



**ARPAT**  
Agenzia regionale  
per la protezione ambientale  
della Toscana

REGIONE  
TOSCANA



# Centrali geotermiche della Toscana

## Attività di controllo ARPAT

### Anno 2023





Centrali  
geotermiche  
della Toscana

Attività di  
controllo ARPAT

Anno 2023

## Centrali geotermiche della Toscana. Attività di controllo ARPAT – anno 2023

A cura di:

*Simone Magi e Francesca Andreis* – ARPAT Settore Geotermia

Con la collaborazione di:

*Emanuele Cecconi, Andrea Fattori* - ARPAT, Settore Geotermia

*Cesare Fagotti* - ARPAT, Responsabile Area Vasta Sud

*Federico Luchi* - ARPAT, Responsabile Laboratorio di Siena

Editing e copertina:

ARPAT, Settore Comunicazione, informazione e documentazione

Immagine copertina: wirestock su Freepick



ARPAT 2024

## INDICE

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>5</b>
<b>2. ATTIVITÀ DI SFRUTTAMENTO DELLA RISORSA GEOTERMICA IN TOSCANA.....</b>	<b>5</b>
<b>3. ATTIVITÀ DI CONTROLLO ALLE EMISSIONI IN ATMOSFERA.....</b>	<b>10</b>
3.1 FINALITÀ DEL CONTROLLO.....	10
3.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	11
<b>4. CONTROLLI EFFETTUATI NEL 2023 E RELATIVI ESITI.....</b>	<b>13</b>
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.....	17
4.4 ATTIVITÀ PER PRESCRIZIONI SPECIFICHE AGLI IMPIANTI DI BAGNORE.....	20
<b>5. CONCLUSIONI.....</b>	<b>24</b>

## 1.PREMESSA

Questa relazione riporta i risultati delle attività di controllo alle emissioni in atmosfera delle centrali geotermoelettriche, svolte da ARPAT nell'anno 2023.

La parte introduttiva fornisce 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 presentati i risultati dei controlli effettuati dal Settore Geotermia di ARPAT e alcuni dati forniti da ENEL Green Power Italia (nel seguito EGPI) 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) che nel 2023 hanno prodotto 5351 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:

**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), 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.

**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).

Tabella 1 – *Elenco Centrali Geotermoelettriche attive al 31/12/2023*

Area territoriale geotermica	Numero	Denominazione centrale	Comune (PV)	Potenza nominale (MW)	Tipologia tiraggio torri di raffreddamento	Data avviamento (anno)
<b>Larderello</b>	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
<b>Radicondoli</b>	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
<b>Lago</b>	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
<b>Piancastagnaio</b>	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.

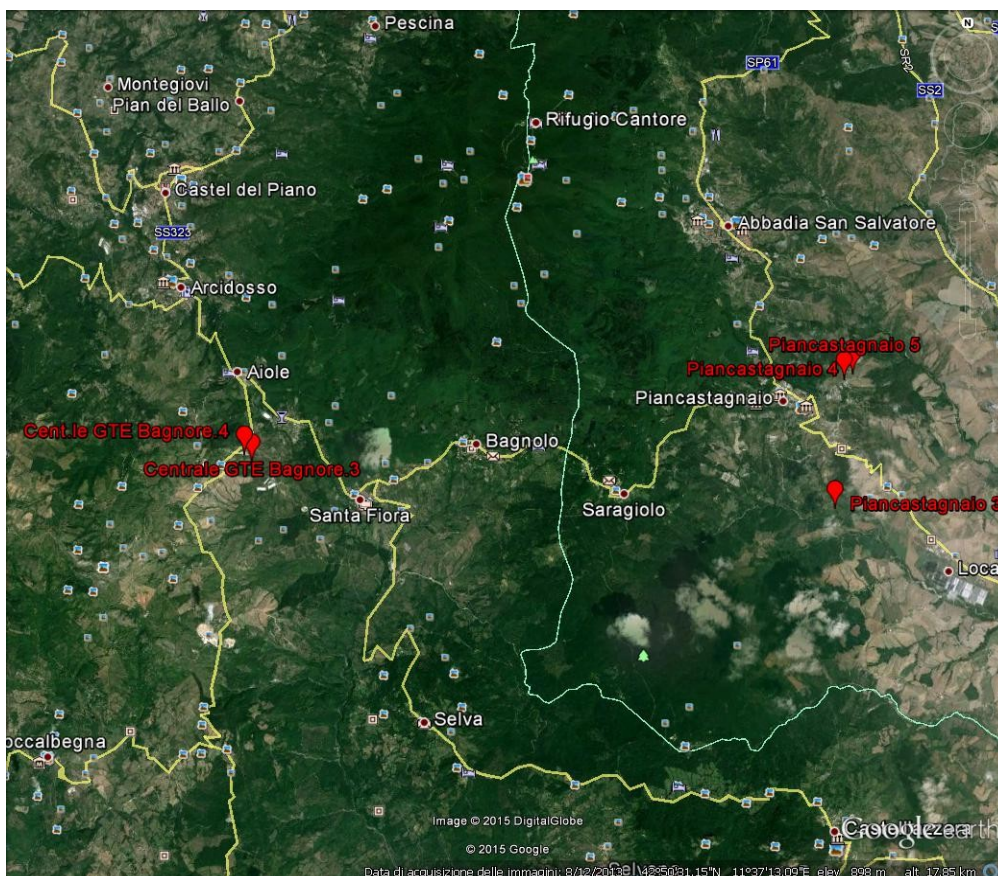
Il Settore Geotermia di ARPAT, in linea con gli indirizzi della Regione Toscana, ha pertanto il compito di espletare le seguenti attività di controllo e monitoraggio:

