera delle centrali geotermoelettriche, svolte da ARPAT nell'anno 2022.

La parte introduttiva fornisce, in particolare, un quadro delle attività di sfruttamento delle risorse geotermiche in Toscana, della normativa di riferimento e del ruolo di ARPAT in tale ambito. Successivamente vengono invece presentati i risultati dei controlli effettuati dal Settore Geotermia di ARPAT e alcuni dati forniti da ENEL Green Power Italia (GPI) con relativa analisi e commento.

2. ATTIVITÀ DI SFRUTTAMENTO DELLA RISORSA GEOTERMICA IN TOSCANA

In Toscana la produzione di energia elettrica tramite coltivazione dei fluidi geotermici rappresenta un'importante fonte energetica, contribuendo a coprire mediamente il 35% del fabbisogno elettrico regionale. L'energia geotermica viene inoltre sfruttata per il teleriscaldamento di abitazioni e serre, rappresentando uno strumento alternativo per la climatizzazione di edifici pubblici e privati.

In Toscana sono presenti 36 gruppi geotermoelettrici produttivi (rif. Tabella 1)¹, che nel 2022 hanno prodotto 5449 GWh di energia elettrica. Le aree produttive su cui è svolta l'attività di coltivazione dei fluidi geotermici ad alta entalpia per la produzione di energia elettrica sono suddivise in due aree principali, territorialmente distinte:

1. **Area geotermica del Monte Amiata**, che comprende gli stabilimenti localizzati nei territori comunali di:

- Piancastagnaio (SI) con tre centrali attive (PC3, PC4, PC5), per una potenza nominale complessiva lorda di 60MW;
- Santa Fiora (GR) dove, in località Bagnore, con tre gruppi produttivi (Bagnore 3, Bagnore 4 grp1, Bagnore 4 grp2), ciascuno di potenza nominale di 20MW, per un totale di 60MW.

Tutte le centrali dell'area geotermica amiatina sono dotate di impianto di abbattimento di mercurio e idrogeno solforato (nel seguito AMIS). Per le centrali presenti in località Bagnore (Bagnore 3, Bagnore 4 grp1 e grp2) è inoltre presente un sistema di abbattimento per l'ammoniaca in quanto questo inquinante è presente in concentrazione elevata nel fluido geotermico che alimenta le centrali del versante grossetano del Monte Amiata.

2. **Area geotermica tradizionale**, caratterizzata da 30 gruppi geotermoelettrici produttivi in grado di fornire una potenza nominale complessiva di circa 795 MW.

Tutte le centrali di questa area geotermica tradizionale sono dotate di impianto AMIS. Nell'area geotermica tradizionale si possono distinguere tre sub-aree:

- **Sub-area Larderello-Castelnuovo Val di Cecina** (Comuni di Pomarance e Castelnuovo Val di Cecina);
- **Sub-area Lago e Val di Cornia** (Comuni di Pomarance, Monterotondo Marittimo e Monteverdi Marittimo);
- **Sub-area Travale-Chiusdino** (Comuni di Montieri, Radicondoli, Chiusdino).

¹ A cui si deve aggiungere un impianto a circuito binario denominato "Binario Bagnore" ubicato in prossimità dei gruppi 1 e 2 di Bagnore 3 e un impianto alimentato a biomasse installato presso il gruppo 1 di Cornia 2. Entrambi non sono oggetto dei controlli del Settore Geotermia di ARPAT.

Tabella 1 – *Elenco Centrali Geotermoelettriche attive al 31/12/2022*

Area territoriale geotermica	Numero	Denominazione centrale	Comune (PV)	Potenza nominale (MW)	Tipologia tiraggio torri di raffreddamento	Data avviamento (anno)
Larderello	1	SESTA 1	Radicondoli (SI)	20	Indotto	2002
	2	FARINELLO	Pomarance (PI)	60	Indotto	1995
	3	NUOVA GABBRO	Pomarance (PI)	20	Naturale	2002
	4	NUOVA LARDERELLO	Pomarance (PI)	20	Naturale	2005
	5	VALLE SECOLO 1	Pomarance (PI)	60	Indotto	1991
	6	VALLE SECOLO 2	Pomarance (PI)	60	Indotto	1992
	7	NUOVA CASTELNUOVO	Castelnuovo (PI)	14	Naturale	2000
	8	NUOVA MOLINETTO	Castelnuovo (PI)	20	Indotto	2002
Radicondoli	1	NUOVA RADICONDOLI 1	Radicondoli (SI)	40	Indotto	2002
	2	NUOVA RADICONDOLI 2	Radicondoli (SI)	20	Indotto	2010
	3	PIANACCE	Radicondoli (SI)	20	Indotto	1987
	4	RANCIA 1	Radicondoli (SI)	20	Indotto	1986
	5	RANCIA 2	Radicondoli (SI)	20	Indotto	1988
	6	TRAVALE 3	Montieri (GR)	20	Indotto	2000
	7	TRAVALE 4	Montieri (GR)	40	Indotto	2002
	8	CHIUSDINO	Chiusdino (SI)	20	Indotto	2010
Lago	1	NUOVA LAGONI ROSSI	Pomarance (PI)	20	Indotto	1981
	2	NUOVA SERRAZZANO	Pomarance (PI)	60	Naturale	2002
	3	MONTEVERDI 1	Monteverdi (PI)	20	Indotto	1997
	4	MONTEVERDI 2	Monteverdi (PI)	20	Indotto	1997
	5	CARBOLI 1	Monterotondo (GR)	20	Indotto	1998
	6	CARBOLI 2	Monterotondo (GR)	20	Indotto	1997
	7	NUOVA LAGO	Monterotondo (GR)	10	Indotto	2002
	8	NUOVA MONTEROTONDO	Monterotondo (GR)	10	Naturale	2002
	9	NUOVA SAN MARTINO	Monterotondo (GR)	40	Indotto	2005
	10	CORNIA 2	Castelnuovo (PI)	20	Indotto	1994
	11	LE PRATA	Castelnuovo (PI)	20	Indotto	1996
	12	NUOVA SASSO	Castelnuovo (PI)	20	Indotto	1996
	13	SASSO 2	Castelnuovo (PI)	20	Naturale	2009
	14	SELVA 1	Castelnuovo (PI)	20	Indotto	1999
Piancastagnaio	1	PIANCASTAGNAIO 3	Piancastagnaio (SI)	20	Indotto	1990
	2	PIANCASTAGNAIO 4	Piancastagnaio (SI)	20	Indotto	1991
	3	PIANCASTAGNAIO 5	Piancastagnaio (SI)	20	Indotto	1991
	4	BAGNORE 3	Santa Fiora (GR)	20	Indotto	1998
	5	BAGNORE 4 grp 1	Santa Fiora (GR)	20	Indotto	2015
	6	BAGNORE 4 grp 2	Santa Fiora (GR)	20	Indotto	2015

