



ARPAT
Agenzia regionale
per la protezione ambientale
della Toscana

REGIONE
TOSCANA



CONCENTRAZIONI IN ARIA DI H_2S E Hg NELLE AREE GEOTERMICHE TOSCANE

Monitoraggi ARPAT e
validazione dati Enel
Green Power Italia S.r.l.
Anno 2021



**Report
ARPAT**



CONCENTRAZIONI
IN ARIA DI H₂S E Hg
NELLE AREE
GEOTERMICHE
TOSCANE

Monitoraggi ARPAT e
validazione dati Enel
Green Power Italia S.r.l.
Anno 2021

Firenze, 2023

Concentrazioni in aria di H₂S e Hg nelle aree geotermiche toscane.
Monitoraggi ARPAT e validazione dati Enel Green Power Italia S.r.l..
Anno 2021

A cura di:

Ivano Gartner, Alessandro Bagnoli, ARPAT, Settore Geotermia

Con la collaborazione di:

Simonetta Castellani, Emanuele Cecconi, Riccardo Croce, Simone Magi,

ARPAT, Settore Geotermia

ARPAT 2023



Editing e copertina:

ARPAT, Settore Comunicazione, informazione e documentazione

Indice

1	Presentazione	5
2	Sintesi dei risultati ENEL Green Power	6
3	Introduzione e finalità del monitoraggio	9
4	Indicatori	10
4.1	Idrogeno solforato	10
4.1.1	- Valori di riferimento per la tutela sanitaria	10
4.2	Vapori di Mercurio	11
4.2.1	- Valori di riferimento per la tutela sanitaria	11
5	Stazioni di rilevamento ENEL per l'H₂S	12
5.1	Stazioni Q.A. di Arcidosso, Santa Fiora, Bagnore e Merigar	12
5.1.1	- Media mobile calcolata su 24 ore	13
5.1.2	- Media mobile calcolata su 14 giorni	13
5.1.3	- Media mobile calcolata su 90 giorni	14
5.1.4	- Media annuale (2010-2021)	14
5.2	Stazioni Q.A. di Piancastagnaio (PICA e PICA2)	15
5.2.1	- Media mobile calcolata su 24 ore	16
5.2.2	- Media mobile calcolata su 14 giorni	16
5.2.3	- Media mobile calcolata su 90 giorni	17
5.2.4	- Media annuale	17
5.3	Stazioni Q.A. di Canneto, Lustignano, Serrazzano	18
5.3.1	- Media mobile calcolata su 24 ore	19
5.3.2	- Media mobile calcolata su 14 giorni	19
5.3.3	- Media mobile calcolata su 90 giorni	20
5.3.4	- Media annuale	20
5.4	Stazioni Q.A. di Sasso Pisano e Monterotondo Marittimo	21
5.4.1	- Media mobile calcolata su 24 ore	22
5.4.2	- Media mobile calcolata su 14 giorni	22
5.4.3	- Media mobile calcolata su 90 giorni	23
5.4.4	- Media annuale	23
5.5	Stazioni Q.A. di Larderello, Castelnuovo e Montecerboli	24
5.5.1	- Media mobile calcolata su 24 ore	24
5.5.2	- Media mobile calcolata su 14 giorni	25
5.5.3	- Media mobile calcolata su 90 giorni	25
5.5.4	- Media annuale	26
5.6	Stazioni Q.A. di Belforte, Travale, Montalcinello e Chiusdino	27
5.6.1	- Media mobile calcolata su 24 ore	28
5.6.2	- Media mobile calcolata su 14 giorni	28
5.6.3	- Media mobile calcolata su 90 giorni	29
5.6.4	- Media annuale	29
6	Mezzi ARPAT e confronto con dati ENEL	30
6.1	Stazione fissa Q.A. ARPAT di Pomarance (PI), Loc. Montecerboli	30
6.2	Mezzo ARPAT GEO 1	33
6.2.1	- Monitoraggio in località Castel del Piano (SI). Periodo 06/11/2020-19/01/2022	33
6.3	Mezzo ARPAT GEO 2	36
6.3.1	- Monitoraggio in loc. Bagnore, Santa Fiora (GR), presso la Stazione Q.A. ENEL omonima. Periodo dal 1/4/2021 al 28/02/2022	36
7	Conclusioni	39

1 Presentazione

Nelle zone delle Colline Metallifere e del Monte Amiata la Toscana presenta particolari anomalie geotermiche, con caratteristiche tali da renderne particolarmente conveniente lo sfruttamento energetico.

Ad oggi sono attive 34 centrali geotermoelettriche, con 36 gruppi produttivi totali, gestite da ENEL GREEN POWER ITALIA S.R.L. (d'ora in poi ENEL GreenPower, o ancora più semplicemente Enel GP), che risultano dislocate nelle seguenti aree territoriali: Larderello, Lago (Val di Cornia), Radicondoli (nel loro insieme indicate come Area "tradizionale") e le aree di Bagnore e di Piancastagnaio (queste ultime due, nel loro insieme, indicate come Area "Amiata").

In queste aree sono presenti sia emissioni puntuali di origine antropica, originate dai gruppi di produzione, sia emissioni, generalmente diffuse, costituite dalle manifestazioni geotermiche naturali (soffioni, fumarole, putizze, sorgenti di acque caldissime, laghetti, etc.), non sempre di immediata individuazione, e per le quali sarebbe auspicabile disporre di un accurato censimento.

Le emissioni di origine geotermica sono caratterizzate da alte percentuali di vapor acqueo e percentuali nettamente inferiori di altre sostanze, tra le quali l'idrogeno solforato (H₂S), riconoscibile dall'olfatto umano già a concentrazioni molto basse, inferiori a 6 µg/m³, e anche per questo adottato generalmente come tracciante di attività geotermica.

Nelle Centrali geotermoelettriche, per mitigare gli impatti, sono state introdotte sia la pratica della reiniezione del fluido geotermico che permette di effettuare la "coltivazione" del serbatoio, sia l'installazione di un sistema di abbattimento del mercurio e dell'idrogeno solforato (H₂S), denominato AMIS, finalizzato, come dice anche il nome, alla riduzione dell'H₂S e dell'Hg gassoso nella frazione dei gas incondensabili emessi dalla Centrale. L'efficienza di abbattimento dell'AMIS, installato in tutte le Centrali della Toscana, è molto alta (circa del 97-99% per H₂S e il 90-99% per il Hg). Inoltre nelle centrali geotermiche della zona di Bagnore, risulta installato e attivo l'impianto per l'abbattimento dell'ammoniaca (NH₃).

Nel corso degli anni, in occasione del rilascio dell'autorizzazione all'esercizio di ciascun impianto, la Regione Toscana ha prescritto a ENEL Green Power l'installazione di centraline fisse destinate al monitoraggio dell'H₂S, che ad oggi costituiscono una rete di 18 stazioni di monitoraggio localizzate sul territorio toscano, dove vi è attività di utilizzo della risorsa geotermica.

Tali dati, che sono mensilmente trasmessi alla Regione Toscana e ad ARPAT, sono verificati e integrati dalle indagini condotte autonomamente dalla stessa ARPAT utilizzando una stazione fissa per il controllo della qualità dell'aria di Montecerboli e soprattutto mediante due autolaboratori, denominati, nel seguito, GEO1 e GEO2.

Nel biennio 2020-2021, a causa dell'emergenza sanitaria, la manutenzione ordinaria e gli interventi di emergenza degli impianti sono risultati di più difficile effettuazione, determinando in alcuni casi uno scostamento dell'efficienza dei sistemi di abbattimento.

Scopo del presente report è quello di relazionare sull'attività di raccolta, analisi e conseguente verifica della congruità dei dati raccolti da ENEL Green Power che, per numerosità e capillarità di postazioni presenti nel territorio, rappresentano un'importante fonte di informazione, ovviamente previa validazione da parte di ARPAT, alla luce dei monitoraggi svolti autonomamente.

2 Sintesi dei risultati ENEL Green Power

Nelle tabelle sottostanti è riportata una sintesi delle concentrazioni in aria di H₂S elaborate attraverso i dati rilevati nel **2021** dalle stazioni di monitoraggio qualità dell'aria di ENEL Green Power, espressi come valori massimi (mensili e annuali) delle medie mobili della concentrazione di H₂S (in µg/m³), calcolate rispettivamente su intervalli di 24 ore, di 14 giorni e di 90 giorni, in coerenza con le indicazioni del World Health Organization (WHO), riportate nelle "Air Quality Guidelines" for Europe, second Edition (ed. 2000) e nel "Concise International Chemical Assessment Document 53. Hydrogen sulfide: human health aspects" (ed. 2003).

Nelle tabelle, i valori massimi mensili riscontrati nel **2021** sono stati messi a confronto con il massimo registrato negli anni precedenti.

Nel 2021, come nel 2020, nelle centrali geotermoelettriche le attività di gestione del processo produttivo e di intervento, in caso di malfunzionamenti, hanno subito dei rallentamenti a causa delle rigide regole sanitarie anti-contagio. Questo potrebbe essere all'origine di alcuni peggioramenti dei dati riepilogativi di seguito illustrati, più evidenti per i valori massimi delle medie mobili calcolate su periodi di 24 ore, in misura minore di 14 giorni, registrati negli anni 2020 e 2021 rispetto agli anni pregressi, che fortunatamente non trovano necessariamente corrispondenza nella media annuale, in particolare per le centrali ubicate nell'area tradizionale che sono state recentemente dotate di AMIS (anni 2014-2015).

Ciò premesso, l'esame della sottostante tabella 1 dimostra l'assenza di superamenti del limite fissato per la media mobile calcolata sul periodo di riferimento di 24 ore, pari a 150 µg/m³, e, cautelativamente, anche per il caso di media mobile calcolata sul periodo di riferimento di 2-14 giorni, con limite pari a 100 µg/m³.

Dalla tabella emerge, almeno per certe aree produttive, un'interruzione della tendenza di decrescita per i valori massimi annuali del parametro media mobile su 24 ore, a cui si era assistito negli anni precedenti.

Tab. 1: Media mobile H₂S in aria, calcolata su 24 h (LR=150 µg/m³). Max mensili (2021) e annuali (2016-2021)

Massimo mensile della media mobile su 24 ore (Mese/Stazione)		2021-01	2021-02	2021-03	2021-04	2021-05	2021-06	2021-07	2021-08	2021-09	2021-10	2021-11	2021-12	MAX 2016	MAX 2017	MAX 2018	MAX 2019	MAX 2020	MAX 2021
Canneto	CANN	22,43	31,87	19,89	25,05	6,89	18,76	9,25	6,56	17,44	24,88	22,48	40,62	41,20	29,79	33,69	34,22	46,56	40,62
Lustignano	LUST	12,62	8,74	9,50	6,43	7,08	8,92	12,39	11,69	16,68	17,99	17,10	15,00	25,43	35,90	16,98	17,51	34,32	17,99
Serrazzano	SEZA	20,27	13,26	16,77	8,68	8,81	12,08	9,78	9,94	8,95	10,84	12,73	14,11	14,24	19,97	16,68	16,49	25,37	20,27
Sasso_Pisano	SAPI	10,23	13,88	12,79	15,19	16,34	14,91	14,61	19,37	17,74	13,18	32,82	15,70	18,32	30,72	18,14	17,86	27,54	32,82
Monterotondo	MORO	11,38	14,13	9,06	12,33	9,37	9,20	12,79	10,67	13,33	13,36	21,46	13,01	29,34	25,67	20,30	17,85	19,83	21,46
Montecerboli	MONT	19,37	13,48	12,49	11,89	13,09	11,38	5,85	7,85	7,15	13,14	13,15	12,12	30,19	45,68	25,62	24,57	17,77	19,37
Castelnuovo VdC	CANU	9,76	10,07	5,98	11,78	6,38	9,55	9,03	7,17	9,89	9,03	11,88	7,50	14,18	19,20	16,36	11,37	14,39	11,88
Larderello	LARD	10,79	10,76	10,90	10,87	26,82	13,94	6,95	8,84	5,94	10,13	10,20	15,02	39,03	48,85	58,11	22,49	18,30	26,82
Belforte	BEFO	11,23	9,43	6,85	9,61	5,73	6,22	9,46	7,26	6,28	4,92	6,47	6,80	10,39	13,52	15,10	22,33	9,36	11,23
Montalcinello	MOAL	8,71	13,71	14,35	8,63	7,09	12,01	12,16	7,42	7,29	11,97	6,46	6,85	10,77	16,00	21,66	14,81	11,16	14,35
Travale	TRVL	13,48	10,92	10,13	10,84	6,24	9,99	21,00	5,48	8,45	8,90	5,76	10,88	20,16	18,75	11,98	10,11	11,30	21,00
Chiusdino	CHIU	13,27	21,55	23,50	16,07	33,41	37,36	46,75	17,90	18,59	18,26	15,49	14,89	35,76	59,98	42,21	31,83	21,57	46,75
Arcidosso	ARCI	5,47	5,74	23,21	5,28	3,89	6,46	6,03	12,38	7,77	12,71	7,98	4,04	9,17	17,26	13,83	9,25	18,08	23,21
Santa_Fiora	SAFI	4,76	4,81	13,30	3,94	3,15	2,88	2,80	3,42	3,73	4,51	3,52	4,44	11,01	7,73	8,55	6,65	6,77	13,30
Bagnore	BAGN	4,64	13,79	24,26	4,63	4,36	5,08	6,53	5,11	8,01	6,58	5,06	5,01	13,03	11,64	15,36	9,76	7,62	24,26
Merigar	MERI	6,19	5,44	18,36	15,95	9,30	13,98	14,49	16,17	13,11	14,44	23,36	25,94	27,09	24,39	13,11	14,35	32,68	25,94
Piancastagnaio	PICA	33,89	6,68	13,67	5,63	23,60	5,40	6,17	12,44	27,31	23,98	5,21	17,07	22,62	48,52	23,79	51,63	26,66	33,89
Piancastagnaio2	PICA2	34,61	5,18	5,97	3,64	15,93	3,99	3,79	12,02	12,00	9,12	5,32	18,34	4,96	11,39	8,38	29,00	18,04	34,61

L'esame della seguente tabella 2 conferma l'assenza di superamenti del limite fissato per la media mobile calcolata sul periodo di riferimento di 2-14 giorni, pari a 100 µg/m³ e, cautelativamente, anche per la media mobile calcolata sul periodo di riferimento fino a 90 giorni, con limite pari a 20 µg/m³.

Anche per questa tabella è possibile confermare quanto espresso per la tabella precedente.