- 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.

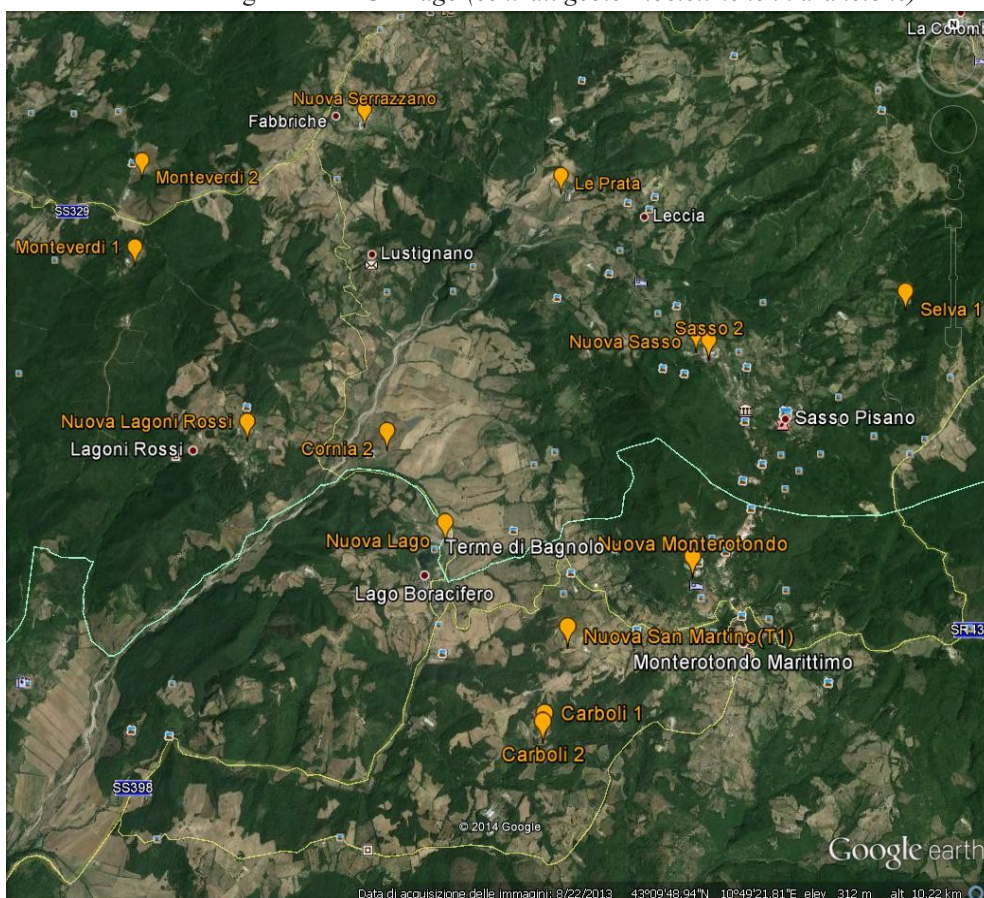
Gli ultimi due punti sono oggetto di specifiche relazioni tecniche pubblicate nel sito Web di ARPAT e pertanto non vengono trattati nella presente relazione.

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)