Dal 1996 la Regione Toscana ha affidato ad ARPAT lo svolgimento delle attività ritenute significative per valutare la sostenibilità e la compatibilità ambientale della coltivazione dei fluidi geotermici.

A partire dal 2012, l'attività è proseguita ai sensi della DGRT n. 344 del 2010, confermando l'interesse per tale matrice ambientale e formalizzando una specifica struttura, il Settore Geotermia, con sede presso il Dipartimento di Grosseto.

Il Settore Geotermia di ARPAT, in linea con gli indirizzi della Regione Toscana, ha pertanto il compito di espletare le seguenti attività di controllo e monitoraggio:

- controllo delle emissioni delle centrali geotermoelettriche;
- monitoraggio della qualità dell'aria del territorio geotermico toscano, con particolare attenzione alle seguenti sostanze: mercurio gassoso, anidride solforosa e acido solfidrico (o idrogeno solforato), ritenute rappresentative delle pressioni esercitate dalle attività geotermiche antropiche e/o naturali;
- monitoraggio di acque superficiali e sotterranee (sorgenti e piezometri) del Monte Amiata.

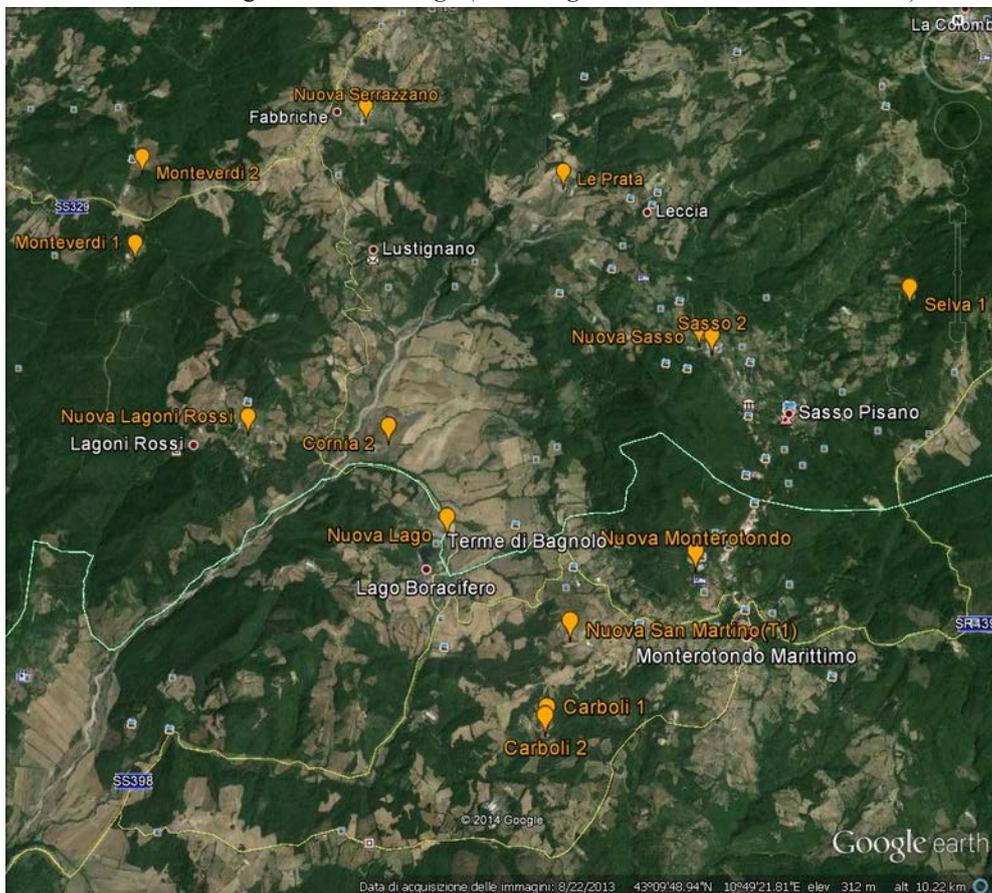
Gli ultimi due punti sono oggetto di specifiche relazioni tecniche pubblicate nella sezione "Documentazione" del sito Web di ARPAT e pertanto non vengono trattati nella presente relazione.

Nelle sottostanti cartografie sono riportate le localizzazioni delle centrali geotermoelettriche nel territorio della Toscana organizzate per Aree Geotermiche (AGE).