Tab.2: Media mobile H₂S in aria, calcolata su 14 D (LR=100 µg/m³). Max mensili (2021) e annuali (2016-2021)

Massimo mensile della media mobile su 14 giorni (Mese/Stazione)		2021-01	2021-02	2021-03	2021-04	2021-05	2021-06	2021-07	2021-08	2021-09	2021-10	2021-11	2021-12	MAX 2016	MAX 2017	MAX 2018	MAX 2019	MAX 2020	MAX 2021
Canneto	CANN	8,08	11,49	11,38	6,02	4,08	5,12	2,61	2,44	3,85	5,51	5,71	9,73	15,18	10,81	14,48	13,33	15,27	11,49
Lustignano	LUST	5,78	5,61	5,33	4,80	4,18	3,35	5,95	6,40	6,95	8,92	9,38	7,79	11,44	12,37	9,71	7,27	9,88	9,38
Serrazzano	SEZA	8,26	6,78	7,05	4,48	4,96	5,45	4,77	4,79	4,17	5,39	6,56	7,14	5,98	9,15	8,96	7,31	7,81	8,26
Sasso_Pisano	SAPI	5,33	5,62	6,29	6,76	5,17	7,61	8,64	11,17	9,04	5,25	6,93	7,13	8,76	11,25	9,78	9,22	10,37	11,17
Monterotondo	MORO	3,84	4,84	4,98	4,71	3,88	4,64	5,95	5,24	5,03	5,30	4,92	6,01	13,23	13,80	10,15	10,50	9,56	6,01
Montecerboli	MONT	8,34	7,73	7,49	4,63	5,29	6,23	4,09	3,78	3,54	6,17	6,22	7,79	12,11	17,53	14,32	8,92	7,10	8,34
Castelnuovo VdC	CANU	4,41	4,30	4,70	3,91	2,90	4,56	4,12	3,76	4,43	5,20	5,27	4,93	6,48	9,54	6,73	5,61	6,92	5,27
Larderello	LARD	5,53	5,19	5,61	3,92	6,38	7,42	5,02	4,44	3,73	5,14	5,42	6,47	14,47	16,27	10,91	7,38	9,25	7,42
Belforte	BEFO	3,75	4,08	4,10	2,93	3,02	3,20	3,69	3,99	3,07	2,40	2,41	3,55	5,29	4,23	5,80	5,27	4,38	4,10
Montalcinello	MOAL	4,64	5,20	5,24	4,92	2,91	4,91	6,00	5,19	4,06	4,55	4,24	4,60	7,25	6,57	9,03	5,79	4,60	6,00
Travale	TRVL	4,87	4,37	5,82	6,26	2,92	2,96	5,75	3,94	4,07	5,25	4,99	4,44	9,19	9,28	6,48	4,08	5,23	6,26
Chiusdino	CHIU	5,73	6,62	6,33	7,02	7,18	9,93	12,57	12,87	5,88	5,89	4,21	4,86	10,80	12,28	17,81	10,81	9,53	12,87
Arcidosso	ARCI	3,03	2,40	5,16	2,64	2,66	3,03	2,81	4,12	4,53	4,43	4,39	1,90	3,28	5,19	3,10	3,54	3,63	5,16
Santa_Fiora	SAFI	2,56	2,54	4,22	2,33	2,19	2,24	2,06	2,17	2,30	2,62	2,71	2,78	3,49	4,45	3,36	2,53	2,79	4,22
Bagnore	BAGN	2,71	3,79	7,29	3,25	2,42	2,76	2,60	2,86	4,70	2,88	3,07	3,00	5,43	3,03	4,18	3,09	4,00	7,29
Merigar	MERI	3,81	2,28	5,10	5,22	4,77	6,99	5,50	5,48	6,80	4,64	5,97	6,83	5,55	4,64	3,21	3,11	6,30	6,99
Piancastagnaio	PICA	7,84	4,67	4,98	5,09	5,41	5,40	4,19	3,47	6,14	6,39	2,22	4,58	9,30	8,18	6,65	12,96	7,09	7,84
Piancastagnaio2	PICA2	6,74	3,72	2,57	2,49	3,07	3,09	2,81	3,37	4,01	3,97	2,74	5,45	3,28	4,66	2,70	7,58	6,35	6,74

Nella tabella 3 è infine riportato il valore massimo mensile della media mobile determinata su un intervallo di 90 giorni della concentrazione in aria di H₂S, che conferma l'assenza di superamenti e le valutazioni espresse in relazione alle tabelle precedenti.

Tab.3: Media mobile H₂S in aria, calcolata su 90 D (LR=20 µg/m³). Max mensili (2021) e annuali (2016-2021)

Massimo mensile della media mobile su 90 giorni (Mese/Stazione)		2020-01	2020-02	2020-03	2020-04	2020-05	2020-06	2020-07	2020-08	2020-09	2020-10	2020-11	2020-12	MAX 2016	MAX 2017	MAX 2018	MAX 2019	MAX 2020	MAX 2021
Canneto	CANN	7,20	8,27	7,92	6,33	5,86	4,20	3,45	2,50	2,33	3,03	4,01	4,73	9,89	8,12	6,83	8,36	9,95	8,27
Lustignano	LUST	6,01	4,99	4,20	4,52	4,00	3,47	3,56	4,37	5,50	6,39	7,26	7,37	7,92	8,14	7,73	6,18	6,96	7,37
Serrazzano	SEZA	5,98	6,02	6,00	5,30	4,49	4,30	4,33	4,09	3,97	3,87	4,50	5,01	4,87	6,41	6,36	5,04	5,61	6,02
Sasso_Pisano	SAPI	5,47	4,98	4,54	4,74	4,67	5,16	6,21	7,57	7,86	7,37	6,59	5,17	4,72	7,12	7,18	6,67	7,94	7,86
Monterotondo	MORO	4,21	3,48	3,32	3,57	3,49	3,44	3,95	4,38	4,56	4,15	3,79	3,71	6,03	7,27	7,15	6,68	6,21	4,56
Montecerboli	MONT	5,92	6,46	6,32	6,13	5,11	4,51	4,32	3,76	3,08	3,42	4,12	4,80	7,22	11,90	11,20	6,26	5,70	6,46
Castelnuovo VdC	CANU	4,76	4,11	3,50	3,30	3,17	3,16	3,32	3,46	3,44	3,69	4,13	4,27	4,41	6,92	6,81	4,55	5,14	4,76
Larderello	LARD	6,08	5,89	5,16	4,09	3,73	4,42	4,71	4,57	4,03	3,55	3,85	4,49	10,61	9,10	7,54	5,02	5,97	6,08
Belforte	BEFO	2,80	2,84	3,09	3,08	2,86	2,65	2,87	2,97	2,97	2,84	2,38	2,30	4,84	3,26	3,28	3,89	3,81	3,09
Montalcinello	MOAL	3,23	3,92	4,03	4,05	3,58	3,26	3,92	4,40	4,28	3,91	3,66	3,44	4,44	4,45	5,88	4,63	3,36	4,40
Travale	TRVL	3,24	3,40	3,79	3,85	3,40	2,97	2,57	2,97	3,45	3,46	3,57	3,62	4,28	5,33	4,87	2,74	2,89	3,85
Chiusdino	CHIU	4,07	4,03	4,47	4,51	4,02	4,96	7,16	7,89	7,45	5,74	4,09	3,32	6,81	6,80	7,87	6,11	4,89	7,89
Arcidosso	ARCI	2,54	2,54	2,77	2,64	2,74	2,36	2,32	2,54	2,77	3,18	3,32	2,94	3,03	2,55	2,19	2,72	2,62	3,32
Santa_Fiora	SAFI	2,25	2,34	2,59	2,47	2,41	2,21	2,03	1,85	1,88	2,15	2,30	2,43	2,79	3,10	2,75	2,20	2,43	2,59
Bagnore	BAGN	2,80	2,73	3,11	3,26	3,34	2,72	2,38	2,14	2,50	2,59	2,64	2,60	3,76	2,44	2,48	2,70	2,72	3,34
Merigar	MERI	2,83	2,72	2,90	3,33	3,58	4,23	4,03	4,07	4,29	3,90	4,21	4,46	2,90	2,66	2,42	1,97	3,12	4,46
Piancastagnaio	PICA	3,62	3,70	3,97	4,07	3,97	3,98	3,99	3,97	3,82	3,82	3,46	3,02	8,49	5,01	3,86	5,51	3,94	4,07
Piancastagnaio2	PICA2	3,28	3,24	3,16	3,04	2,43	2,41	2,36	2,49	2,93	2,95	2,95	3,10	2,55	2,62	2,36	3,52	3,28	3,28

Nella tabella 4 si riportano le medie calcolate sia mensilmente che sull'intero anno solare della concentrazione oraria di H₂S, rilevate dalle centraline di monitoraggio qualità dell'aria di ENEL Green Power, con valori espressi in µg/m³ (microgrammi su metro cubo):

Tab.4: valori medi mensili di H₂S in aria registrati nel 2021, confrontati con le medie annuali degli ultimi 5 anni.

Medie mensili (Mese/Stazione)		2021-01	2021-02	2021-03	2021-04	2021-05	2021-06	2021-07	2021-08	2021-09	2021-10	2021-11	2021-12	MEDIA 2016	MEDIA 2017	MEDIA 2018	MEDIA 2019	MEDIA 2020	MEDIA 2021
Canneto	CANN	5,84	7,78	5,48	4,60	2,24	3,52	1,71	1,96	3,22	3,82	4,92	4,59	5,04	3,49	4,48	4,95	3,57	4,11
Lustignano	LUST	4,16	4,65	3,82	3,50	3,03	2,93	4,83	5,16	6,32	7,42	7,97	6,19	5,98	6,38	5,17	4,34	4,79	5,01
Serrazzano	SEZA	6,21	5,46	4,20	3,84	4,46	4,39	3,46	3,81	3,72	3,94	5,78	5,33	3,28	4,38	4,42	3,79	4,28	4,54
Sasso_Pisano	SAPI	4,15	4,24	5,00	3,65	4,77	7,08	6,68	8,78	6,58	4,34	4,71	5,89	3,89	6,03	5,27	5,51	5,91	5,50
Monterotondo	MORO	2,90	3,54	3,48	3,08	3,21	3,98	4,45	4,39	3,69	3,29	3,42	4,33	4,26	5,87	5,13	5,10	5,00	3,65
Montecerboli	MONT	6,88	6,51	4,94	3,90	4,55	4,46	2,29	2,79	2,99	4,34	4,95	5,07	3,98	7,45	5,37	4,17	4,50	4,45
Castelnuovo VdC	CANU	2,99	3,35	3,27	2,69	2,73	4,11	3,10	3,09	3,53	4,30	4,51	3,88	3,48	4,56	3,21	3,91	3,73	3,46
Larderello	LARD	4,42	4,82	3,09	3,02	5,00	5,12	3,35	3,76	3,22	3,59	4,62	5,07	5,63	6,13	4,78	3,99	4,17	4,09
Belforte	BEFO	2,76	3,38	2,67	2,41	2,77	2,74	3,09	3,06	2,36	1,71	2,06	3,10	2,50	2,52	2,79	2,84	2,61	2,67
Montalcinello	MOAL	3,72	4,11	3,96	2,55	2,65	4,57	4,47	4,06	3,24	3,67	2,65	3,93	3,24	2,82	4,37	3,30	2,71	3,63
Travale	TRVL	4,11	2,84	4,34	3,07	1,71	2,21	3,34	3,28	2,98	4,04	3,06	3,69	2,95	4,28	2,40	1,93	2,32	3,22
Chiusdino	CHIU	3,59	4,54	4,77	2,46	4,64	7,84	8,71	5,21	3,48	3,83	2,43	3,59	4,78	5,25	4,72	4,40	3,68	4,62
Arcidosso	ARCI	2,55	2,02	3,29	2,50	2,01	2,44	1,92	3,23	2,98	3,17	2,71	1,55	2,02	1,99	1,67	2,07	1,94	2,53
Santa_Fiora	SAFI	2,30	2,29	2,76	2,14	2,07	1,86	1,61	1,93	2,07	2,39	2,41	2,53	2,38	2,27	2,08	1,92	2,14	2,20
Bagnore	BAGN	2,21	2,69	4,39	2,61	2,04	2,53	1,50	2,44	2,96	2,27	2,61	2,39	2,24	1,71	1,91	1,91	2,34	2,55
Merigar	MERI	2,71	2,02	3,83	4,02	2,94	5,09	2,83	4,20	3,59	3,77	4,61	4,56	2,18	1,98	1,97	1,60	2,46	3,70
Piancastagnaio	PICA	5,18	2,63	3,88	2,85	5,06	3,31	3,45	3,27	4,81	2,18	2,07	3,38	3,93	4,00	2,87	2,91	3,24	3,52
Piancastagnaio2	PICA2	4,48	2,37	2,38	2,07	2,79	1,93	2,30	3,17	3,31	2,35	2,44	4,33	1,64	1,83	1,51	2,93	2,67	2,81

La concentrazione di 7 µg/m³ viene usualmente presa come riferimento per stimare il disturbo olfattivo. Nella seguente tabella 5 è indicato il numero di ore mensili e annuali in cui è stata registrata una concentrazione in aria superiore a 7 µg/m³, espresse in valore percentuale rispetto alle ore rilevate. Emerge una situazione sostanzialmente simile rispetto a quella registrata negli ultimi tre anni, con alcuni dati in miglioramento e altri in peggioramento; nei casi peggiori si sono registrate percentuali mensili anche superiori al 20%, in particolare a Sasso Pisano, o di poco inferiori (Lustignano). Si rileva un peggioramento relativo nell'area di Arcidosso, che comunque resta tra le aree in cui il fenomeno risulta meno marcato. Sembra comunque di poter osservare, nel complesso, una generale tendenza di lento miglioramento.

Tab.5: Percentuale mensile ed annuale delle ore con concentrazione superiore a 7µg/m³.

%ore con Conc. >7µg/m ³ -Stazione		2021-1	2021-2	2021-3	2021-4	2021-5	2021-6	2021-7	2021-8	2021-9	2021-10	2021-11	2021-12	INTERO 2016	INTERO 2017	INTERO 2018	INTERO 2019	INTERO 2020	INTERO 2021
Canneto	CANN	20,7	21,7	14,7	10,6	6,0	9,4	2,2	3,3	8,1	9,0	16,6	9,5	13,9	10,6	15,1	17,0	9,0	10,9
Lustignano	LUST	12,9	15,4	9,9	6,4	9,5	8,8	17,1	20,6	24,5	32,5	47,9	31,4	28,7	30,3	20,9	16,3	17,5	19,8
Serrazzano	SEZA	23,9	21,6	12,7	10,6	15,7	17,7	12,2	12,0	10,7	12,2	25,7	22,3	8,9	16,9	16,5	12,6	16,3	16,3
Sasso_Pisano	SAPI	16,2	17,9	22,9	12,0	21,3	40,8	40,4	45,0	30,5	20,9	18,6	30,0	13,3	30,8	26,7	29,0	31,1	26,4
Monterotondo	MORO	12,2	15,8	14,4	9,8	12,6	20,5	24,5	18,3	14,3	12,9	10,6	19,5	15,9	25,9	22,4	22,3	22,1	15,4
Montecerboli	MONT	33,4	31,8	18,0	14,8	16,7	18,6	3,6	7,2	7,0	13,8	22,6	22,9	10,4	34,4	23,2	14,5	18,3	17,4
Castelnuovo VdC	CANU	6,9	10,6	5,2	2,4	4,9	11,3	6,8	7,1	8,2	8,3	11,7	9,8	8,3	16,2	6,0	12,3	10,6	7,7
Larderello	LARD	16,6	20,2	6,0	7,6	14,0	20,7	9,1	11,1	6,6	12,4	16,7	19,6	24,7	27,8	17,5	13,2	14,3	13,4
Belforte	BEFO	6,0	9,8	3,7	3,8	2,6	4,0	7,3	4,5	2,0	0,6	1,9	2,8	3,4	4,9	4,0	5,0	4,0	4,0
Montalcinello	MOAL	10,6	16,4	14,2	6,6	4,4	14,1	13,3	8,5	4,6	9,7	2,3	8,5	6,2	7,4	17,3	8,7	3,2	9,4
Travale	TRVL	14,2	10,3	19,9	11,8	1,9	4,9	7,1	8,3	4,8	8,5	3,6	9,4	6,9	13,8	2,7	2,3	4,7	8,7
Chiusdino	CHIU	11,2	13,3	15,0	5,9	11,1	31,7	27,0	20,3	13,2	12,5	8,5	13,9	17,5	18,7	17,5	15,8	12,9	15,4
Arcidosso	ARCI	3,9	2,6	6,0	3,8	1,4	4,0	1,9	9,9	9,2	9,5	8,2	2,5	1,3	2,1	1,2	1,7	2,6	5,2
Santa_Fiora	SAFI	1,9	2,1	4,4	0,9	0,1	0,0	0,8	1,1	0,7	1,1	0,4	2,2	1,2	1,0	0,7	0,3	0,8	1,3
Bagnore	BAGN	2,9	4,5	7,7	2,8	2,2	3,0	1,9	3,4	8,7	3,3	3,2	2,7	2,0	0,7	1,4	1,5	2,6	3,8
Merigar	MERI	3,7	2,3	11,4	12,4	3,7	14,5	4,0	10,9	11,8	9,8	10,4	9,7	3,3	2,1	3,1	1,7	4,1	8,8
Piancastagnaio	PICA	12,1	3,3	9,9	2,6	10,3	2,6	5,3	5,8	11,2	3,2	2,3	7,9	11,2	10,4	6,1	6,5	5,8	6,4
Piancastagnaio2	PICA2	12,5	2,5	3,9	1,5	6,0	1,0	0,8	5,0	6,8	1,7	4,3	10,7	0,4	1,2	1,1	5,0	5,0	4,6