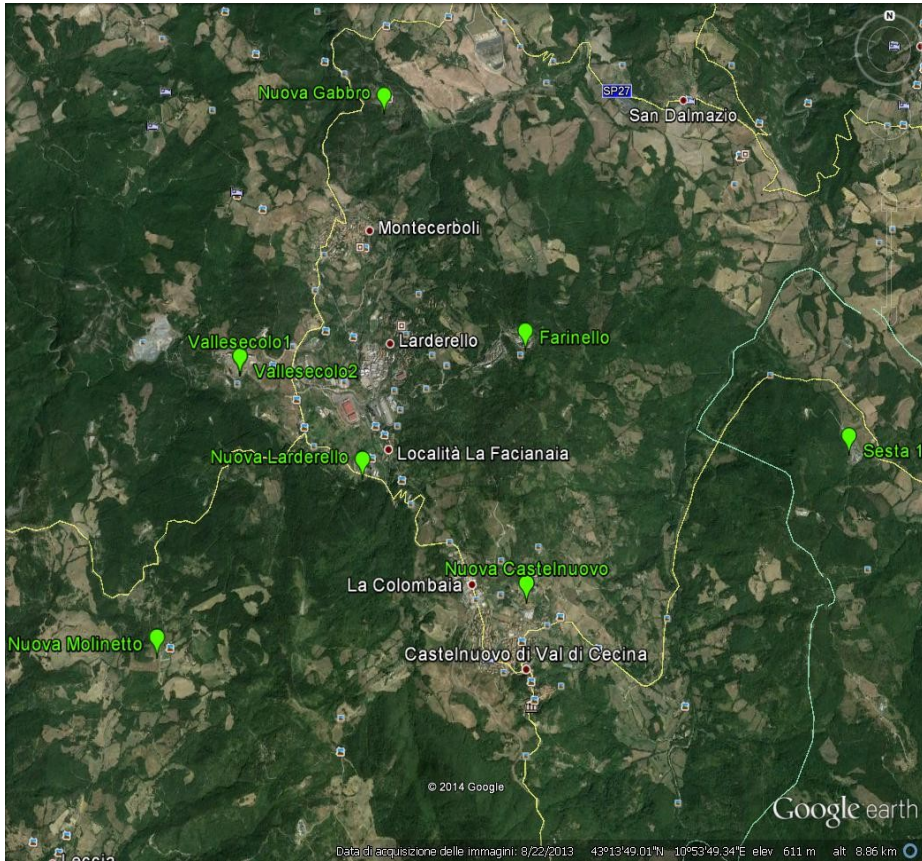


Cartografia 2 - AGE Lago (centrali geotermoelettriche in arancione)

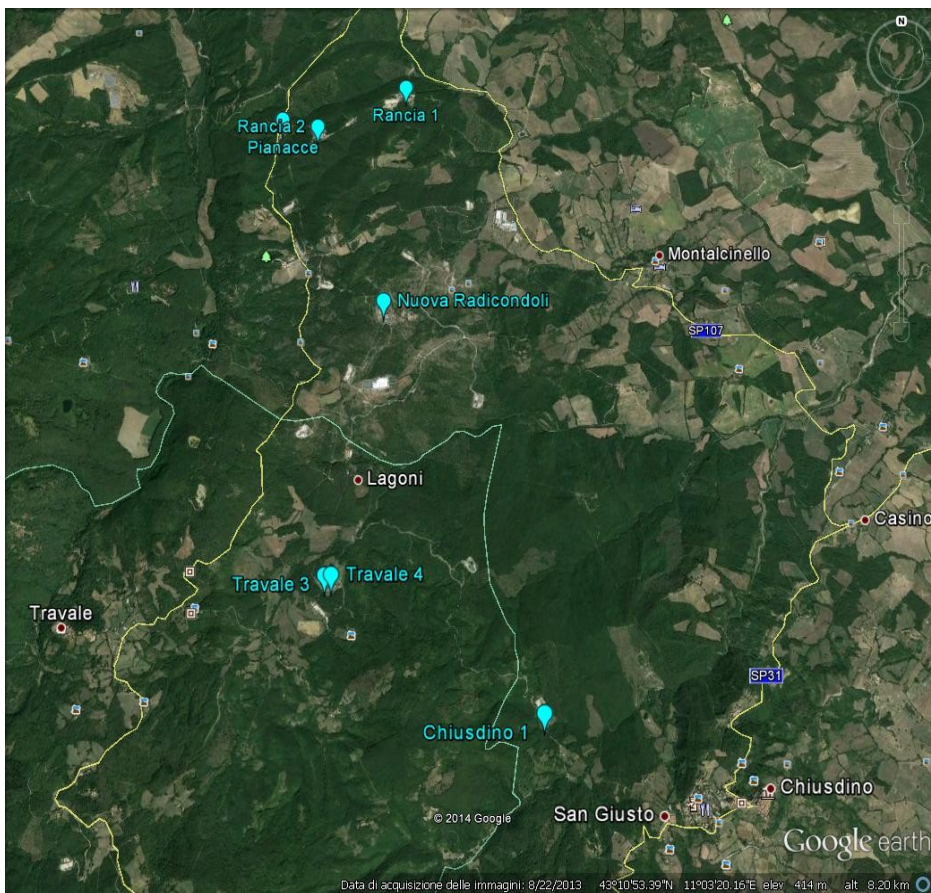




Cartografia 3 - AGE Larderello (centrali geotermoelettriche in verde)



Cartografia 4 - AGE Radicondoli (centrali geotermoelettriche in celeste)



### 3. ATTIVITÀ DI CONTROLLO ALLE EMISSIONI IN ATMOSFERA

#### 3.1 FINALITÀ DEL CONTROLLO

La finalità principale del controllo delle emissioni delle centrali geotermoelettriche è quella della verifica del rispetto dei Valori Limite di Emissione – VLE ai sensi della normativa regionale vigente.