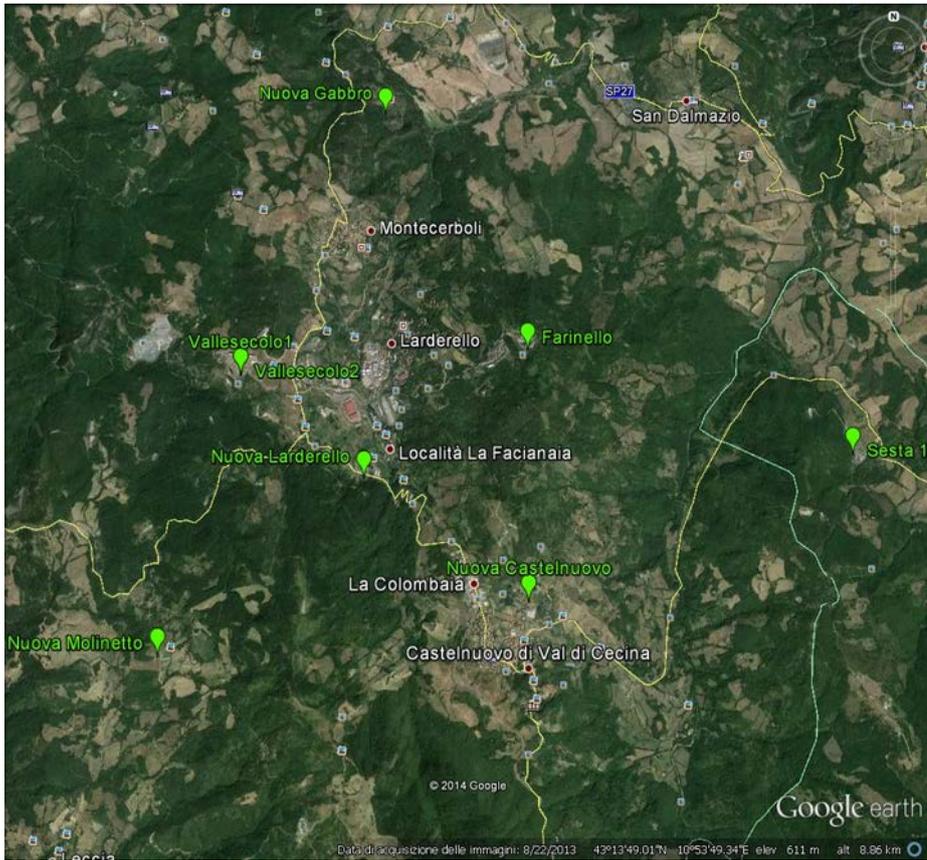
Cartografia 1 - AGE Piancastagnaio (centrali geotermoelettriche in rosso)



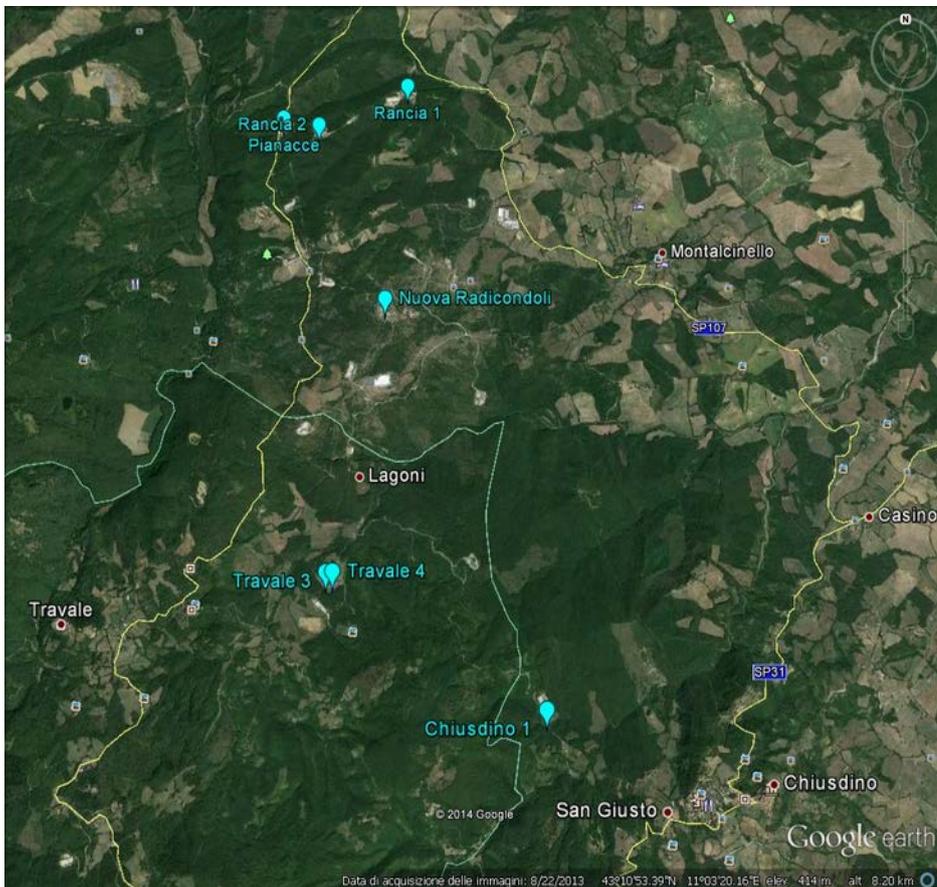
Cartografia 2 - AGE Lago (centrali geotermoelettriche in arancione)



Cartografia 3 - AGE Larderello (centrali geotermoelettriche in verde)



Cartografia 4 - AGE Radicondoli (centrali geotermoelettriche in celeste)



3. ATTIVITÀ DI CONTROLLO ALLE EMISSIONI IN ATMOSFERA

3.1 FINALITÀ DEL CONTROLLO

Il controllo delle emissioni delle centrali geotermoelettriche ha per finalità principale la verifica del rispetto dei Valori Limite di Emissione – VLE ai sensi della normativa regionale vigente.

Come finalità secondarie ha inoltre il compito di caratterizzare e approfondire le conoscenze relative all'utilizzo della risorsa geotermica da parte delle centrali geotermoelettriche.