PARTE PRIMA

3 Introduzione e finalità del monitoraggio

Il monitoraggio della qualità dell'aria è svolto, sotto la supervisione ARPAT, da ENEL Green Power mediante la gestione di 18 stazioni fisse di qualità aria (o SQA) e un mezzo mobile:

N	DENOMINAZIONE (SIGLA)	COMUNE	QUOTA	EST (GB)	NORD (GB)
6	Arcidosso (ARDO)	Arcidosso (GR)	718	1707880	4748910
7	Santa Fiora (SAFI)	Santa Fiora (GR)	718	1710980	4745600
8	Bagnore (BAGN)	Santa Fiora (GR)	763	1709910	4746830
23	Merigar (MERI)	Arcidosso (GR)	897	1708136	4746280
9	Piancastagnaio (PICA)	Piancastagnaio (SI)	725	1720360	4747580
22	Piancastagnaio 2 (PICA2)	Piancastagnaio (SI)	791	1719470	4747780
10	Canneto (CANN)	Monteverdi Marittimo (PI)	308	1641280	4784510
11	Lustignano (LUST)	Pomarance (PI)	398	1646420	4782980
12	Serrazzano (SEZA)	Pomarance (PI)	530	1647400	4786550
13	Sasso Pisano (SAPI)	Castelnuovo Val di Cecina (PI)	490	1651390	4781090
14	Monterotondo (MORO)	Monterotondo Marittimo (GR)	507	1650850	4778580
15	Montecerboli (dal 24/4/2012) (MONT)	Pomarance (PI)	410	1652730	4789960
16	Castelnuovo V.C. (CANU)	Castelnuovo V.C (PI)	580	1654460	4786000
17	Larderello (LARD)	Pomarance (PI)	441	1653540	4789040
18	Belforte (BEFO)	Radicondoli (SI)	528	1667580	4788590
19	Montalcinello (MOAL)	Chiusdino (SI)	360	1668500	4784680
20	Travale (TRVL)	Montieri (GR)	511	1663790	4781610
21	Chiusdino (CHIU)	Chiusdino (SI)	521	1668910	4780040

Il controllo da parte di ARPAT dell'attività di monitoraggio svolta da ENEL Green Power è effettuato attraverso i mezzi e la strumentazione di seguito elencati:

- **laboratorio mobile ARPAT GEO1**, attrezzato per la rilevazione di H₂S e di Hg oltre che dei dati meteo di base. Trattandosi di un mezzo di più difficile manovrabilità, è impiegato per monitoraggi su periodi temporali più lunghi, usualmente in aree non servite dalle altre stazioni di monitoraggio. Si fa infine presente che, nei primi mesi del 2022, il mezzo è stato sostituito;
- **laboratorio mobile ARPAT GEO2**. Oltre che per le normali campagne di monitoraggio, il Geo2 viene utilizzato anche per il controllo dei dati misurati dalle stazioni ENEL Green Power mediante il suo posizionamento in prossimità di una stazione ENEL Green Power presa a campione. In questo modo le due stazioni, di ARPAT ed ENEL Green Power, effettuano un rilevamento in parallelo per un periodo variabile, compreso tra 90 e 120 gg. Dal 2014, il mezzo GEO2 è stato dotato di un analizzatore di Hg gassoso. Anche questo mezzo nel 2022 è stato oggetto di ammodernamento;
- **stazione fissa presso l'abitato di Montecerboli**, Comune di Pomarance (PI): questa stazione fa parte della Rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria ed è stata attrezzata per il monitoraggio di H₂S, oltre che di ozono (O₃), diossido di azoto (NO₂) e particolato (PM₁₀).

In linea generale, i due mezzi mobili ARPAT sono impiegati per monitorare le aree non servite da stazioni fisse e per verificare periodicamente i dati forniti dalle stazioni di monitoraggio gestite da ENEL Green Power, mediante campagne brevi, svolte in parallelo.

4 Indicatori

4.1 Idrogeno solforato

L'acido solfidrico è una sostanza dotata di odore. Relativamente alla soglia di percezione umana dell'odore dell'acido solfidrico, la vasta letteratura evidenzia il ruolo fondamentale assunto dalla "variabilità individuale", che ha portato a proporre di volta in volta campi di valori molto diversificati fra loro. Usualmente si distingue:

- **soglia di rilevazione:** è la minima concentrazione che suscita una risposta sensoriale. Si ritiene sia compresa nell'intervallo 0,2-2,0 µg/m³;
- **soglia di riconoscimento:** è la minima concentrazione di identificazione del tipo di odore. Si ritiene sia compresa nell'intervallo 0,6-6,0 µg/m³.

Tali soglie non corrispondono a valori definiti e costanti, ma piuttosto sono degli intervalli di concentrazione, generalmente abbastanza ampi. Questo perché principalmente la capacità di un composto di essere percepito dal nostro sistema olfattivo (potenzialità osmogena) dipende da aspetti diversi che sono oggettivi, cioè propri della sostanza (volatilità, idrosolubilità, metodo di rilevazione, etc.), soggettivi (dipendono dalla fisiologia e dalla psicologia dell'osservatore o dal gruppo di individui presi a riferimento) e ambientali (distanza tra sorgente e recettore, temperatura, pressione, umidità relativa dell'aria, velocità e direzione dei venti).

In considerazione del fatto che l'H₂S è chiaramente percepibile dall'olfatto umano già in concentrazioni molto più basse rispetto a quelle per il quale può ritenersi pericoloso per la salute umana, e tenuto presente che la normativa regionale e le linee guida internazionali non prevedono un valore limite in aria da rispettare, per il suo monitoraggio è prassi consolidata¹ determinare il numero di ore in cui è stata rilevata una concentrazione superiore al valore di 7 µg/m³ (indicato dal WHO) sebbene sia noto che, almeno su una parte della popolazione esposta, possano verificarsi fenomeni di molestia olfattiva già per esposizioni di 30 minuti.

4.1.1 Valori di riferimento per la tutela sanitaria

Per quanto riguarda l'individuazione di valori di riferimento per la tutela sanitaria, coerentemente a quanto indicato nella DGRT n. 344 del 22 marzo 2010, la concentrazione oraria di idrogeno solforato rilevata in aria è mediata sui seguenti tre periodi di osservazione:

1. 24 ore (Valore di riferimento per "singola esposizione ad alta concentrazione": 150 µg/m³)
2. 2 giorni – 14 giorni (Valore di riferimento per esposizione a "breve termine": 100 µg/m³)
3. 15 giorni – 90 giorni (Valore di riferimento per esposizione a "medio termine": 20 µg/m³)

I valori di riferimento tra parentesi sono ricavati dai due documenti del World Health Organization:

- Air Quality Guidelines for Europe, Second Edition (2000).
- Concise International Chemical Assessment Document 53. HYDROGEN SULFIDE: HUMAN HEALTH ASPECTS (2003).

Nel corso del "Meeting report" organizzato dal WHO, che si è svolto nel 2015 a Bonn, sulla base delle più recenti evidenze scientifiche sono state riviste le priorità e valutata l'opportunità di aggiornare i limiti di riferimento sanitari per alcuni inquinanti.

In particolare l'H₂S, sostanza di tipo inorganico, è stata inserita nel Gruppo 3, ossia quello con priorità di aggiornamento inferiore (il Gruppo 4 è relativo alle sostanze di cui le nuove conoscenze non giustificano una revisione dei documenti attuali, mentre i Gruppi 3, 2 e 1 sono sostanze per le quali è richiesto un aggiornamento delle conoscenze scientifiche, rispettivamente con ordine di priorità crescente).

In relazione ai valori di riferimento sopra indicati, è opportuno osservare che, mentre per il primo intervallo il confronto tra i valori rilevati è pressoché immediato, per quelli di cui ai punti 2 e 3 risulta

¹ Anche in considerazione delle tecnologie disponibili e del valore di fondo nelle aree geotermiche toscane, che, pur non essendo quest'ultimo noto, risulta certamente influenzato anche da sorgenti naturali non ancora completamente individuate

cautelativamente più semplice effettuare una verifica condotta assumendo il periodo di osservazione immediatamente minore a quello inferiore dell'intervallo indicato, piuttosto che calcolare la serie di medie indicate dalla citata Delibera 344/2010.

In altre parole, se il valore medio della concentrazione mediata su tale periodo di osservazione, inferiore a quello indicato per il confronto con il valore di riferimento, risulta sempre inferiore al valore di riferimento, si ha la matematica certezza del non superamento. Diversamente è necessario effettuare puntualmente la verifica su tutti gli intervalli di tempo previsti dalla Delibera.

In termini esemplificativi: se la media mobile delle concentrazioni di H₂S determinata su 24 ore risulta sempre inferiore a 100 µg/m³, si è matematicamente sicuri che lo sono anche le medie determinate sui periodi di riferimento di durata superiore (2 giorni, 3 giorni, ..., 14 giorni).

In modo analogo, se la media mobile delle concentrazioni di H₂S determinata su 14 giorni risulta sempre inferiore a 20 µg/m³ si è matematicamente sicuri che lo sono anche le medie determinate sui periodi di riferimento di durata superiore, in particolare con durata compresa tra 15 e 90 giorni.

Bisogna inoltre tenere presente che un dato è ritenuto rappresentativo del periodo di osservazione considerato quando è disponibile almeno il 75% dei dati che lo compongono: il dato relativo alla media calcolata su 24 ore richiede la conoscenza di almeno 18 ore (24 x 75%).

In conclusione, per verificare il rispetto dei limiti di riferimento indicati dalla Delibera di Giunta della Regione Toscana n. 344/2010, invece che calcolare le medie mobili su 24 ore, 2 giorni, 3 giorni, ..., 90 giorni, risulta più semplice e cautelativo determinare i valori delle medie mobili calcolati su 24 ore e 14 giorni.

Si osserva infine che il valore ottenuto su medie mobili di 90 giorni sia la media annuale, sono un utile riferimento per valutare l'esposizione della popolazione per periodi di lungo temine.

4.2 Vapori di Mercurio

Come noto il mercurio è un metallo fortemente tossico. L'introduzione nell'organismo può avvenire sia per ingestione, sia per inalazione dei vapori, sia per semplice contatto.

Essendo un costituente naturale della crosta terrestre, anche in aree remote, i livelli di mercurio sotto forma di vapore in atmosfera sono di circa 2,0 – 4,0 ng/m³, fino a 10 ng/m³ in aree urbane.

Come evidenziato dallo stesso WHO, tale causa di assunzione può comunque ritenersi trascurabile rispetto ai quantitativi assimilati dall'organismo umano per assunzione diretta tramite il cibo ingerito (soprattutto pesce con rischio di bio-accumulo) e per altri cause (otturazioni dentali, antisettici, vernici, cere per pavimenti, nei lucidanti per mobili, ammorbidenti, etc.).

4.2.1 Valori di riferimento per la tutela sanitaria

Sulla base degli effetti osservati sugli esseri umani a causa dei vapori di mercurio, le già richiamate linee guida pubblicate dal WHO suggeriscono di rispettare una concentrazione di 1 µg/m³, mediata su un periodo di riferimento annuale.

Cautelativamente e in accordo con la DGR n. 344/2010, nel presente rapporto è stato scelto di riferirsi al valore di riferimento di 0,2 µg/m³ (200 ng/m³), anch'esso mediato su un periodo di riferimento di 1 anno, coerentemente ai MRLs (Minimal Risk Levels - Livelli guida significativi per la salute) elaborati dall'Agenzia governativa US ATSDR, in analogia ai valori soglia US EPA, per effetti non cancerogeni delle sostanze chimiche nell'ambiente ad uso della stessa ATSDR per valutare i siti contaminati (novembre 2007).

PARTE SECONDA

5 Stazioni di rilevamento ENEL per l'H₂S

Per un confronto immediato dell'andamento della concentrazione di idrogeno solforato in aria nell'ultimo anno con i limiti sanitari precedentemente richiamati, nei paragrafi seguenti sono rappresentati i grafici dei valori massimi, registrati giorno per giorno, delle medie mobili calcolate rispettivamente su intervalli temporali di 24 ore, di 14 giorni e di 90 giorni.

Per sintesi di rappresentazione e per agevolarne la lettura, le diverse stazioni di rilevamento sono state raggruppate in 6 gruppi, in base al criterio di vicinanza geografica.

5.1 Stazioni Q.A. di Arcidosso, Santa Fiora, Bagnore e Merigar

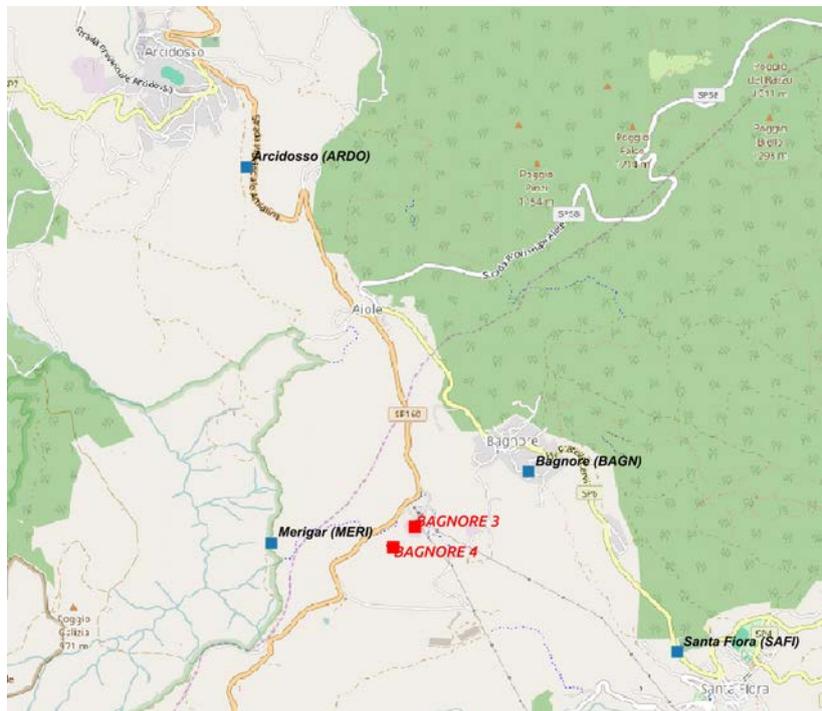


Fig.1: ubicazione delle CGTE di Bagnore 3 e Bagnore 4 e delle SQA di Arcidosso (ARCI), Bagnore (BAGN), Santa Fiora (SAFI) e Merigar (MERI)

Le quattro stazioni di monitoraggio ENEL Green Power ubicate nei Comuni di Arcidosso e Santa Fiora, entrambi nella provincia di Grosseto, presidiano le centrali produttive di Bagnore 3 e Bagnore 4.