Tra le finalità secondarie rientra 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 2023 si possono circostanziare 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 per la determinazione delle seguenti grandezze per le correnti oggetto di controllo:

Collettore di centrale (solo per le centrali di Bagnore)	Impianto AMIS		Torre refrigerante
	Scarico compressore (ingresso AMIS)	Uscita AMIS	
Portata	Portata, pressione, temperatura	Portata , 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, ammoniaca	Acido solfidrico, mercurio, biossido di carbonio, metano	Acido solfidrico, mercurio, anidride solforosa, ammoniaca, biossido di carbonio, metano	Acido solfidrico, ammoniaca, 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. I valori limite per le centrali geotermoelettriche 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 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 limiti 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).

Nella tabella che segue sono riportate le denominazioni delle centrali controllate nel 2023 con le relative autorizzazioni di riferimento e i valori limite di emissione.

Tabella 2 – Autorizzazioni delle centrali controllate nell'anno 2023

Denominazione centrale	Autorizzazione	Valori limite di Emissione	
		Uscita Centrale	Uscita AMIS <sup>(1)</sup>
<b>Nuova Castelnuovo</b>	Determinazione della Provincia di Pisa n.4043 del 03/10/2014	H <sub>2</sub> S = 30 kg/h Hg = 4 g/h	H <sub>2</sub> S = 3 kg/h (1) Hg = 2 g/h SO <sub>2</sub> = 200 g/h
<b>Nuova Radicondoli grp.1</b>	Autorizzazione Unica SUAP Comune di Radicondoli – Prov.SI n°2111 21/09/2015	H <sub>2</sub> S = 80 kg/h Hg = 15 g/h	
<b>Nuova Radicondoli grp.2</b>		H <sub>2</sub> S = 30 kg/h Hg = 10 g/h	
<b>Nuova Molinetto</b>	Autorizzazione Unica SUAP Comune Castelnuovo V.C.na prt. 4046 del 03/07/2018	H <sub>2</sub> S = 30 kg/h Hg = 10 g/h	
<b>Le Prata</b>	Determinazione della Provincia di Pisa n.3873 del 19/09/2014	H <sub>2</sub> S = 30 kg/h Hg = 10 g/h	
<b>Travale 3</b>	Autorizzazione unica SUAP Unione Comuni Colline Metallifere n.34 del 16/01/2015	H <sub>2</sub> S = 30 kg/h Hg = 10 g/h	
<b>Travale 4</b>	Autorizzazione unica SUAP Unione Comuni Colline Metallifere n.74 del 25/01/2017	H <sub>2</sub> S = 80 kg/h Hg = 15 g/h	
<b>PC3</b>	Det. SUAP Amiata Val D'Orcia Prov.SI n.17603 del 19/10/2015	H <sub>2</sub> S = 30 kg/h Hg = 10 g/h	
<b>PC4</b>	Det. SUAP Amiata Val D'Orcia Prov.SI n.17605 del 19/10/2015	H <sub>2</sub> S = 30 kg/h Hg = 10 g/h	
<b>Vallesecolo grp.1</b>	Determinazione della Provincia di Pisa n.4069 del 02/10/2014	H <sub>2</sub> S = 80 kg/h Hg = 15 g/h	
<b>Vallesecolo grp.2</b>			
<b>Bagnore 3</b>	Autorizzazione Unica SUAP Unione Comuni Montani Amiata Grossetana prt.1027 del 11/02/2015	H <sub>2</sub> S = 30 kg/h Hg = 10 g/h	
<b>Bagnore 4 (grp.1 e 2)</b>	Decreto Regione Toscana n. 570 del 20/02/2014	H <sub>2</sub> S = 30 kg/h Hg = 10 g/h	

Nota (1) - H<sub>2</sub>S 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 2023 E RELATIVI ESITI

Nel 2023, i controlli si sono svolti da marzo a dicembre e hanno interessato 14 gruppi produttivi: 4 appartenenti all'AGE di Radicondoli, 1 all'AGE di Lago, 4 nell'AGE di Larderello e 5 nell'AGE di Piancastagnaio (Tabella 3).