I controlli effettuati da ARPAT nell'anno 2022 si possono circoscrivere nell'espletamento delle seguenti attività:

1. sopralluogo impianto centrale geotermoelettrica;
2. campionamento delle sezioni di impianto denominate: collettore vapore (solo per le centrali di Bagnore3 e Bagnore 4), impianto di abbattimento mercurio e idrogeno solforato – AMIS (comprensivo di scarico compressore e uscita AMIS) e torre di raffreddamento;
3. misurazioni in campo con strumentazione portatile:

Collettore di centrale (solo per le centrali di Bagnore)	Impianto AMIS		Torre refrigerante
	Scarico compressore (ingresso AMIS)	Uscita AMIS	
Portata massica	Portata massica, pressione fluido temperatura fluido	Portata massica, pressione, temperatura, flusso di massa anidride solforosa	Velocità media, temperatura, pressione e portata umida dell'aeriforme

4. Determinazione analitica (presso il laboratorio ARPAT - AVS con sede presso il Dipartimento provinciale ARPAT di Siena) dei seguenti parametri di interesse geotermico per le diverse sezioni di impianto:

Collettore di centrale (solo per le centrali di Bagnore)	Scarico compressore (Ingresso AMIS)	Uscita AMIS	Torre refrigerante
Acido solfidrico, ammoniacca	Acido solfidrico, mercurio, biossido di carbonio, metano	Acido solfidrico, mercurio, anidride solforosa, ammoniacca, biossido di carbonio, metano	Acido solfidrico, ammoniacca, mercurio

Per i controlli viene applicata la procedura tecnica riportata nel Decreto RT n. 1743 del 08/05/2014 così come modificato Decreto RT n. 9721 26/09/2016, che stabilisce:

- le condizioni del controllo, definendo i criteri di assetto dell'impianto al fine di rendere valido il controllo stesso;

- l'emissione della centrale e le correnti di processo che vi concorrono;
- gli inquinanti da determinare, che comprendono tutti quelli per i quali sono stabiliti Valori Limite di Emissione (VLE), più altri inquinanti per i quali non sono previsti VLE, nonché i relativi metodi di campionamento, analisi e valutazione dei risultati.

In particolare, per la determinazione del mercurio gassoso alle emissioni per le torri di raffreddamento, viene utilizzato il metodo IGG-ICCOM/CNR-3 (M3) e, per la determinazione dell'acido solfidrico in uscita dalla torre refrigerante, è applicato il metodo “*Procedura di campionamento e analisi per la determinazione dell'idrogeno solforato in uscita dalle torri di raffreddamento delle centrali geotermoelettriche*” – IGG/CNR-4 (M4), validato dal CNR – Consiglio Nazionale delle Ricerche.

3.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

I valori limite alle emissioni in atmosfera sono fissati dal D.lgs. 152/2006. Per le centrali geotermoelettriche tali valori risulterebbero, tuttavia, troppo permissivi, in quanto non rappresentativi dell'effettivo impatto emissivo causato da una centrale geotermoelettrica in esercizio. Per questo motivo, la Regione Toscana (RT) ha previsto l'applicazione di valori limite di emissione totale di stabilimento più restrittivi rispetto alla normativa nazionale. E' inoltre prevista l'applicazione di valori limite di emissione specifici per l'impianto di abbattimento AMIS (limiti non previsti dalle normative nazionali). Tale parte di impianto permette di abbattere in modo efficace il mercurio e l'acido solfidrico presenti nei gas incondensabili in uscita dal condensatore di una centrale geotermoelettrica e permette di ridurre le emissioni di questi inquinanti in atmosfera.

Le centrali di Bagnore 3 (CGTE non controllata nel 2021) e Bagnore 4 grp1 e grp2, in esercizio sul versante grossetano del Monte Amiata, in località Bagnore (GR), a causa della peculiare composizione del fluido geotermico trattato, sono state dotate anche di sistemi di abbattimento dell'ammoniaca. Per tali gruppi produttivi sono stati quindi definiti valori limite di abbattimento percentuale in ingresso centrale sia per l'acido solfidrico che per l'ammoniaca (Prescrizione 19 della Delibera Giunta Regionale 810/2012).

La maggior parte delle centrali sono autorizzate con Autorizzazione Unica Ambientale (AUA) con prescrizioni di cui alla normativa regionale, allegato A della DGRT 344/2010; le centrali Sasso 2 e Nuova Lagoni Rossi sono invece autorizzate con Autorizzazione Unica ai sensi del DM 07/03/1994 (Decreto RT n. 1198 del 26/03/2008).

Sul BURT Parte Prima n.7, del 13 febbraio 2019, è stata pubblicata la Legge Regionale n.7 del 05 febbraio 2019, “*Disposizioni in materia di geotermia. Modifica alla LR 45/1997*”, che disciplina le modalità di assegnazione delle concessioni di coltivazione delle aree geotermiche e autorizzazione all'esercizio degli impianti geotermici prevedendo, per questi ultimi, valori limite ancor più restrittivi per i parametri SO₂ in uscita AMIS e per il mercurio in uscita dalle centrali con carico produttivo di 60MW.

Sono altresì adottati limiti più restrittivi riguardo alle ore di disponibilità AMIS e di funzionamento delle centrali con la finalità di un miglioramento e un'attenzione continua nella gestione delle fermate per le manutenzioni programmate. Inoltre, la legge disciplina modalità diverse di impiego delle risorse derivanti dall'attività geotermoelettrica ai sensi del D.lgs. 22/2010, art 16, comma 4

lett.a), mediante la facilitazione del riutilizzo del calore non utilizzato per la produzione di energia elettrica e del recupero di CO₂ per fini commerciali, in un'ottica di economia circolare.

Nella tabella seguente sono riportate le denominazioni delle centrali controllate nel 2022 con le relative autorizzazioni di riferimento e i valori limite di emissione.