I dati rilevati in quest'area si confermano come i più bassi di tutta l'area geotermica toscana e l'esame dei dati disponibili permette di affermare che, pur essendosi verificati superamenti della soglia olfattiva che possono aver determinato disturbi alla popolazione e pur essendo stato registrato un leggero peggioramento rispetto agli anni pregressi (in particolare presso la postazione denominata Merigar), i dati registrati dalle 4 centraline di monitoraggio ENEL Green Power e dei mezzi mobili ARPAT si sono sempre mantenuti al di sotto dei valori di riferimento per la tutela sanitaria: le tre medie mobili calcolate sui tre intervalli di mediazione (24 ore, 2 - 14 giorni e 15-90 giorni) sono tutte ampiamente inferiori ai rispettivi limiti di riferimento.

Tale valutazione è confermata anche alla luce dei monitoraggi di approfondimento svolti negli anni

passati² i cui bollettini (mensili³, divenuti trimestrali dal 2018 e conclusi nel 2019) sono stati pubblicati sul sito Web di ARPAT, con lo scopo di rendere noti i livelli di idrogeno solforato rilevati in tale area.

I dati al di sopra della media registrati per alcuni periodi, in particolare a fine ai primi di marzo, fine agosto e ottobre/novembre nelle stazioni di Arcidosso e Merigar, sono correlabili ai fuori servizio degli AMIS e/o delle Centrali di Bagnore 4 e Bagnore 3.

5.1.1 Media mobile calcolata su 24 ore

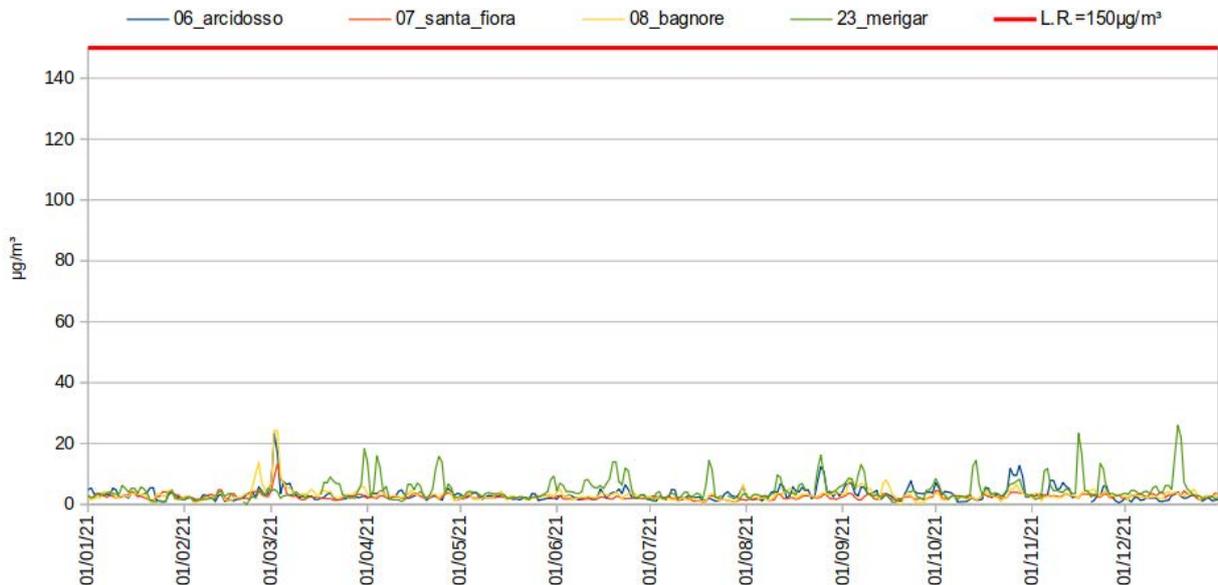


Grafico del massimo giornaliero, nel 2021, della media mobile calcolata su 24 ore della concentrazione in aria di idrogeno solforato in µg/m³ (Valore di riferimento linea rossa = 150 µg/m³)

5.1.2 Media mobile calcolata su 14 giorni

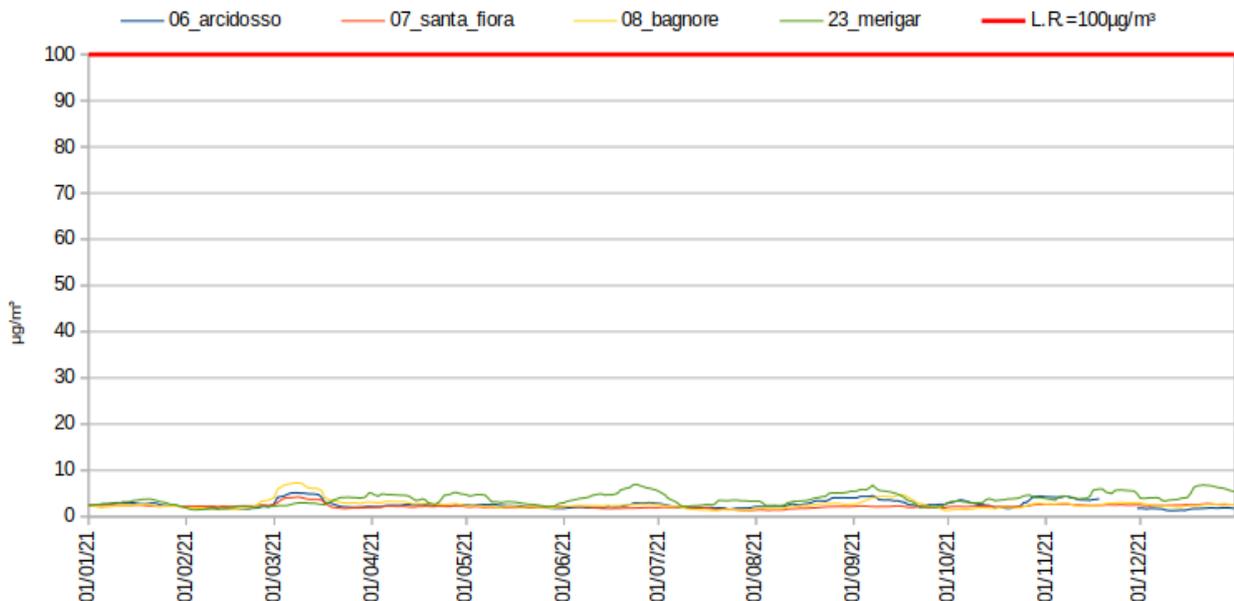


Grafico del massimo giornaliero, nel 2021, della media mobile calcolata su 14 giorni della concentrazione in aria di idrogeno solforato in µg/m³ (Valore di Riferimento linea rossa = 100 µg/m³)

2 Il mezzo mobile ARPAT GEO1 è stato posizionato dapprima al Parco dello Scoiattolo ad Arcidosso (novembre 2011- maggio 2013), poi in località Bagnoli, sempre nel Comune di Arcidosso (maggio 2013 fino a settembre 2018, salvo una breve pausa per manutenzione nel dicembre 2014).

3 <http://www.arpato.toscana.it/datiemappe/bollettini/bollettino-della-qualita-dellaria-nella-zona-geotermica-del-monte-amiatia/bollettino-della-qualita-dellaria-nella-zona-geotermica-del-monte-amiatia>.

5.1.3 Media mobile calcolata su 90 giorni

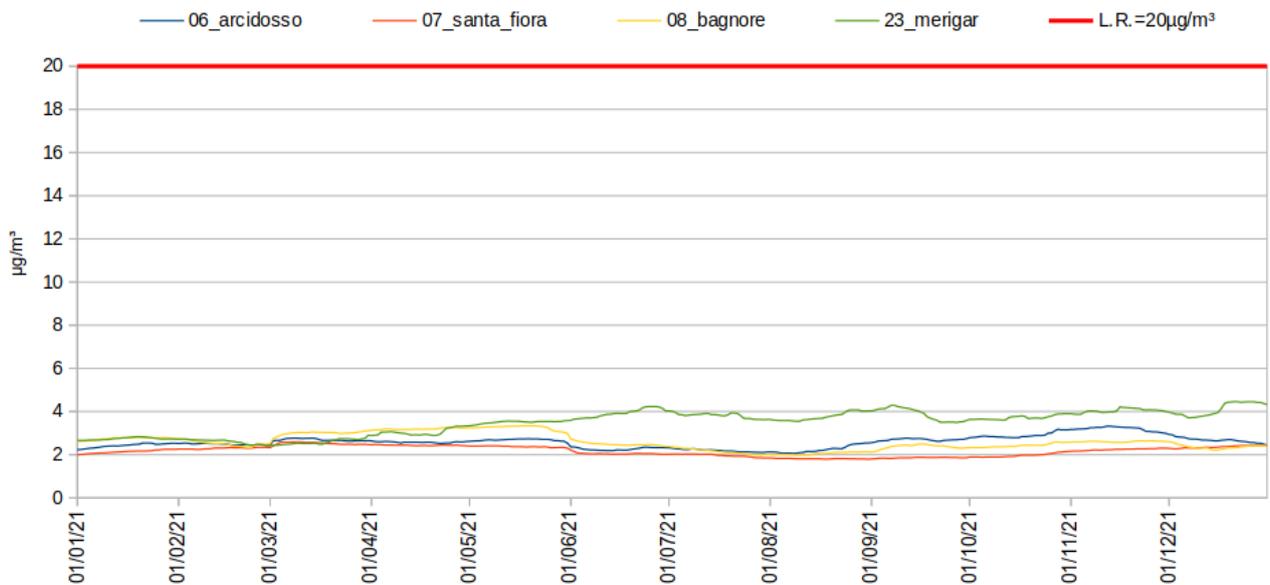
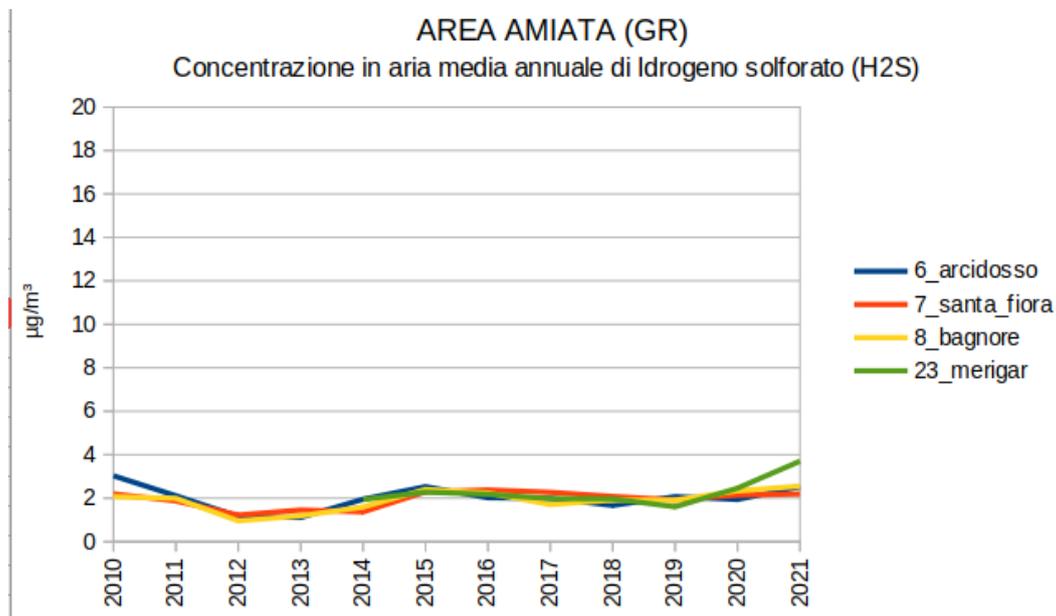


Grafico del massimo giornaliero, nel 2021, della media mobile calcolata su 90 giorni della concentrazione in aria di idrogeno solforato in µg/m³ (Valore di riferimento = 20 µg/m³)

5.1.4 Media annuale (2010-2021)

I dati storici relativi alla concentrazione di H₂S in aria mostrano, per il periodo preso in esame, una situazione di sostanziale stazionarietà, con tendenza a una lenta, progressiva riduzione della concentrazione di idrogeno solforato in aria, nonostante l'entrata in servizio della Centrale di Bagnore 4 (2013-2014), che ha comportato un aumento di potenzialità produttiva di 40 MW, oltre ai 20 MW di Bagnore 3.

Il trend di decrescita risulta interrotto negli anni 2020 e 2021, per cause non del tutto definite, ma presumibilmente riconducibili alle difficoltà gestionali e di pronto intervento connesse all'emergenza sanitaria Covid.



5.2 Stazioni Q.A. di Piancastagnaio (PICA e PICA2)

Le due stazioni di monitoraggio ENEL Green Power sono prossime al centro abitato di Piancastagnaio e in posizione baricentrica rispetto alle tre centrali omonime.

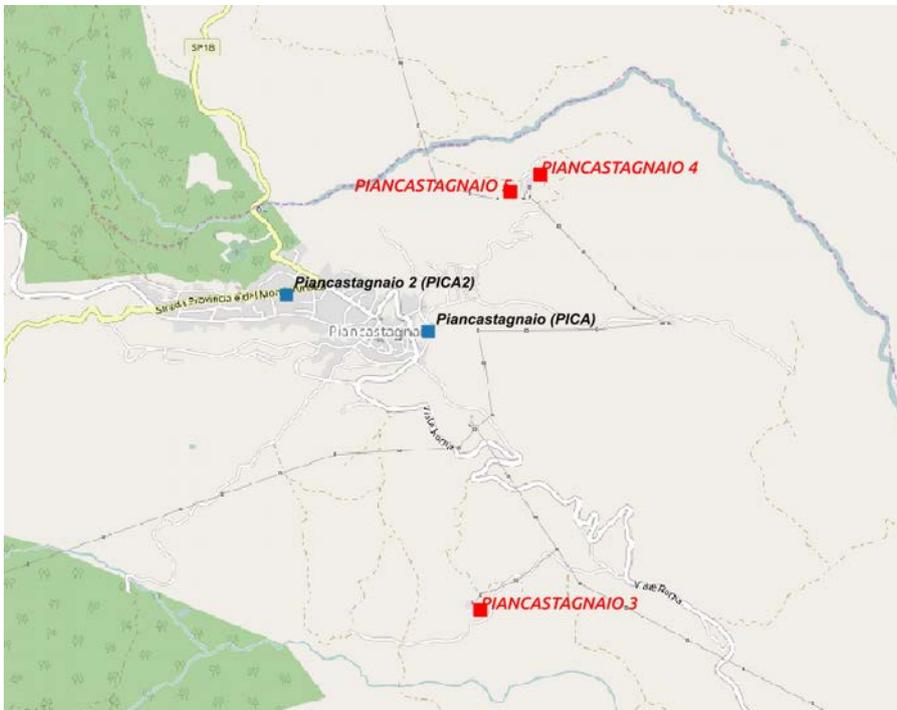


Fig.2: ubicazione delle tre CGTE di Piancastagnaio 3, Piancastagnaio 4 e Piancastagnaio 5 e delle due SQA di Piancastagnaio (PICA) e Piancastagnaio 2 (PICA2)

I valori registrati nel 2021 dalle postazioni di monitoraggio ENEL confermano i miglioramenti già riscontrati negli ultimi anni e permettono di affermare che, pur essendosi registrati ripetuti superamenti della soglia olfattiva che possono aver determinato disturbi alla popolazione, i dati registrati dalle 2 postazioni di monitoraggio ENEL Green Power e dal mezzo mobile ARPAT (che è stato ubicato a Castel del Piano (SI), come descritto al paragrafo 6.2.1 della presente relazione) si sono sempre mantenuti al di sotto dei valori di riferimento per la tutela sanitaria.