Tabella 3 – Controlli CGTE svolti 2023

Denominazione centrale	AGE	Comune (provincia)	Date controllo	Tipo di controllo	Sezione impianto controllata	Potenza nominale (MWe)
<b>N. Castelnuovo</b>	Larderello	Castelnuovo V. C.na (PI)	15/03/2023	Sopralluogo e campionamento	AMIS	20
<b>N. Radicondoli grp.1</b>	Radicondoli	Radicondoli (SI)	05-06/04/2023	Sopralluogo e campionamento	AMIS + Torre	40
<b>Nuova Molinetto</b>	Larderello	Castelnuovo V. C.na (PI)	09/05/2023	Sopralluogo e campionamento	AMIS	20
<b>Le Prata</b>	Lago	Castelnuovo V. C.na (PI)	08/06/2023	Sopralluogo e campionamento	AMIS	20
<b>Bagnore 4 (grp.1 e 2)</b>	Piancastagnaio	Santa Fiora (GR)	20-21/06/2023	Sopralluogo e campionamento	Torri 1 e 2	20 cad.
<b>PC3</b>	Si Piancastagnaio	Piancastagnaio (SI)	27/06/2023	Sopralluogo e campionamento	AMIS	20
<b>PC4</b>	Piancastagnaio	Piancastagnaio (SI)	28/06/2023	Sopralluogo e campionamento	AMIS	20
<b>Travale 3</b>	Radicondoli	Montieri (GR)	18/07/2023	Sopralluogo e campionamento	Torre	20
<b>Travale 4</b>	Radicondoli	Montieri (GR)	19/07/2023	Sopralluogo e campionamento	uscita AMIS + torre	40
<b>N. Radicondoli grp.2</b>	Radicondoli	Radicondoli (SI)	12-13/09/2023	Sopralluogo e campionamento	uscita AMIS + torre	20
<b>Vallesecolo (grp.1 e 2)</b>	Larderello	Pomarance (PI)	04/10/2023	Sopralluogo e campionamento	AMIS 1 e 2	60 cad.
<b>Bagnore 4 grp.2</b>	Piancastagnaio	Santa Fiora (GR)	26/10/2023	Sopralluogo e campionamento	AMIS grp.2	20
<b>Bagnore 4 (grp.1 e 2)</b>	Piancastagnaio	Santa Fiora (GR)	14-15-16/11/2023	Sopralluogo e campionamento	AMIS e Torri 1 e 2	20 cad.
<b>Bagnore 3</b>	Piancastagnaio	Santa Fiora (GR)	13/12/2023	Sopralluogo e campionamento	AMIS	20

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 Radicondoli grp.1, Travale 3, Travale 4, Bagnore 4 grp.1 e 2 sono stati effettuati controlli completi: i campionamenti hanno infatti riguardato l'impianto AMIS e la torre refrigerante.

Nel caso di Radicondoli grp.2 è stato verificato solo il dato emissivo totale, senza il dato di abbattimento AMIS, ovvero l'uscita AMIS (in comune con il gruppo 1) e la torre refrigerante. Nel caso dei due gruppi di Bagnore 4 è stato effettuato invece sia il controllo emissivo per l'attribuzione del "premio NZE" (DM 29/03/2018), sia un controllo all'AMIS del gruppo2 in assetto di sovraccarico, a causa dell'AMIS grp.1 fermo (settaggio previsto in autorizzazione impiantistica per

il trattamento aggiuntivo del 50% del gas incondensabile proveniente dal gruppo connesso con AMIS fermo).

#### 4.1 EMISSIONE DI ACIDO SOLFIDRICO E MERCURIO DALLE CENTRALI

Come specificato nel capitolo precedente, solo per le centrali di Nuova Radicondoli grp.1 e 2, Travale 3, Travale 4, Bagnore 4 grp.1 e 2 sono stati effettuati controlli all'emissione totale, comprendenti la componente in uscita AMIS e quella dalla torre di raffreddamento, per i parametri normati acido solfidrico e mercurio. Nella sottostante tabella 4 sono riportati, in flusso di massa, i dati 2023 relativi ai parametri menzionati per le centrali sopracitate:

Tabella 4 – Risultati emissivi totali per le centrali di Nuova Radicondoli grp.1 e 2, Travale3, Travale4, Bagnore4 grp.1 e grp.2

EMISSIONE TOTALE DELLA CENTRALE - PARAMETRI NORMATI (Tab. 4.1 della DGRT n. 344/2010)					
Centrale	Data	H <sub>2</sub> S Emissione centrale (kg/h)	H <sub>2</sub> S Valore Limite di Emissione (kg/h)	Hg Emissione centrale (g/h)	Hg Valore Limite di Emissione (g/h)
N. Radicondoli grp.1	05-06/04/2023	32	80	3	15
Travale 3	18/07/2023	5	30	0,8	10
Travale 4	19/07/2023	1	80	1	15
N. Radicondoli grp.2	12-13/09/2023	2,2	30	36	10
Bagnore 4 Torri g.1 e g.2	14-15-16/11/2023	1,9 (g.1) < LOQ (g.2)	30	1,3 (g.1) 1,2 (g.2)	10

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

I risultati rispettano i Valori Limite di Emissione (espressi come flusso di massa), eccetto per il gruppo2 di Nuova Radicondoli. In questo caso il superamento non è stato dovuto alla componente apportata dal raffreddamento delle condense alla torre, ma ad un valore elevato riscontrato in uscita AMIS che, andandosi a sommare in emissione totale, ne ha causato l'aumento complessivo.

#### 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. L'impianto AMIS è progettato per ridurre in modo significativo la concentrazione di mercurio e acido solfidrico nel gas incondensabile, come dimostrato dalle percentuali di abbattimento per questi due inquinanti.