Tabella 2 – Autorizzazioni delle centrali controllate nell'anno 2022

Denominazione centrale	Autorizzazione	Valori limite di Emissione	
		Uscita Centrale	Uscita AMIS ⁽¹⁾
PC5	Autorizzazione unica SUAP n.17606 del 19/10/2015	H ₂ S = 30 kg/h Hg = 10 g/h	H ₂ S = 3 kg/h Hg = 2 g/h SO ₂ = 200 g/h
Nuova Larderello	Determinazione della Provincia di Pisa n.4040 del 02/10/2014	H ₂ S = 30 kg/h Hg = 4 g/h	
Sasso 2	Decreto RT n.1198 del 26/03/2008	Parte IV° Sez.2 p.to3 All.I p.teV° D.lgs. 152/2006	
Selva 1	Determinazione della Provincia di Pisa n.3817 del 19/09/2014	H ₂ S = 30 kg/h Hg = 10 g/h	
Nuova Lago	Autorizzazione unica SUAP Unione Comuni Colline Metallifere n.38 del 16/01/2015	H ₂ S = 30 kg/h Hg = 10 g/h	
Travale 4	Autorizzazione unica SUAP Unione Comuni Colline Metallifere n.74 del 25/01/2017	H ₂ S = 80 kg/h Hg = 15 g/h	
Rancia 1	Det. SUAP Radicondoli Prov.SI n.2116 del 21/09/2015	H ₂ S = 30 kg/h Hg = 10 g/h	
Rancia 2	Det. SUAP Radicondoli Prov.SI n.2118 del 21/09/2015	H ₂ S = 30 kg/h Hg = 10 g/h	
Sesta 1	Autorizzazione unica RT n.14233 del 23/12/2016	H ₂ S = 30 kg/h Hg = 10 g/h	
Nuova Serrazzano	Autorizzazione unica SUAP Volterra Pomarance n.7 del 18/01/2017	H ₂ S = 80 kg/h Hg = 8 g/h	
Nuova Gabbro	Determinazione della Provincia di Pisa n.4060 del 13/10/2014	H ₂ S = 30 kg/h Hg = 4 g/h	
Bagnore 4 (grp.1 e 2)	Decreto Regione Toscana n. 570 del 20/02/2014 + Prescrizione n.16 Delibera RT n. 810/2012	H ₂ S = 30 kg/h Hg = 10 g/h	

Nota (1) - H₂S in uscita AMIS. In caso di superamento del valore di riferimento (3 kg/h), il valore limite si considera comunque rispettato se l'abbattimento sull'ingresso è superiore al 97%.

4. CONTROLLI EFFETTUATI NEL 2022 E RELATIVO ESITO

Nel 2022, i controlli si sono svolti da febbraio a dicembre ed hanno interessato 13 gruppi produttivi: 3 appartenenti all'AGE di Radicondoli, 4 all'AGE di Lago, 2 nell'AGE di Larderello e 3 nell'AGE di Piancastagnaio (Tabella 3).

I controlli hanno previsto sia il sopralluogo che il campionamento di specifiche sezioni di impianto. Per tutte le centrali è stata valutata l'efficienza di abbattimento di mercurio e acido solfidrico dell'AMIS eseguendo campionamenti sia in ingresso (scarico compressore) che in uscita AMIS.

Per le centrali di Nuova Lago, Travale 4, Rancia 1, Rancia 2, Sesta 1, Bagnore 4 grp. 1 e grp. 2 sono stati inoltre effettuati controlli completi: i campionamenti hanno infatti riguardato l'impianto AMIS e la torre refrigerante. Nel caso dei due gruppi produttivi di Bagnore 4 (grp 1 e grp 2) è stato effettuato invece solo un controllo emissivo per l'attribuzione del "premio NZE" (DM 29/03/2018).

Tabella 3 – Controlli CGTE svolti 2022

Denominazione centrale	AGE	Comune (provincia)	Date controllo	Tipo di controllo	Sezione impianto controllata	Potenza nominale (MWe)
PC5	Piancastagnaio	Piancastagnaio (SI)	08/02/2022	Sopralluogo e campionamento	AMIS	20
Nuova Larderello	Larderello	Pomarance (PI)	03/03/2022	Sopralluogo e campionamento	AMIS	20
Sasso 2	Lago	Castelnuovo V. C.na (PI)	24/03/2022	Sopralluogo e campionamento	AMIS	20
Selva 1	Lago	Castelnuovo V. C.na (PI)	13/04/2022	Sopralluogo	AMIS	20
Nuova Lago	Lago	Monterotondo (GR)	24-25/05/2022	Sopralluogo e campionamento	Impianto completo	10
Travale 4	Radicondoli	Montieri (GR)	14-15/06/2022	Sopralluogo e campionamento	Impianto completo	40
Rancia 1	Radicondoli	Radicondoli (SI)	12-13/07/2022	Sopralluogo e campionamento	Impianto completo	20
Rancia 2	Radicondoli	Radicondoli (SI)	26-27/07/2022	Sopralluogo e campionamento	Impianto completo	20
Sesta 1	Larderello	Radicondoli (SI)	23-24/08/2022	Sopralluogo e campionamento	Impianto completo	20
Nuova Serrazzano	Lago	Pomarance (PI)	13/09/2022	Sopralluogo e campionamento	AMIS	60
Nuova Gabbro	Larderello	Pomarance (PI)	14/09/2022	Sopralluogo e campionamento	AMIS	20
Bagnore 4 (grp.1 e 2)	Piancastagnaio	Santa Fiora (GR)	25-27/10/2022	Sopralluogo e campionamento	AMIS 1 e 2	20 cad.
Bagnore 4 (grp.1 e 2)	Piancastagnaio	Santa Fiora (GR)	20-21/12/2022	Sopralluogo e campionamento	Torri 1 e 2	20 cad.