Dall'esame dei dati registrati dalla postazione di misura di Piancastagnaio, i valori sopra la media (imputabili ai fuori servizio dell'AMIS o ai fuori servizio di una delle tre centrali presenti - Piancastagnaio 3, 4 e 5) mostrano, nel corso degli anni, valori più contenuti e una durata dell'evento più breve; ciò si manifesta nella riduzione delle tre medie mobili calcolate, in particolare quella su 24 ore, a partire dall'anno 2018.

5.2.1 Media mobile calcolata su 24 ore

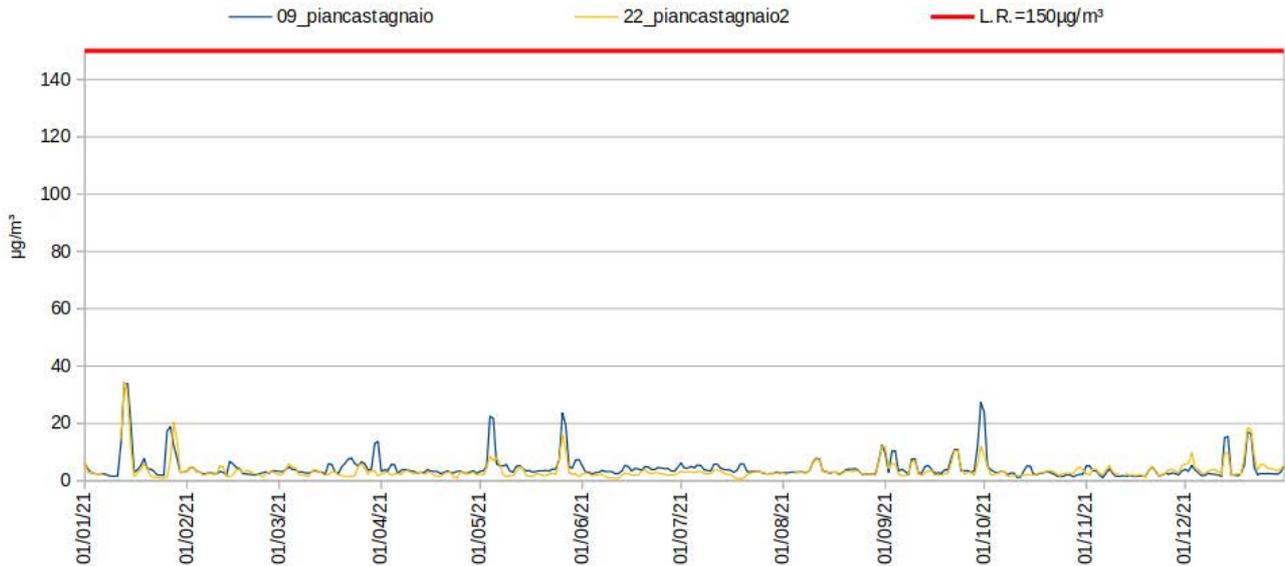


Grafico del massimo giornaliero, nel 2021, della media mobile calcolata su 24 ore della concentrazione in aria di idrogeno solforato in µg/m³ (Valore di riferimento = 150 µg/m³)

5.2.2 Media mobile calcolata su 14 giorni

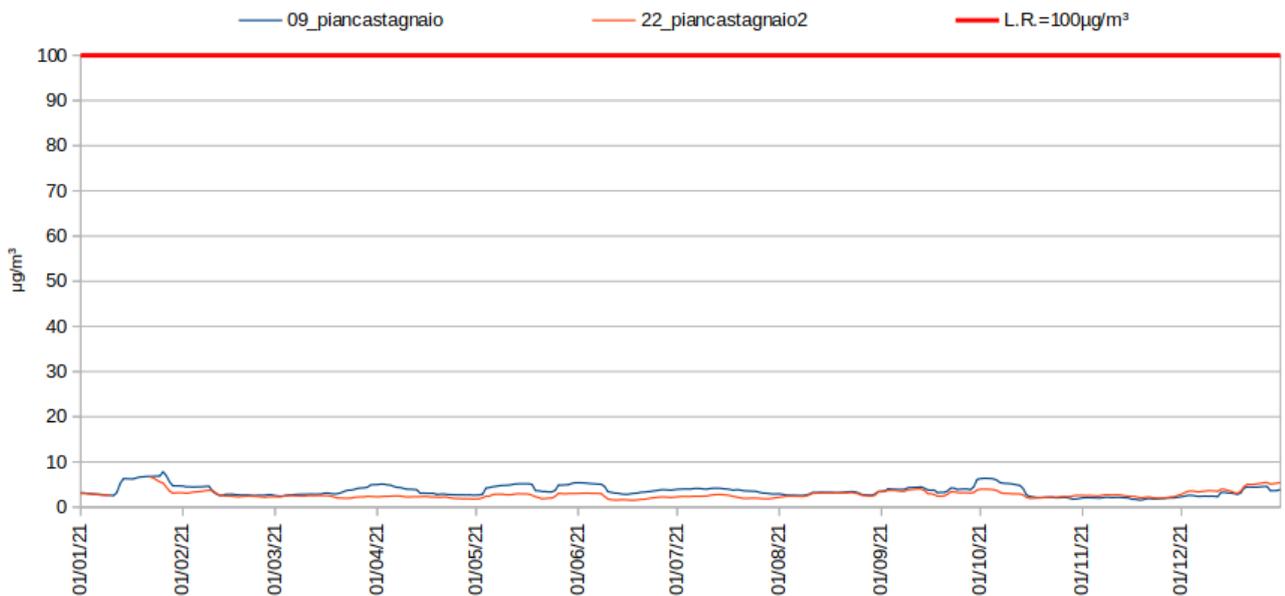


Grafico del massimo giornaliero, nel 2021, della media mobile calcolata su 14 giorni della concentrazione in aria di idrogeno solforato in µg/m³ (Valore di Riferimento = 100 µg/m³)

5.2.3 Media mobile calcolata su 90 giorni

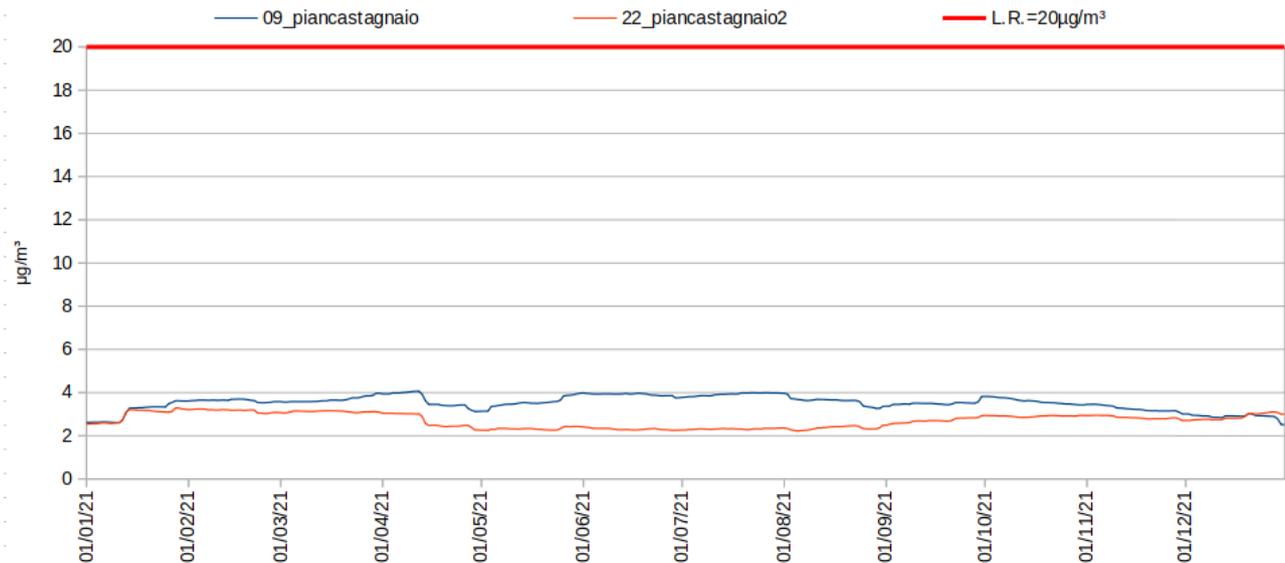
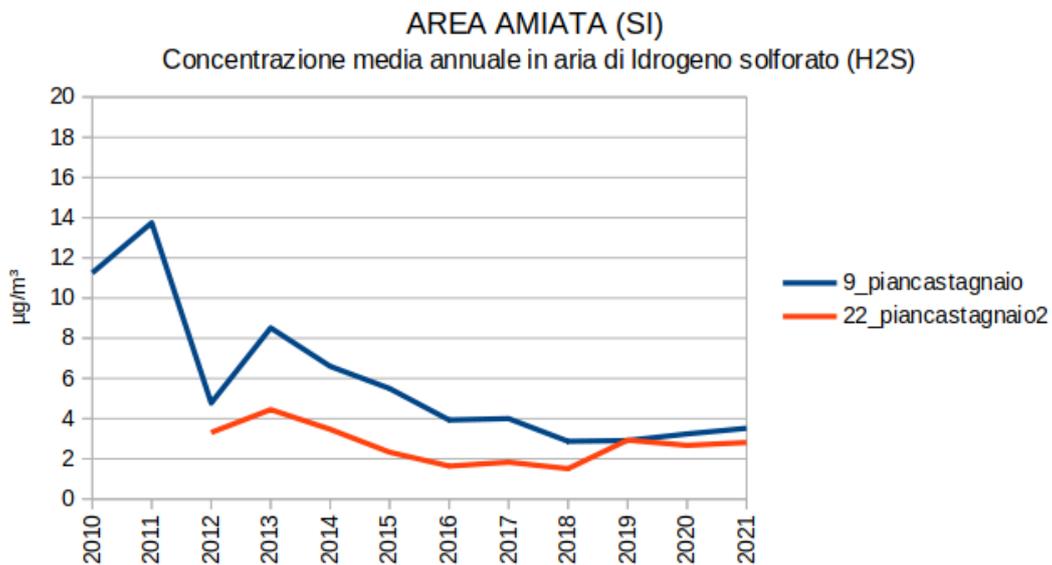


Grafico del massimo giornaliero, nel 2021, della media mobile calcolata su 90 giorni della concentrazione in aria di idrogeno solforato in µg/m³ (Valore di riferimento = 20 µg/m³)

5.2.4 Media annuale

I dati storici rilevati nella postazione di Piancastagnaio, relativi alla concentrazione di H₂S in aria, mostrano un progressivo miglioramento del parametro, probabilmente da mettere in relazione con le tecniche adottate per effettuare gli interventi di ammodernamento tecnologico e la messa a punto di migliori tecniche di manutenzione praticate dal Gestore sugli impianti e sulla rete vapore.

Il leggero incremento riscontrabile negli ultimi due anni risulta presumibilmente correlabile all'emergenza sanitaria Covid.



5.3 Stazioni Q.A. di Canneto, Lustignano, Serrazzano

Le tre Stazioni di Qualità dell'Aria di Canneto, Lustignano e Serrazzano si trovano in un'area di coltivazione intensiva della risorsa geotermica, in quanto in prossimità delle seguenti centrali geotermiche: Monteverdi 1 e 2, Nuova Serrazzano, Nuova Lagoni Rossi, Cornia 2 e Le Prata.

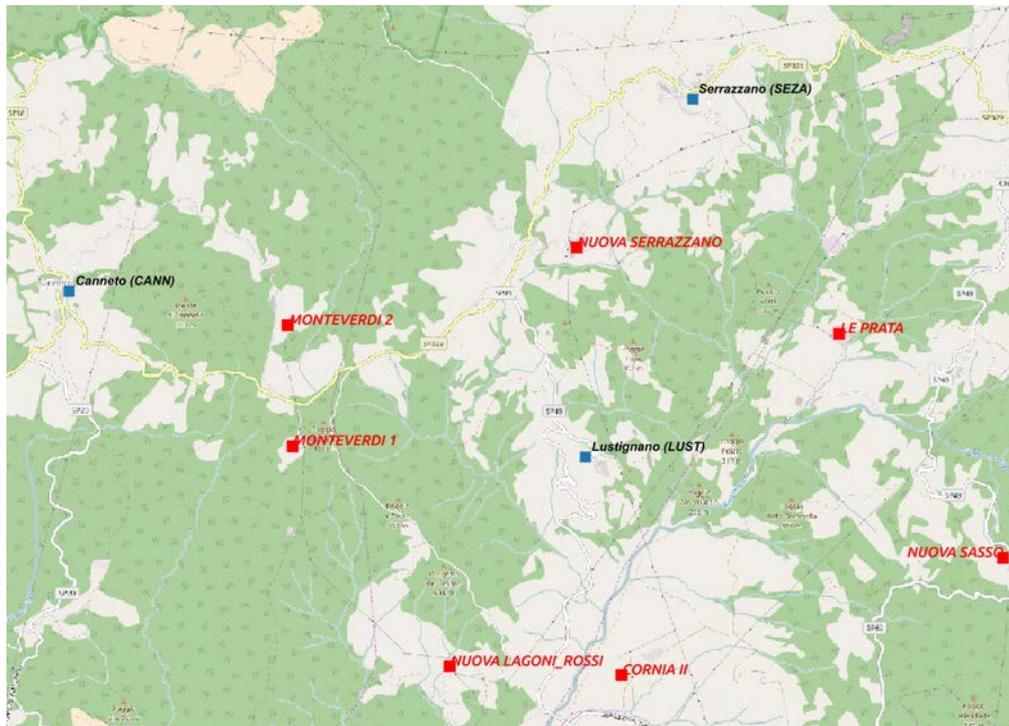


Fig.3: ubicazione delle diverse CGTE dell'area e delle tre SQA di Canneto (CANN), Serrazzano (SEZA) e Lustignano (LUST)

Le tre stazioni mostrano generalmente un andamento abbastanza simile, presumibilmente condizionato dalla vicinanza alle centrali indicate, ma anche da probabili manifestazioni gassose naturali e da condizioni meteo-climatiche che comportano una ridotta dispersione dell'idrogeno solforato.

Si ricorda che il completamento del piano di installazione degli AMIS nelle centrali dell'area tradizionale, avvenuto nel 2015, ha comportato negli anni successivi un'evidente riduzione della concentrazione in aria di H₂S, confermata anche nel 2020-2021, che per ragioni connesse all'emergenza sanitaria, certamente non hanno agevolato né la manutenzione ordinaria, né gli interventi di emergenza, degli impianti.

Le concentrazioni sopra la media registrate nei mesi gennaio e dicembre a Canneto, sembrano correlabili con blocchi AMIS delle Centrali di Monteverdi 1 e 2, ma anche con quelli delle altre Centrali di: Le Prata, Carboli 1, Sasso 2, Nuova Lagoni Rossi e Cornia 2.