Per l'acido solfidrico, i dati dimostrano mediamente una elevata efficienza di abbattimento prossima al 100%. Nella maggior parte delle centrali controllate, per il mercurio, si registrano per lo più buone efficienze di abbattimento, superiori al 90%. 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 Radicondoli gruppo2, sono stati effettuati esclusivamente campionamenti alla componente emessa dall'impianto di abbattimento, per la sola verifica del rispetto dei limiti emissivi autorizzati. In particolare, la torre di Travale 4 riceve il contributo degli incondensabili, trattati dall'AMIS, provenienti anche dallo scarico compressore di Travale 3, oltre ai propri. Avendo i due impianti un AMIS in comune, è stato scelto di non valutarne l'efficienza di abbattimento, ma solo il contributo in uscita inviato alla torre di Travale 4. Il dato emissivo di Travale 3 è quindi determinato solo dalla torre refrigerante. Per quanto riguarda invece il gruppo2 di Nuova Radicondoli, anche in questo caso è presente un solo AMIS che tratta gli incondensabili dei due gruppi, 1 e 2, con la differenza che l'uscita AMIS viene ripartita tra le rispettive due torri. Avendo già valutato l'efficienza di abbattimento AMIS durante il controllo precedente, effettuato al gruppo 1, è stato scelto di campionare solo la componente emissiva per il gruppo2.

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 2023

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
N. Castelnuovo	15/03/2023	37	4	Inferiore Limite Quantificazione	0,2	2	99,8	94,9
N. Radicondoli grp.1	05-06/04/2023	151	6	Inferiore Limite Quantificazione	0,5	4	99,9	91,5
Nuova Molinetto	09/05/2023	33	11	Inferiore Limite Quantificazione	0,2	7	99,8	98
Le Prata	08/06/2023	59	5	Inferiore Limite Quantificazione	4	17	99,8	26,5
PC3	27/06/2023	175	41	Inferiore Limite Quantificazione	0,2	334	99,8	99,4
PC4	28/06/2023	179	47	Inferiore Limite Quantificazione	1	64	99,9	97,4
Travale 4	19/07/2023	-	-	Inferiore Limite Quantificazione	0,4	45	-	-
N. Radicondoli grp.2	12-13/09/2023	-	-	Inferiore Limite Quantificazione	35	25	-	-
Vallesecolo grp.1	04/10/2023	120	27	Inferiore Limite Quantificazione	2,4	45	99,8	91,1
Vallesecolo grp.2	04/10/2023	82	21	Inferiore Limite Quantificazione	0,28	38	99,8	98,7
Bagnore4 grp.2	26/10/2023	250	51	Inferiore Limite Quantificazione	1,9	51	99,9	96,2

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
exfracflux								
<b>Bagnore4 grp.1</b>	14-16/11/2023	160	25	Inferiore Limite Quantificazione	0,2	27	99,9	99,2
<b>Bagnore4 grp.2</b>	14-16/11/2023	160	26	Inferiore Limite Quantificazione	0,16	35	99,9	99,4
<b>Bagnore 3</b>	13/12/2023	180	17	Inferiore Limite Quantificazione	0,39	29	99,9	97,7

Come si può vedere dai dati in tabella, nel 2023 ci sono stati quattro superamenti dei VLE di cui uno per il parametro SO<sub>2</sub> e tre per il Hg.

Per tutti questi casi sono state avviate le dovute interlocuzioni con l'Autorità Competente e l'Autorità Giudiziaria, e le verifiche sulle cause dei superamenti e sulla loro risoluzione. Nel contempo EGPI ha provveduto ad effettuare gli autocontrolli in tali punti di emissione, con la supervisione di ARPAT. Le criticità in oggetto sono risultate superate.



### 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).

*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> <sup>(1)</sup> 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%).

Nelle tabelle 8 e 9 che seguono, sono riportati i risultati relativi ai controlli dei Requisiti Minimi. I calcoli sono eseguiti da ARPAT utilizzando i dati di processo trasmessi da EGPI nei documenti d'impianto per il 2023.

Tabella 8 – *Requisiti minimi di esercizio impianti - anno 2023*

	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 g.1	<1	97
3	Bagnore 4 g.2	<1	97
4	Carboli 1	1	92
5	Carboli 2	<1	93
6	Chiusdino 1	<1	93
7	Cornia 2	<1	92
8	Farinello	<1	92
9	Le Prata	<1	92

	<b>Denominazione Centrale</b>	<b>Per le centrali: ore di non funzionamento x 100/8760 (Requisito minimo &lt; 5%)</b>	<b>Per gli AMIS: ore di funzionamento AMIS x 100/ore di funzionamento c.le (Requisito minimo ≥ 90%)</b>
10	Monteverdi 1	<1	92
11	Monteverdi 2	<1	92
12	Nuova Castelnuovo	<1	92
13	Nuova Gabbro	<1	94
14	Nuova Lago	<1	91
15	Nuova Lagoni Rossi	<1	92
16	Nuova Larderello	<1	93
17	Nuova Molinetto	<1	91
18	Nuova Monterotondo	<1	92
19	Nuova Radicondoli	<1	93
20	Nuova Radicondoli 2	<1	93
21	Nuova S.Martino	<1	92
22	Nuova Sasso	<1	93
23	Nuova Serrazzano	<1	92
24	Pianacce	<1	93
25	Piancastagnaio 3	1	97
26	Piancastagnaio 4	<1	95
27	Piancastagnaio 5	<1	95
28	Rancia 1	<1	93
29	Rancia 2	<1	92
30	Sasso 2	<1	93
31	Selva 1	<1	92