4.1 EMISSIONE DI ACIDO SOLFIDRICO E MERCURIO DALLE CENTRALI

Come specificato nel capitolo precedente, solo per le centrali di Nuova Lago, Travale 4, Rancia 1, Rancia 2, Sesta 1 e Bagnore 4 sono stati effettuati controlli completi comprendenti il campionamento in uscita AMIS e in torre di raffreddamento per i parametri normati acido solfidrico e mercurio. Nella sottostante tabella 4 sono riportati, in flusso di massa, i dati 2022 relativi ai parametri menzionati per le centrali sopracitate:

Tabella 4 – Risultati emissivi totali per le centrali di Nuova Lago, Travale4, Rancia1, Rancia2, Sesta, Bagnore4

EMISSIONE TOTALE DELLA CENTRALE - PARAMETRI NORMATI (Tab. 4.1 della DGRT n. 344/2010)					
Centrale	Data	H ₂ S Emissione centrale (kg/h)	H ₂ S Valore Limite di Emissione (kg/h)	Hg Emissione centrale (g/h)	Hg Valore Limite di Emissione (g/h)
Nuova Lago	24-25/05/2022	2,1	30	1,9	10
Travale 4	14-15/06/2022	2,6	80	NE	15
Rancia 1	12-13/07/2022	10,4	30	2,8	10
Rancia 2	26-27/07/2022	1,5	30	3,7	10
Sesta 1	23-24/08/2022	1,2	30	2	10
Bagnore 4 AMIS g.1 e g.2	25-27/10/2022	0,2 (g.1) 0,3 (g.2)	3	0,3 (g.1) 0,8 (g.2)	2
Bagnore 4 Torri g.1 e g.2	20-21/12/2022	5,3 (g.1) 8,8 (g.2)	30	1,9 (g.1) 2,8 (g.2)	10

In giallo Valori Limite di Emissione (VLE); NE = non eseguito per motivi tecnici

Tutti i risultati (espressi come flusso di massa) sono conformi ai Valori Limite di Emissione.

4.2 AMIS: FLUSSI DI MASSA DI ACIDO SOLFIDRICO, MERCURIO E ANIDRIDE SOLFOROSA ED EFFICIENZA DI ABBATTIMENTO INQUINANTI

Nella sottostante tabella 5 sono riportati i dati relativi al flusso di massa di acido solfidrico, mercurio e anidride solforosa per l'impianto AMIS, nonché i relativi valori di abbattimento percentuale. Come si evince dalla tabella tutti i risultati ottenuti sono compresi entro i Valori Limite di Emissione in uscita AMIS. L'impianto AMIS permette di ridurre in modo significativo la concentrazione di mercurio e acido solfidrico nel gas incondensabile trattato, come dimostrato dalle percentuali di abbattimento per questi due inquinanti.

Per l'acido solfidrico, i dati dimostrano una sistematica ed elevata efficienza di abbattimento prossima al 100%. Nella maggior parte delle centrali controllate, per il mercurio, si registrano le più buone efficienze di abbattimento, superiori al 90%. Solo per le centrali di Rancia 1, Rancia 2 e Sesta 1 l'efficienza di abbattimento per il mercurio risulta più bassa rispetto agli altri casi.

I risultati in questione sono condizionati probabilmente da una bassa concentrazione di mercurio nel fluido in ingresso AMIS. Inoltre, tali centrali sono dotate di impianto AMIS configurato "a ciclo inverso". Contrariamente agli AMIS a ciclo diretto, negli AMIS a ciclo inverso il reattore R2 necessario per l'abbattimento del mercurio è a valle della colonna C2. L'incondensabile in uscita C2 presenta temperature intorno ai 30 °C, notevolmente più basse rispetto alle temperature del gas in

entrata AMIS, superiori a 250°C. Le reazioni di abbattimento del mercurio gassoso sono favorite da alte temperature ed è per questo motivo che negli AMIS a ciclo diretto l'efficienza di abbattimento risulta maggiore. Tuttavia, a discapito di una minor capacità di abbattimento, gli AMIS a ciclo inverso richiedono una manutenzione minore e quindi rimangono in funzione per un periodo di tempo maggiore rispetto agli AMIS a ciclo diretto. Si precisa comunque che l'efficienza di abbattimento percentuale del mercurio da parte dell'AMIS non è un parametro per il quale sono fissati limiti.

Nel caso dei controlli su Travale 4 e Nuova Gabbro sono stati effettuati esclusivamente campionamenti alla componente emessa dall'impianto di abbattimento, per la sola verifica del rispetto dei limiti emissivi autorizzati.

Tabella 5 – Risultati relativi alle portate di acido solfidrico, mercurio e anidride solforosa e valori di abbattimento percentuale di mercurio e acido solfidrico per l'impianto AMIS delle CGTE controllate nel 2022

Denominazione centrale	Date controllo	Scarico compressore		Uscita AMIS			Efficienza di abbattimento %	
		Flusso di massa acido solfidrico (kg/h)	Flusso di massa mercurio (g/h)	Flusso di massa acido solfidrico (kg/h) VLE 3 kg/h	Flusso di massa mercurio (g/h) VLE 2g/h	Flusso di massa anidride solforosa (g/h) VLE 200g/h	Acido solfidrico	Mercurio
PC5	08/02/2022	187	12	0,2	0,1	35	99,9	98,9
Nuova Larderello	03/03/2022	26,9	0,32	0,32	0,006	3,8	99,9	98,1
Sasso 2	24/03/2022	63,6	2,74	0,7	0,098	52,4	98,9	96,4
Selva 1	13/04/2022	73,8	5,8	0,1	0,4	33,4	99,8	92,5
Nuova Lago	24-25/05/2022	22,6	1,2	0,03	0,1	5,8	99,9	94,2
Travale 4	14-15/06/2022	-	-	0,4	NE	124	-	-
Rancia 1	12-13/07/2022	47,7	5,8	0,1	1,6	23,8	99,7	71,7
Rancia 2	26-27/07/2022	71,47	7,96	0,17	1,1	42,8	99,7	86
Sesta 1	23-24/08/2022	96	2,8	0,1	0,4	24	99,9	85
Nuova Serrazzano	13/09/2022	110,5	9,7	0,2	1,2	12,4	99,8	88
Nuova Gabbro	14/09/2022	-	-	0,8	0,4	39,2	-	-
Bagnore 4 (grp.1)	25-27/10/2022	179,1	22,7	0,2	0,4	49,9	99,9	98,5
Bagnore 4 (grp.2)	25-27/10/2022	117,3	23,5	0,3	0,8	46,7	99,8	96,7

Nel 2022, per motivi tecnico/organizzativi, i controlli agli abbattimenti percentuali di impianto (parametri NH₃ e H₂S) nelle centrali di Bagnore (Bagnore3, Bagnore4 g.1 e g.2) e le interconnessioni AMIS (trattamento +50% gas incondensabili) di Bagnore4, non sono stati effettuati.