L'esame dei dati disponibili, permette di affermare che i dati registrati dalle tre centraline di monitoraggio ENEL Green Power, si sono sempre mantenuti al di sotto dei valori di riferimento per la tutela sanitaria, pur essendosi registrati ripetuti superamenti della soglia olfattiva che possono aver determinato disturbi alla popolazione.

5.3.1 Media mobile calcolata su 24 ore

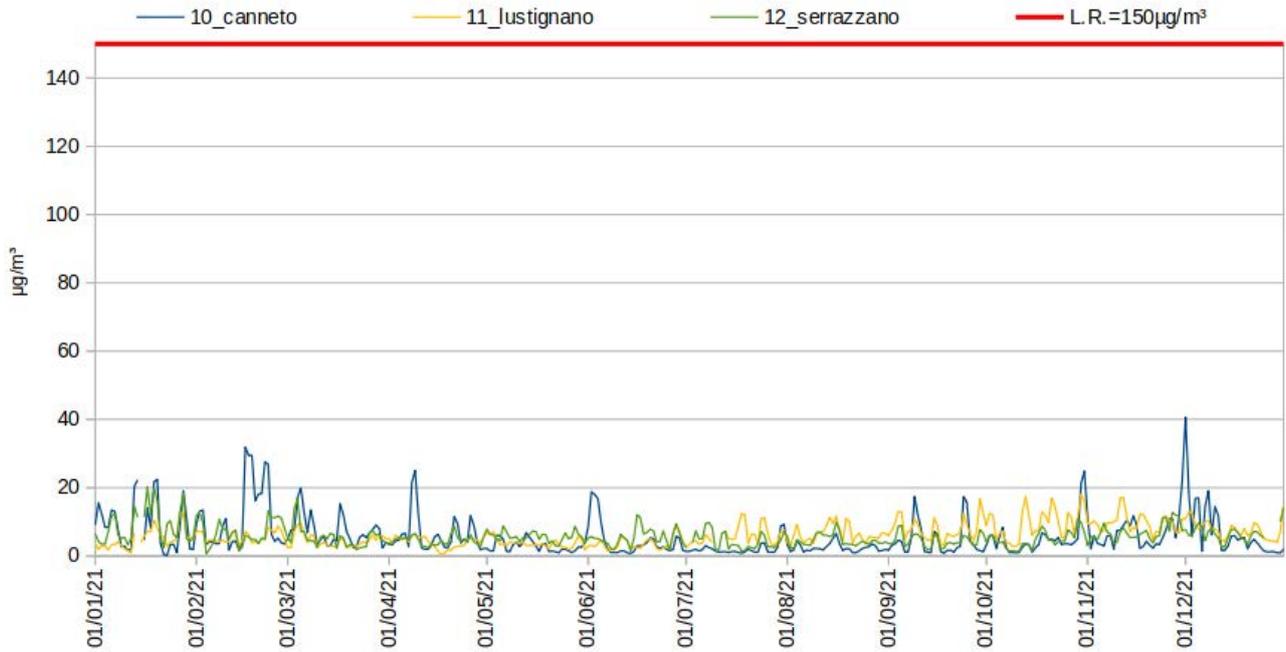


Grafico del massimo giornaliero, nel 2021, della media mobile calcolata su 24 ore della concentrazione in aria di idrogeno solforato in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Valore di riferimento = $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

5.3.2 Media mobile calcolata su 14 giorni

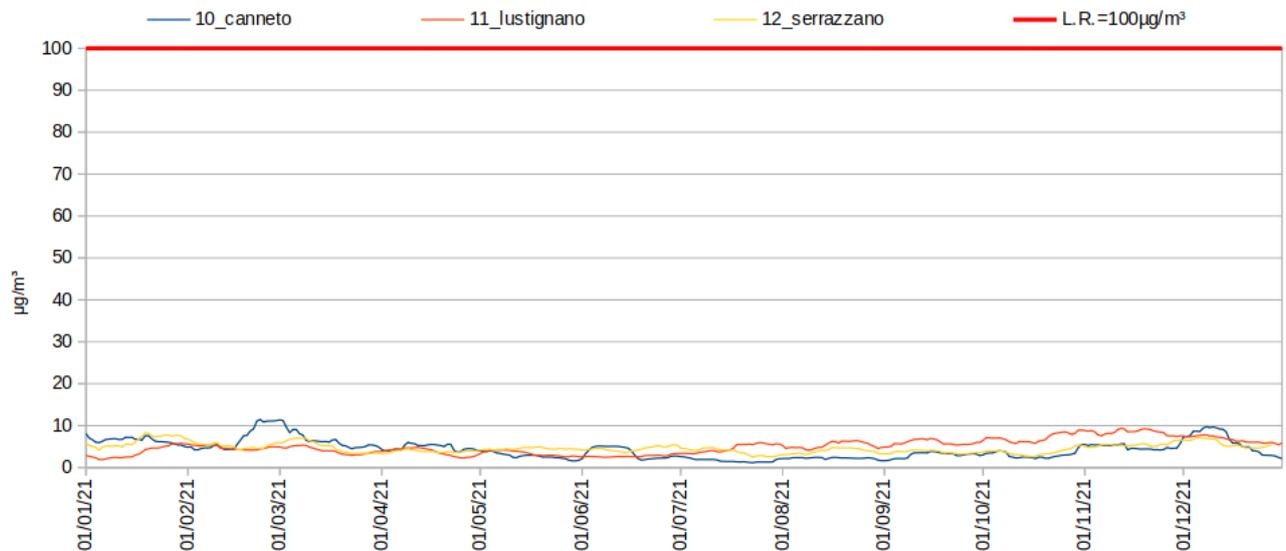


Grafico del massimo giornaliero, nel 2021, della media mobile calcolata su 14 giorni della concentrazione in aria di idrogeno solforato in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Valore di Riferimento = $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

5.3.3 Media mobile calcolata su 90 giorni

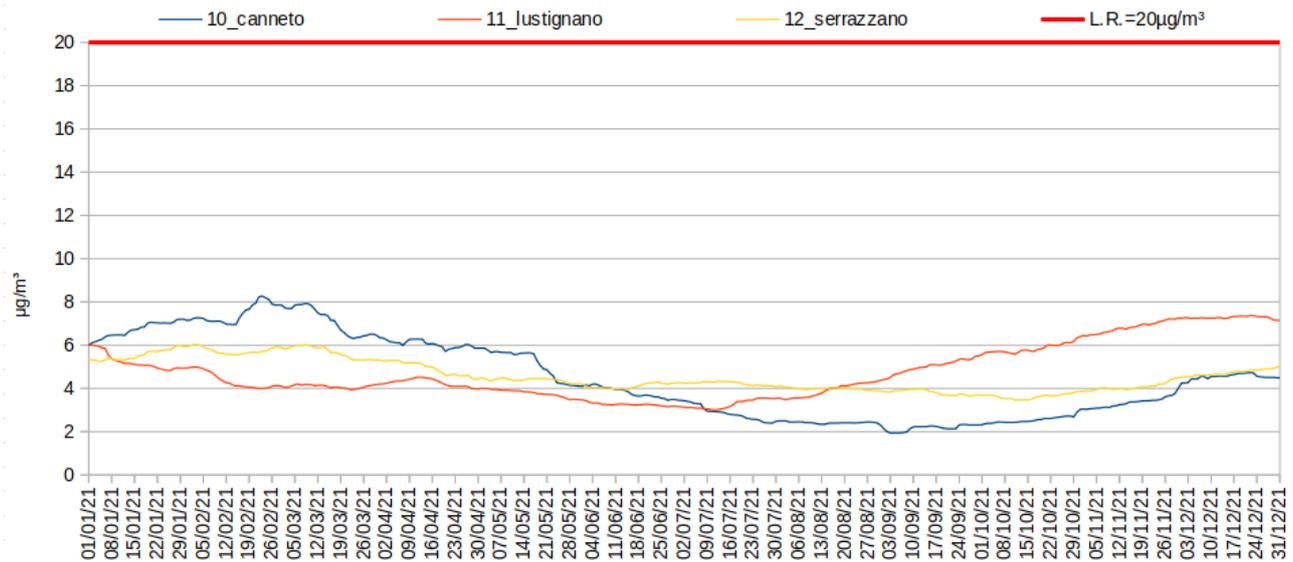
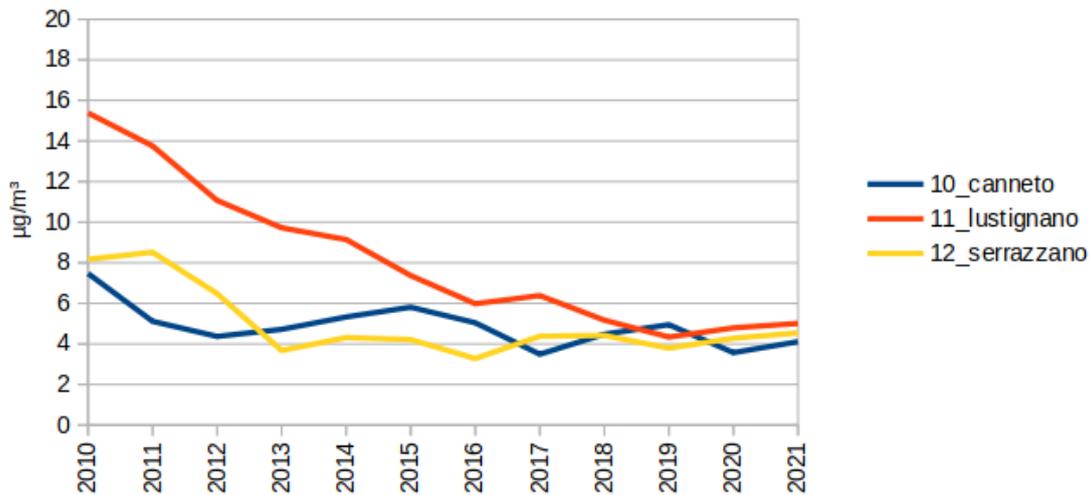


Grafico del massimo giornaliero, nel 2021, della media mobile calcolata su 90 giorni della concentrazione in aria di idrogeno solforato in µg/m³ (Valore di Riferimento= 20 µg/m³)

5.3.4 Media annuale

I dati storici relativi alla concentrazione di H₂S in aria confermano la tendenza di progressivo miglioramento del parametro, in buona misura dovuto al completamento del piano di installazione del sistema AMIS, avvenuto nel corso del 2015 presso le Centrali dell'area tradizionale.

AREA VAL DI CORNIA (1/2)
Concentrazione media annuale in aria di Idrogeno solforato (H₂S)



5.4 Stazioni Q.A. di Sasso Pisano e Monterotondo Marittimo

Anche queste due stazioni si trovano in una zona d'intenso utilizzo della risorsa geotermica.

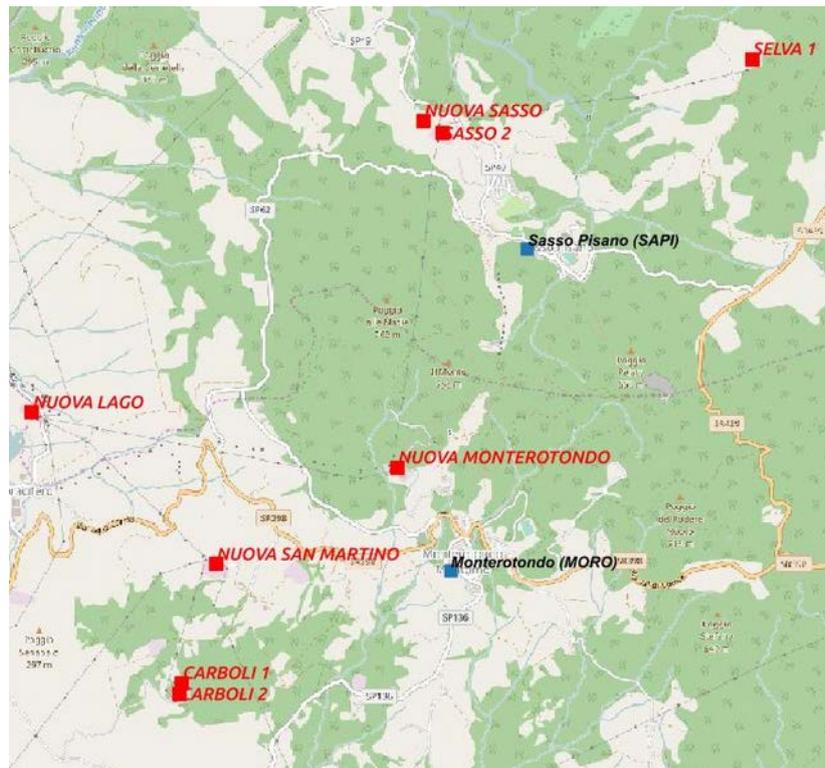


Fig.4: Ubicazione delle diverse CGTE dell'area e delle due SQA di Sasso Pisano (SAPI) e Monterotondo Marittimo (MORO)

Le stazioni di Sasso Pisano e Monterotondo Marittimo mostrano un andamento temporale decisamente molto simile, presumibilmente condizionato dalle stesse condizioni ambientali e meteo climatiche, nonché dalle centrali prossime ad entrambe le stazioni: Nuova Monterotondo, Nuova San Martino, Nuova Lago, ma anche dalle Centrali Sasso2, Nuova Sasso, Carboli 1 e Carboli 2.

In quest'area, il completamento del piano di installazione degli AMIS nelle centrali dell'area tradizionale ha permesso un'evidente riduzione della concentrazione in aria di H₂S, rispetto alla situazione preesistente.

Anche nel 2021 l'esame dei dati disponibili permette di affermare che, pur essendosi registrati ripetuti superamenti della soglia olfattiva, che possono aver determinato disturbi alla popolazione, i dati registrati dalle due centraline di monitoraggio ENEL Green Power si sono sempre mantenuti al di sotto dei valori di riferimento per la tutela sanitaria.