	<b>Denominazione Centrale</b>	<b>Per le centrali: ore di non funzionamento x 100/8760 (Requisito minimo &lt; 5%)</b>	<b>Per gli AMIS: ore di funzionamento AMIS x 100/ore di funzionamento c.le (Requisito minimo ≥ 90%)</b>
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 9 – *Requisiti minimi delle centrali della provincia di Pisa*

	<b>Denominazione Centrale – Provincia di Pisa</b>	<b>Per le centrali (medie 2021-2023): ore di non funzionamento x 100/8760 (Requisito minimo &lt; 5%)</b>	<b>Per gli AMIS (medie 2021-2023): ore di funzionamento AMIS x 100/ore di funzionamento c.le (Requisito minimo ≥ 90%)</b>
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	2	92
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	2	93
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 8 e 9, tutte le centrali risultano entro i limiti fissati per i Requisiti Minimi previsti dalla Delibera della Regione Toscana n. 344/2010.

#### 4.4 ATTIVITÀ PER PRESCRIZIONI SPECIFICHE AGLI IMPIANTI DI BAGNORE

##### Interconnessione impianti AMIS per la centrale Bagnore 4

La prescrizione n.16 di cui alla Delibera RT n. 810/2012 (pronuncia di compatibilità ambientale sulla costruzione della centrale Bagnore 4) prevede che gli impianti AMIS di Bagnore 4 grp1 e Bagnore 4 grp 2 siano interconnessi tra loro e, in caso di blocco di uno dei due impianti, debbano essere capaci di trattare, oltre al gas incondensabile del proprio gruppo, anche una percentuale pari a non meno del 50% proveniente dallo scarico compressore dell'altro gruppo. Secondo tale prescrizione ogni AMIS in condizioni di extraflusso deve essere capace di trattare un totale di gas pari a non meno del 150% continuando a rispettare i VLE per gli inquinanti normati in uscita AMIS.

La condizione di configurazione di un AMIS in trattamento di un extraflusso è raggiunta mediante manovre sulle valvole dei gasdotti effettuate dal personale EGPI in sala quadri, secondo una procedura operativa consolidata.

In tabella 6 sono riportati i risultati del controllo effettuato nel 2023, relativo alla verifica del rispetto della prescrizione n.16 per il solo gruppo2.

Tabella 6 – *Flusso di massa di acido solfidrico, mercurio e anidride solforosa per l'impianto AMIS di Bagnore 4 grp2 in condizione di extraflusso*

Centrale	Data	Flusso di massa acido solfidrico (kg/h)	Flusso di massa mercurio (g/h)	Flusso di massa anidride solforosa (g/h)
Bagnore 4 grp 2 (extraflusso 50% dal gruppo 1)	26/10/2023	Inferiore al limite di quantificazione	1,9	51
Valore Limite di Emissione	-	3	2	200

I risultati ottenuti dimostrano un'elevata capacità di trattare un extra-flusso, anche superiore al 50%, per l'acido solfidrico. Per il mercurio invece, in questo caso, la capacità di abbattimento ha risentito leggermente del sovraccarico, pur rispettando i VLE anche per questo parametro.

##### Abbattimento di ammoniaca e acido solfidrico in ingresso impianto per i gruppi produttivi di Bagnore

Nel versante grossetano dell'area del Monte Amiata, rispetto alle altre aree geotermiche, la risorsa geotermica è caratterizzata da un'elevata concentrazione naturale di ammoniaca (NH<sub>3</sub>). Allo scopo di mitigare l'impatto emissivo di tale sostanza, con l'Autorizzazione all'esercizio dei due gruppi di Bagnore 4, la Regione Toscana ha prescritto a Enel GPI l'installazione, per le sole centrali presenti

in località Bagnore, di un sistema di abbattimento dell'ammoniaca che abbia un'efficienza di abbattimento non inferiore al 75% rispetto all'ammoniaca in ingresso centrale. Il principio di funzionamento si basa sull'acidificazione delle condense circolanti, mediante iniezione di acido solforico. L'aumento di solubilità che ne consegue riduce sensibilmente lo strappaggio di ammoniaca con l'aeriforme in uscita dalla torre refrigerante, minimizzandone l'emissione in atmosfera.

L'acidificazione delle condense ha un effetto secondario positivo anche sull'acido solfidrico: l'aggiunta di un acido forte, come l'acido solforico, favorisce la ripartizione di H<sub>2</sub>S verso la fase gassosa con conseguente aumento della quantità inviata al sistema di abbattimento AMIS. Per l'acido solfidrico è stata prescritta un'efficienza di abbattimento non inferiore al 90% rispetto alla quantità in ingresso centrale.