4.3 REQUISITI MINIMI DI ESERCIZIO

Le centrali geotermoelettriche hanno la particolarità di non poter chiudere i pozzi produttivi afferenti alla centrale in caso di guasto o di blocco della centrale stessa (la chiusura dei pozzi è un'operazione complessa e pericolosa). Per questo motivo, la Regione Toscana, con la delibera n. 344/2010, ha definito i requisiti minimi di esercizio su base annua che le centrali devono rispettare allo scopo di minimizzare gli sfiori in atmosfera dovuti alle manutenzioni ordinarie e ad eventi accidentali (Tabella 4.2 dell'allegato A della DGRT 344/2010 – Tabella 6).

Tabella 6 – *Requisiti minimi di esercizio – Valori limite (Tab. 4.2 Allegato A DGRT 344/2010)*

Descrizione	Requisito minimo (%)
Per le centrali: ore di <i>NON funzionamento</i> ⁽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 il caso in cui questa non sia attiva e si abbia, 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).

Per le tre centrali presenti in Loc. Bagnore (Bagnore 3, Bagnore 4 grp1 e Bagnore 4 grp2), il requisito minimo di ore di funzionamento AMIS è più restrittivo in quanto innalzato a un valore ≥ 95% (anziché superiore o uguale a 90%).

In tabella 7 sono riportati i risultati relativi ai controlli dei Requisiti Minimi. I calcoli sono eseguiti da ARPAT utilizzando i dati di processo trasmessi da ENEL GPI nei documenti d'impianto per il 2022.

Tabella 7 – *Requisiti minimi anno 2022*

	Denominazione Centrale	Per le centrali: ore di non funzionamento x 100/8760 (Requisito minimo < 5%)	Per gli AMIS: ore di funzionamento AMIS x 100/ore di funzionamento c.le (Requisito minimo ≥ 90%)
1	Bagnore 3	<1	96
2	Bagnore 4 Gr1	<1	98
3	Bagnore 4 Gr2	<1	98
4	Carboli 1	1	92
5	Carboli 2	<1	93
6	Chiusdino 1	<1	93
7	Cornia 2	<1	92

	Denominazione Centrale	Per le centrali: ore di non funzionamento x 100/8760 (Requisito minimo < 5%)	Per gli AMIS: ore di funzionamento AMIS x 100/ore di funzionamento c.le (Requisito minimo ≥ 90%)
8	Farinello	<1	91
9	Le Prata	<1	92
10	Monteverdi 1	<1	92
11	Monteverdi 2	<1	92
12	Nuova Castelnuovo	4	91
13	Nuova Gabbro	<1	94
14	Nuova Lago	4	91
15	Nuova Lagoni Rossi	<1	92
16	Nuova Larderello	<1	93
17	Nuova Molinetto	<1	91
18	Nuova Monterotondo	3	92
19	Nuova Radicondoli	1	92
20	Nuova Radicondoli 2	2	91
21	Nuova S.Martino	<1	92
22	Nuova Sasso	<1	93
23	Nuova Serrazzano	4	92
24	Pianacce	<1	91
25	Piancastagnaio 3	4	98
26	Piancastagnaio 4	<1	97
27	Piancastagnaio 5	1	97
28	Rancia 1	1	94
29	Rancia 2	<1	92
30	Sasso 2	<1	93

	Denominazione Centrale	Per le centrali: ore di non funzionamento x 100/8760 (Requisito minimo < 5%)	Per gli AMIS: ore di funzionamento AMIS x 100/ore di funzionamento c.le (Requisito minimo ≥ 90%)
31	Selva 1	<1	92
32	Sesta 1	<1	92
33	Travale 3	<1	99
34	Travale 4	<1	93
35	Vallesecolo 1	<1	92
36	Vallesecolo 2	<1	96

Per le centrali ricadenti nella Provincia di Pisa (Tabella 8), la prescrizione dei Requisiti Minimi è da ritenersi comunque non rispettata nel caso la media triennale (per l'ultimo triennio di riferimento) nei periodi di fermo AMIS e blocco centrale, evidenzi il non rispetto del requisito minimo delle condizioni di esercizio.

Tabella 8 – *Requisiti minimi delle centrali della provincia di Pisa*

	Denominazione Centrale – Provincia di Pisa	Per le centrali (medie 2020-2022): ore di non funzionamento x 100/8760 (Requisito minimo < 5%)	Per gli AMIS (medie 2020-2022): ore di funzionamento AMIS x 100/ore di funzionamento c.le (Requisito minimo ≥ 90%)
1	Cornia 2	<1	92
2	Farinello	<1	91
3	Le Prata	<1	92
4	Monteverdi 1	<1	92
5	Monteverdi 2	<1	92
6	Nuova Castelnuovo	4	91
7	Nuova Gabbro	<1	94
8	Nuova Lagoni Rossi	<1	92
9	Nuova Larderello	<1	93
10	Nuova Molinetto	<1	91
11	Nuova Sasso	<1	93
12	Nuova Serrazzano	4	92
13	Sasso 2	<1	93

14	Selva 1	<1	92
15	Vallesecolo 1	<1	92
16	Vallesecolo 2	<1	96

Con riferimento ai risultati di cui alle tabelle 7 e 8, tutte le centrali risultano entro i limiti fissati per i Requisiti Minimi previsti dalla Delibera della Regione Toscana n. 344/2010.