5.4.1 Media mobile calcolata su 24 ore

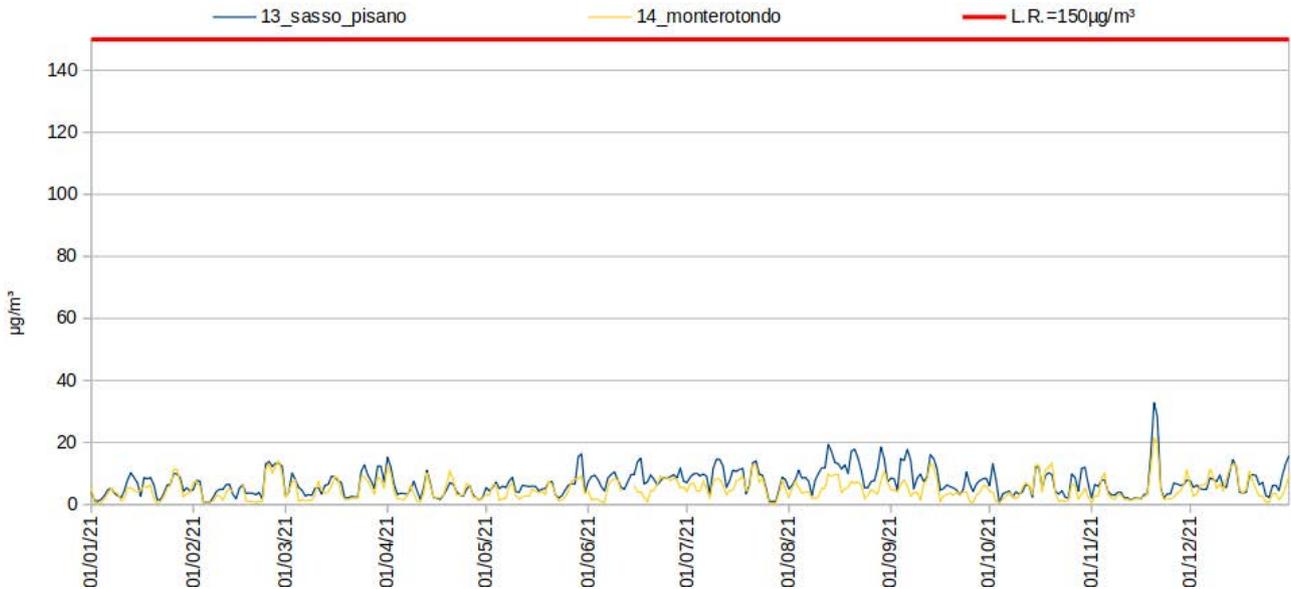


Grafico del massimo giornaliero, nel 2021, della media mobile calcolata su 24 ore della concentrazione in aria di idrogeno solforato in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Valore di riferimento = $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

5.4.2 Media mobile calcolata su 14 giorni

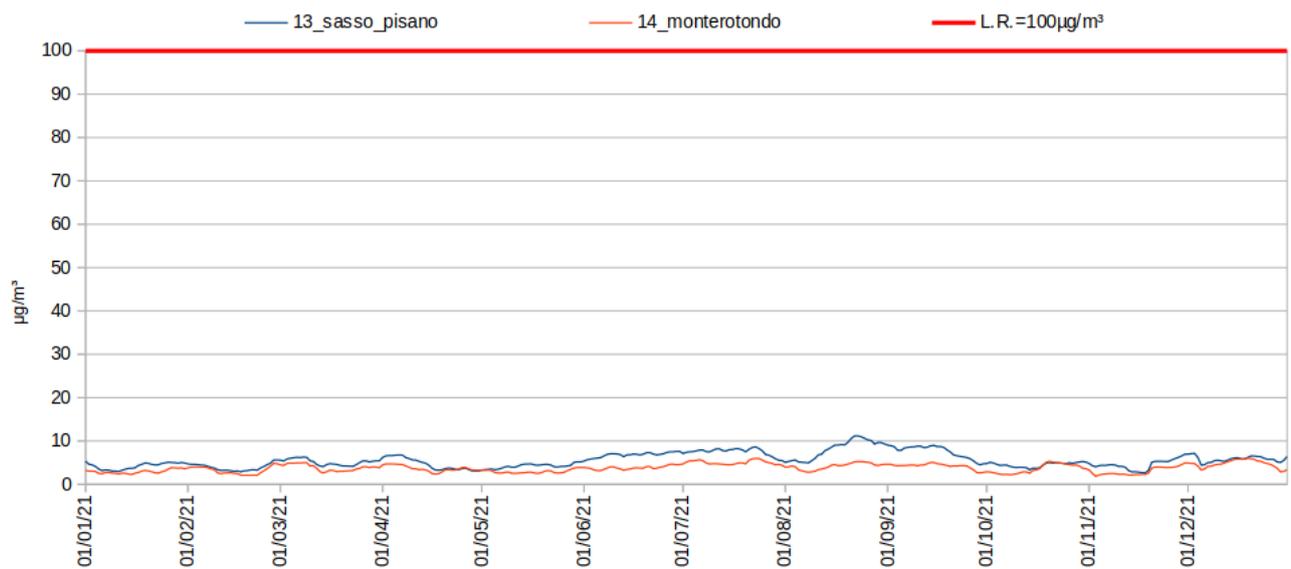


Grafico del massimo giornaliero, nel 2021, della media mobile calcolata su 14 giorni della concentrazione in aria di idrogeno solforato in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Valore di riferimento = $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

5.4.3 Media mobile calcolata su 90 giorni

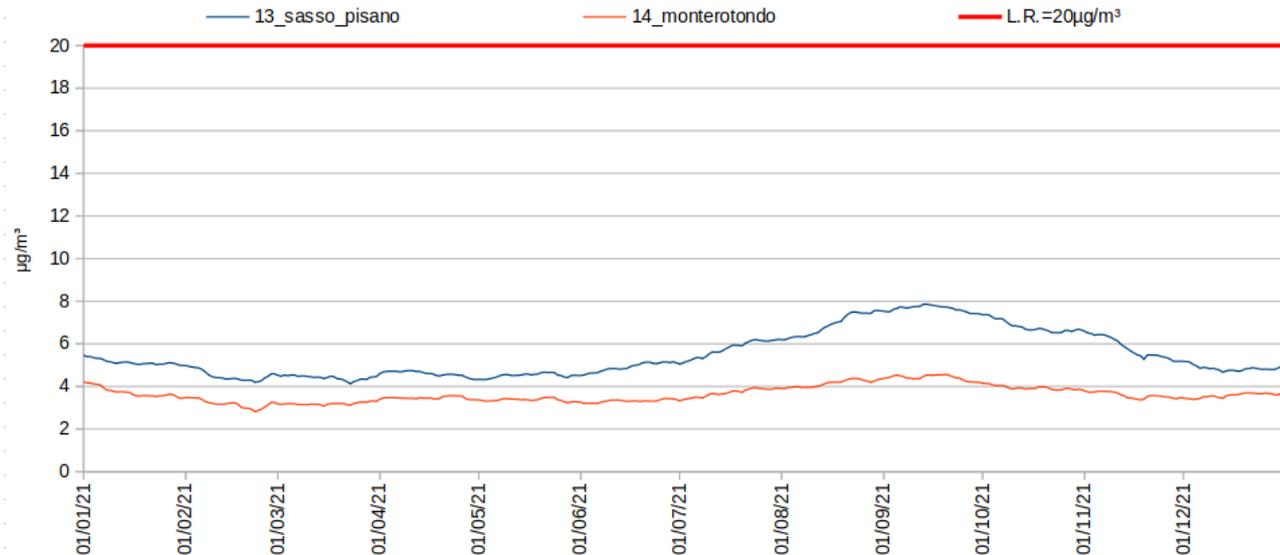
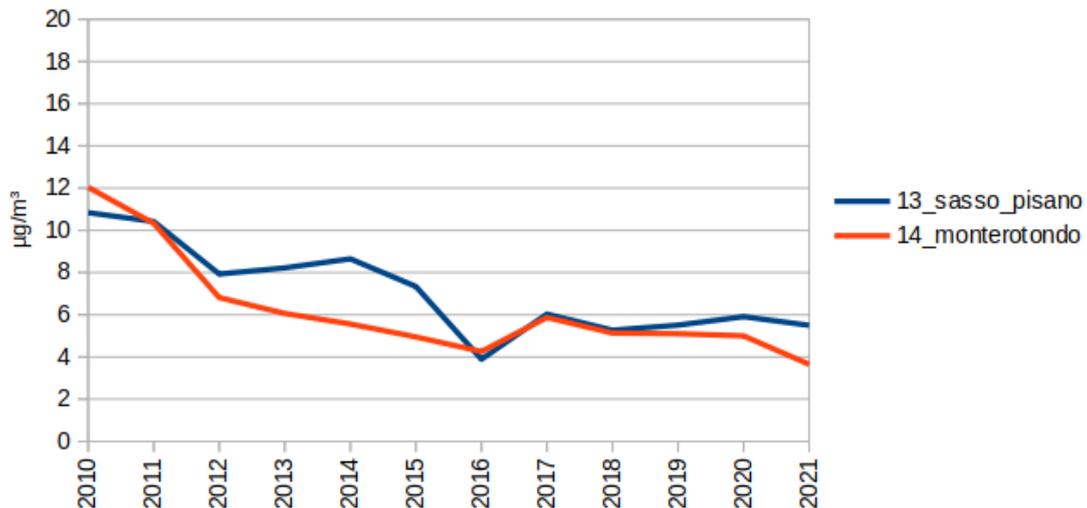


Grafico del massimo giornaliero, nel 2021, della media mobile calcolata su 90 giorni della concentrazione in aria di idrogeno solforato in µg/m³ (Valore di riferimento = 20 µg/m³)

5.4.4 Media annuale

I dati storici relativi alla concentrazione di H₂S in aria confermano la tendenza di progressivo miglioramento del parametro, dovuto, in buona misura, al completamento del piano d'installazione del sistema AMIS presso le Centrali dell'area tradizionale. Il miglioramento risulta confermato anche nel 2021, nonostante le difficoltà derivanti dall'emergenza sanitaria, che certamente non hanno agevolato né la manutenzione ordinaria, né gli interventi di emergenza degli impianti.

AREA VAL DI CORNIA (2/2)
Concentrazione media annuale in aria di Idrogeno solforato (H₂S)



5.5 Stazioni Q.A. di Larderello, Castelnuovo e Montecerboli

Le tre stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria di Castelnuovo, Montecerboli e Larderello sono ubicate in prossimità delle centrali Vallesecolo 1 e 2, Farinello, Nuova Gabbro, Nuova Larderello e Nuova Castelnuovo.



Fig.5: ubicazione delle diverse CGTE dell'area, delle tre SQA di Larderello (LARD), Montecerboli (MONT) e Castelnuovo (CANU). La postazione fissa ARPAT di Montecerboli è adiacente a quella ENEL.

Nel 2021 l'esame dei dati disponibili permette di affermare che, pur essendosi registrati ripetuti superamenti della soglia olfattiva che possono aver determinato disturbi alla popolazione, i dati registrati dalle tre centraline di monitoraggio ENEL Green Power si sono sempre mantenuti al di sotto dei valori di riferimento per la tutela sanitaria.

5.5.1 Media mobile calcolata su 24 ore

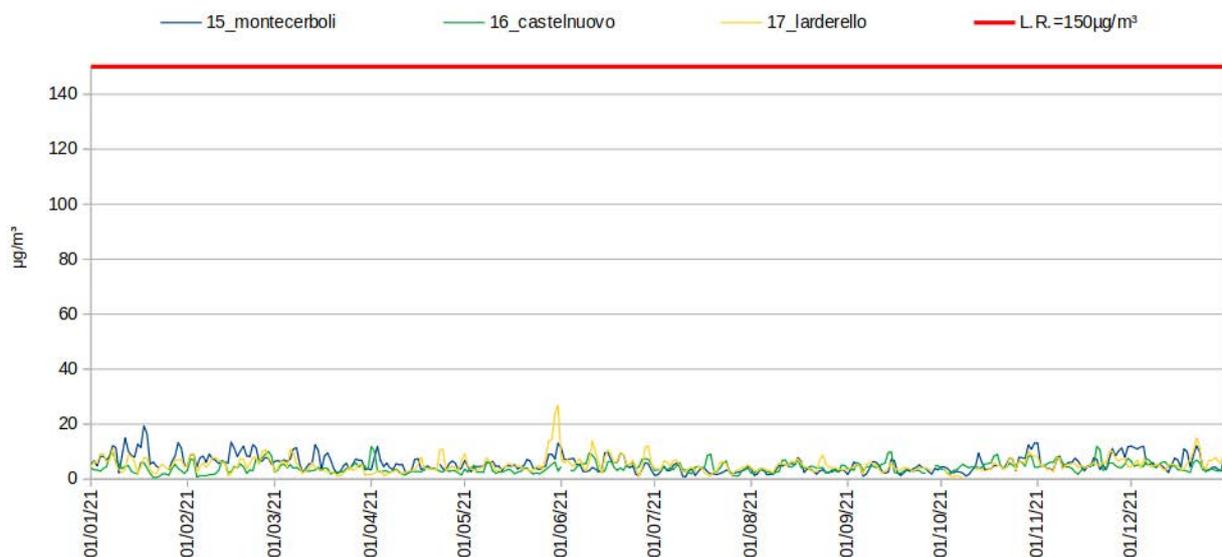


Grafico del massimo giornaliero, nel 2021, della media mobile calcolata su 24 ore della concentrazione in aria di idrogeno solforato in µg/m³ (Valore di riferimento = 150 µg/m³)

5.5.2 Media mobile calcolata su 14 giorni

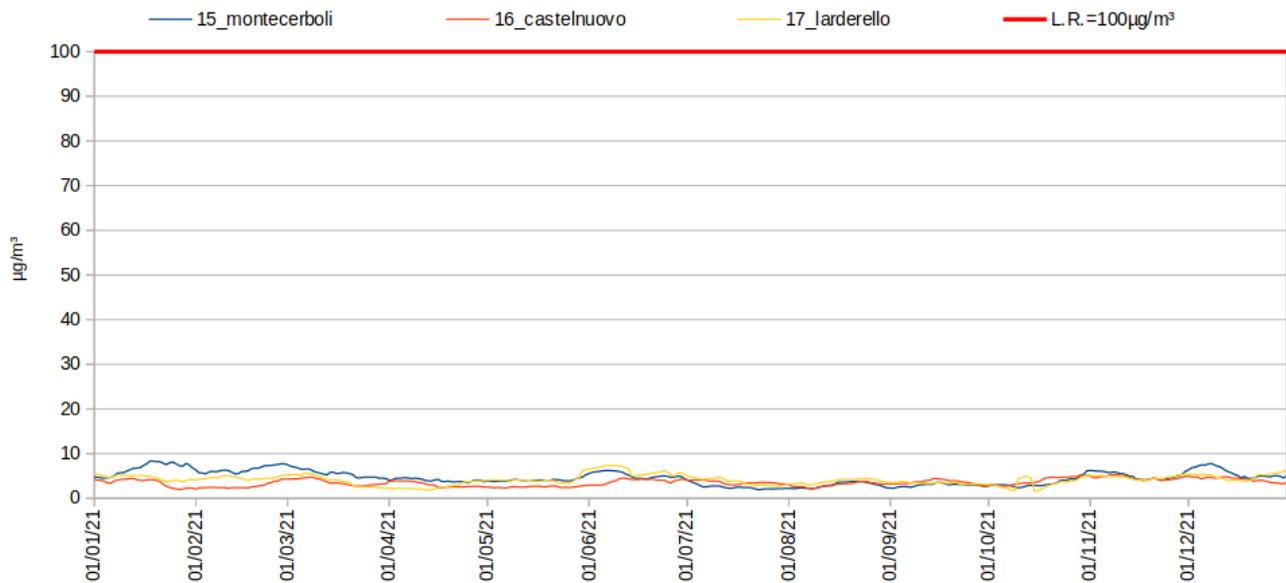


Grafico del massimo giornaliero, nel 2021, della media mobile calcolata su 14 giorni della concentrazione in aria di idrogeno solforato in µg/m³ (Valore di riferimento = 100 µg/m³)