In tabella 7 sono riportati i risultati delle analisi di ARPAT, relativi ai soli due gruppi di Bagnore 4. Si precisa che i parametri in tabella non sono normati in quanto dati puntuali, mentre i parametri normati sono riferiti al dato su base annua (Delibera n. 810/2012 - prescrizioni n. 8, 9 e 11) calcolato come media dei controlli bimestrali svolti da ENEL GPI..

Tabella 7 – *Abbattimento di centrale per NH<sub>3</sub> – H<sub>2</sub>S - Bagnore 4 grp 1 e grp 2 – Anno 2023*

Centrale	Data	NH <sub>3</sub> entrata centrale (kg/h)	NH <sub>3</sub> uscita centrale (kg/h)	NH <sub>3</sub> abbattimento (%)	NH <sub>3</sub> abbattimento (%) Valore Limite (base annua)
Bagnore 4 grp 1	16/11/2023	210	1,2	99,4	> 75
Bagnore 4 grp 2	16/11/2023	220	0,53	99,8	
Centrale	Data	H <sub>2</sub> S entrata centrale (kg/h)	H <sub>2</sub> S uscita centrale (kg/h)	H <sub>2</sub> S emissione centrale (%)	H <sub>2</sub> S emissione centrale (%) Valore limite (base annua)
Bagnore 4 grp 1	16/11/2023	190	1,9	1,6	< 10
Bagnore 4 grp 2	16/11/2023	190	< LOQ	0,6	

### **Blocchi di centrale agli impianti di Bagnore**

Con riferimento alla DGRT 344/2010, per i gruppi produttivi 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 10 sono riepilogate le ore di sfioro dei singoli gruppi, messe a confronto con il valore limite. I dati di processo sono trasmessi da EGPI nei loro documenti d'impianto.

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

Tabella 10 – Ore di sfioro Bagnore3 e Bagnore4 – Aggiornamento anno 2023

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	
2023	6,2	4,5	1,9	

Nota: I dati di processo sono trasmessi da EGPI nei loro documenti d'impianto.

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

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

### Emissione di trascinato liquido (Drift) dalle centrali BAGNORE 3 e BAGNORE 4

Le due centrali in Loc. Bagnore (Santa Fiora - GR), Bagnore 3 e Bagnore 4, sono dotate di impianti ad alta efficienza di separazione del trascinato liquido in uscita dalle torri refrigeranti, come da prescrizione n. 10 della DGRT di VIA n. 810/2012, che fissa un valore limite di emissione del trascinato liquido pari a 370 l/h ( $\pm 10\%$ ).

In tabella 11 sono riepilogati i risultati a partire dal 2015. I dati vengono trasmessi da ENEL GPI con i loro autocontrolli semestrali.

Tabella 11 – Emissioni trascinato liquido Bagnore 3 e Bagnore 4 – periodo temporale 2015 - 2023

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	

Anno	Semestre	Bagnore3 (L/h)	Bagnore4 grp1 + grp2 (L/h)	Valore limite di emissione (L/h)
2020	1° sem	NE	NE	370
	2° sem	137	331	
2021	1° sem	127	278	
	2° sem	NE	224	
2022	1° sem	105	125	
	2° sem	215	190	
2023	1° sem	36	240	
	2° sem	275	317	

Nota. Le prove sono svolte da EGPI.

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

## 5. CONCLUSIONI

Nel 2023 i controlli ARPAT presso le centrali geotermiche della Toscana si sono svolti da marzo a dicembre e hanno interessato 14 gruppi produttivi: 4 appartenenti all'AGE di Radicondoli, 1 all'AGE di Lago, 4 nell'AGE di Larderello e 5 nell'AGE di Piancastagnaio.

Tra i controlli effettuati, sono stati rilevati quattro superamenti dei VLE della Tab.4.1 DRT 344/2010 in uscita AMIS, nello specifico:

- CGTE LePrata (AGE Lago) – superamento VLE parametro mercurio;
- CGTE PC3 (AGE Piancastagnaio) – superamento VLE parametro anidride solforosa;
- CGTE Nuova Radicondoli gruppo2 (AGE Radicondoli) – superamento VLE parametro; mercurio
- CGTE Vallesecolo gruppo 1 (AGE Larderello) - superamento VLE parametro mercurio.

Per questi casi ARPAT ha prontamente avviato le attività di verifica sulle cause dei superamenti per la loro risoluzione ed EGPI ha provveduto ad effettuare gli autocontrolli, con la supervisione di ARPAT, che hanno dimostrato il superamento delle criticità riscontrate.

Per tutti gli altri impianti controllati non sono stati registrati superamenti dei valori limite alle emissioni, di cui agli specifici atti autorizzativi che recepiscono la normativa regionale. Risultano altresì rispettate le prescrizioni specifiche per gli impianti di Bagnore controllati.





**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](mailto:urp@arpat.toscana.it)