4.4 BLOCCHI CENTRALE SU IMPIANTI DI BAGNORE 3 E BAGNORE 4

Con riferimento alla DGRT 344/2010, per le due centrali di Bagnore il numero di blocchi, intesi come ore di sfioro dovuti alle manutenzioni e ai malfunzionamenti, non devono essere superiori al valore limite di 18,9 ore di sfioro/anno. Tale valore è stato calcolato considerando il 10% del valore medio delle ore di sfioro di impianto per la centrale di Bagnore 3 registrate dal 2002 al 2011, pari a 189 ore di sfioro/anno (allegato A delibera R.T. 810 del 2012 pr.ne 17.1). In seguito alla realizzazione dei due gruppi di Bagnore 4, grazie alle interconnessioni dei vapordotti tra i tre gruppi produttivi (Bagnore 3 e Bagnore 4 grp.1 e grp. 2), gli sfiori diretti in atmosfera sono diminuiti. Grazie alla laminazione dei pozzi attraverso il vapordotto interconnesso, un gruppo produttivo può infatti andare in blocco senza che si verifichi lo sfioro dal silenziatore di impianto. Per questo motivo il valore limite deliberato nella fase autorizzatoria è sensibilmente inferiore al valore medio calcolato dagli anni precedenti.

Nella sottostante tabella 9 sono riepilogate le ore di sfioro dei singoli gruppi, messe a confronto con il valore limite. I calcoli sono eseguiti da ARPAT utilizzando i dati di processo trasmessi da ENEL GPI nei documenti d'impianto.

Tabella 9 – Ore di sfioro Bagnore3 e Bagnore4 – Aggiornamento anno 2022

Anno	Bagnore 3 (ore di sfioro/anno)	Bagnore 4 grp.1 (ore di sfioro/anno)	Bagnore 4 grp.2 (ore di sfioro/anno)	Valore limite (ore di sfioro/anno)
2015	13,5	3,7	5,8	18,9
2016	10,2	5,9	0 (zero)	
2017	11,9	8,0	11,5	
2018	3,0	1,2	2,8	
2019	11,7	1,4	2,8	
2020	10,9	NE	1,8	
2021	8,1	NE	3,0	
2022	4,3	1,1	2,4	

Dati ENELGPI estratti dai documenti d'impianto

Nota. Non sono conteggiate le emissioni della durata inferiore a 1 ora

NE- Non eseguito causa pandemia da Covid19 (comunicazione ENEL GPI del 22/03/2020 prot. ENEL n. 2581)

I dati risultano tutti inferiori al Valore Limite di 18,9 ore di sfioro/anno.

4.5 EMISSIONE DI TRASCINATO LIQUIDO (DRIFT) PER LE CGTE BAGNORE 3 E BAGNORE 4

Le due centrali site in Loc. Bagnore (GR), Bagnore 3 e Bagnore 4, sono dotate di impianti ad alta efficienza di separazione del trascinato liquido in uscita dalle torri refrigeranti (prescrizione n. 10 della DGRT di VIA n. 810/2012). Risulta fissato un valore limite di emissione del trascinato liquido pari a 370 l/h ($\pm 10\%$). In tabella 10, sono riepilogati i risultati a partire dal 2015. I calcoli sono eseguiti da ARPAT utilizzando i dati di processo trasmessi da ENEL GPI nei documenti d'impianto.

Tabella 10 – Emissioni trascinato liquido Bagnore3 e Bagnore4 – periodo temporale 2015 - 2022

Anno	semestre	Bagnore3 (L/h)	Bagnore4 grp1 + grp2 (L/h)	Valore limite di emissione (L/h)
2015	1° sem	324	196	370
	2° sem	117	140	
2016	1° sem	329	146	
	2° sem	76	106	
2017	1° sem	181	270	
	2° sem	82	140	
2018	1° sem	103	125	
	2° sem	214	193	
2019	1° sem	141	161	
	2° sem	169	208	
2020	1° sem	NE	NE	
	2° sem	137	331	
2021	1° sem	127	278	
	2° sem	NE	224	
2022	1° sem	105	125	
	2° sem	215	190	

Nota. Le prove sono svolte da EGPI; ARPAT supervisiona le attività di campionamento.

NE – Campionamenti non eseguiti causa pandemia da Covid19 (comunicazione ENEL GPI del 22/03/2020 prot. ENEL n. 2581).

5. CONCLUSIONI

Nel 2022, i controlli ARPAT presso le centrali geotermiche della Toscana si sono svolti da febbraio a dicembre e hanno interessato 13 gruppi produttivi: n. 3 appartenenti all'AGE di Radicondoli, n. 4 all'AGE di Lago, n.2 nell'AGE di Larderello e n. 3 nell'AGE di Piancastagnaio.

Per tutte le centrali delle due zone geotermiche, "Monte Amiata" e "Area Tradizionale" nelle Colline Metallifere, non sono stati registrati superamenti dei valori limite alle emissioni di cui agli specifici atti autorizzativi che recepiscono la normativa regionale.

Nel 2021, per le due centrali di Farinello e Nuova Radicondoli 2, si era evidenziato il non rispetto del requisito minimo "*ore di NON funzionamento AMIS (> 90%)*" con un valore pari a 89% e 88%, rispettivamente. Il superamento del limite doveva essere confermato con il valore registrato nel secondo anno solare successivo. Nell'anno 2022 la verifica del limite ha evidenziato per entrambe le centrali il rispetto del limite stesso.

Il funzionamento di tutte le centrali è risultato pertanto conforme ai limiti previsti dalla Delibera della Regione Toscana n. 344/2010 e dai rispettivi atti autorizzativi.



ARPAT

Agenzia regionale
per la protezione ambientale
della Toscana

ARPAT, via del Ponte alle Mosse, 211 - 50144 Firenze

Tel. 055.32061 - Fax 055.3206324

urp@arpat.toscana.it