5.5.3 Media mobile calcolata su 90 giorni

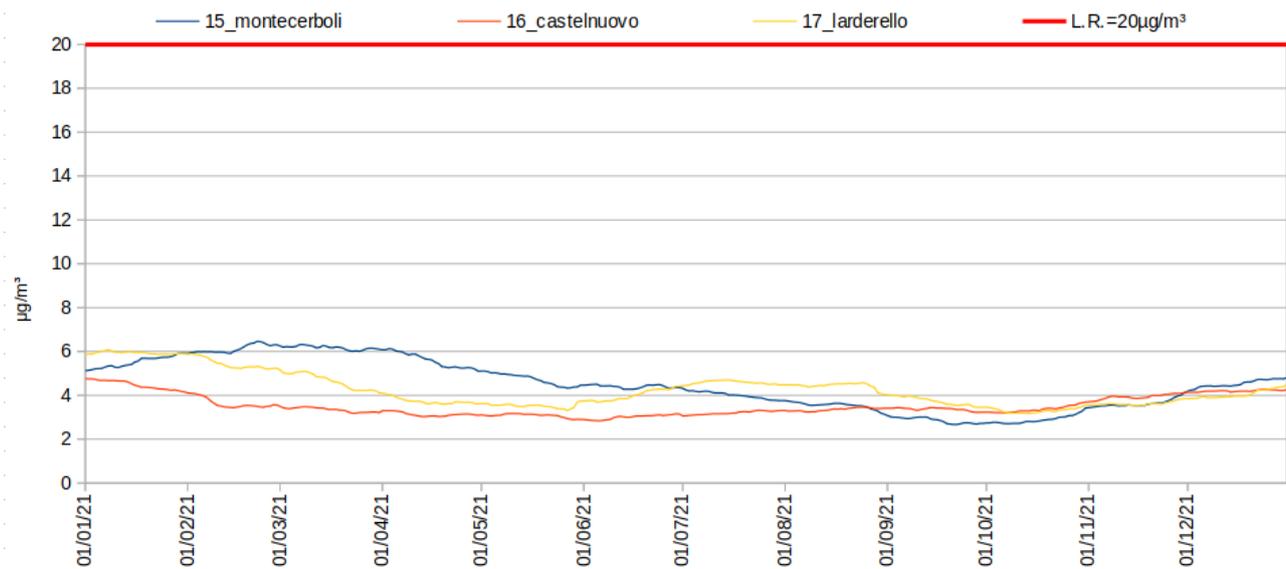
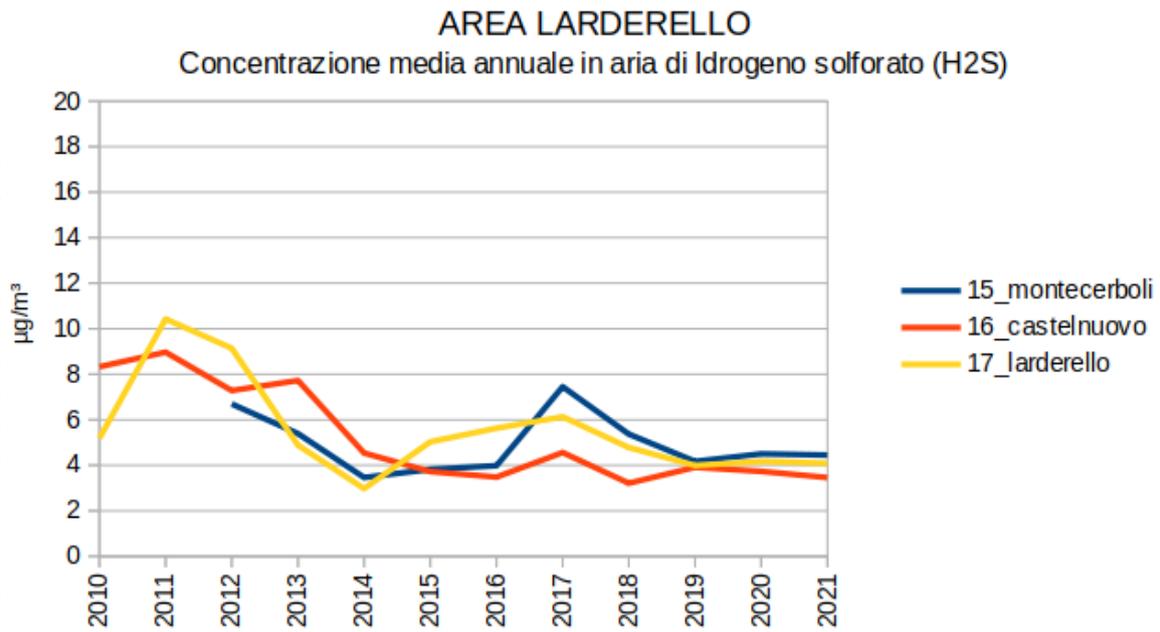


Grafico del massimo giornaliero, nel 2021, della media mobile calcolata su 90 giorni della concentrazione in aria di idrogeno solforato in µg/m³ (Valore di riferimento = 20 µg/m³)

5.5.4 Media annuale

Il 2021, nonostante il perdurare delle restrizioni e le difficoltà imputabili all'emergenza sanitaria, conferma il buon andamento già registrato negli ultimi tre anni precedenti.



5.6 Stazioni Q.A. di Belforte, Travale, Montalcinello e Chiusdino

Queste stazioni di monitoraggio sono ubicate perimetralmente all'area occupata dalle CGTE Rancia 1 e 2, Pianacce, Nuova Radicondoli, Travale 3 e 4, Chiusdino 1.

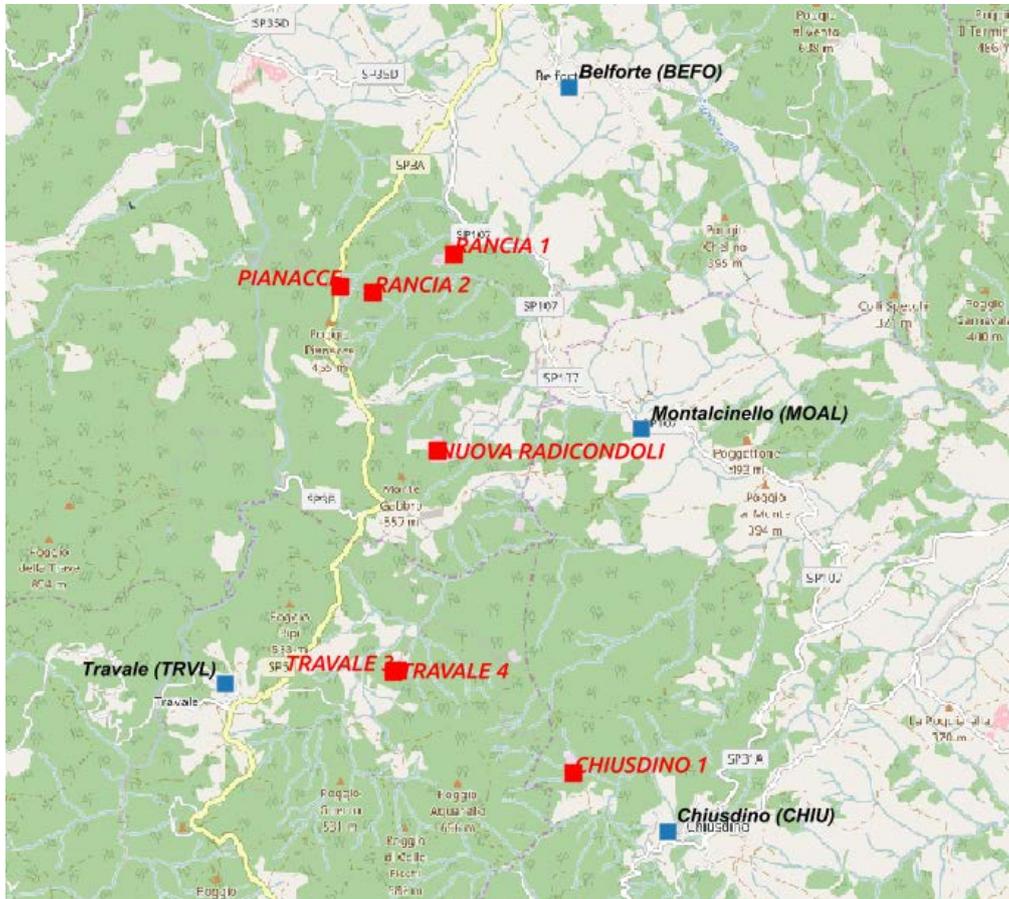


Fig. 6: ubicazione delle diverse CGTE dell'area, delle quattro SQA di Belforte (BEFO), Montalcinello (MOAL), Travale (TRVL) e Chiusdino (CHIU).

Anche nel 2021 l'esame dei dati disponibili permette di affermare che, pur essendosi registrati ripetuti superamenti della soglia olfattiva che possono aver determinato disturbi alla popolazione, i dati registrati dalle 4 centraline di monitoraggio ENEL Green Power si sono sempre mantenuti al di sotto dei valori di riferimento per la tutela sanitaria.

I valori anomali rilevati nella postazione di Chiusdino sono correlabili a fuori servizio della Centrale omonima, i cui effetti sono stati manifestati anche nella postazione di Montalcinello.

5.6.1 Media mobile calcolata su 24 ore

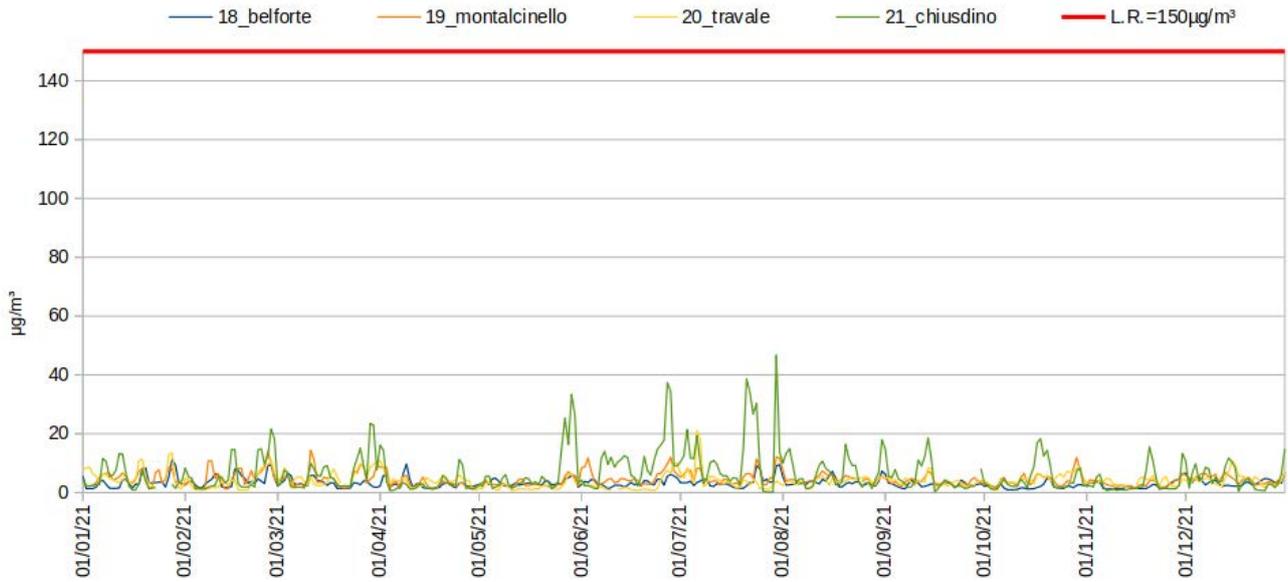


Grafico del massimo giornaliero, nel 2021, della media mobile calcolata su 24 ore della concentrazione in aria di idrogeno solforato in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Valore di riferimento = $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

5.6.2 Media mobile calcolata su 14 giorni

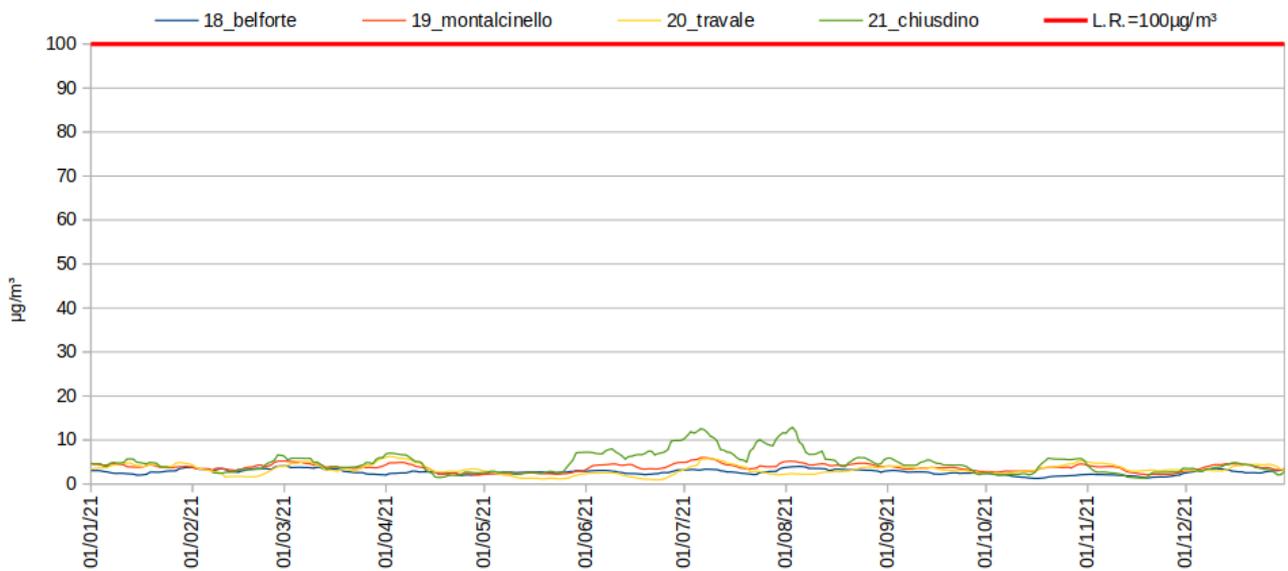


Grafico del massimo giornaliero, nel 2021, della media mobile calcolata su 14 giorni della concentrazione in aria di idrogeno solforato in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Valore di riferimento = $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

5.6.3 Media mobile calcolata su 90 giorni

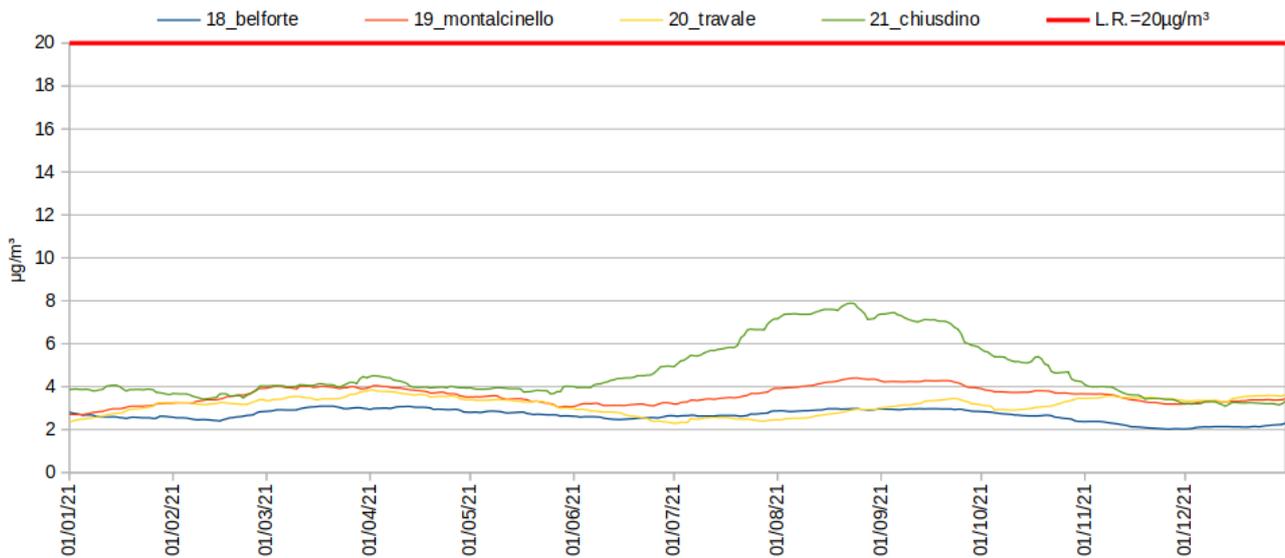
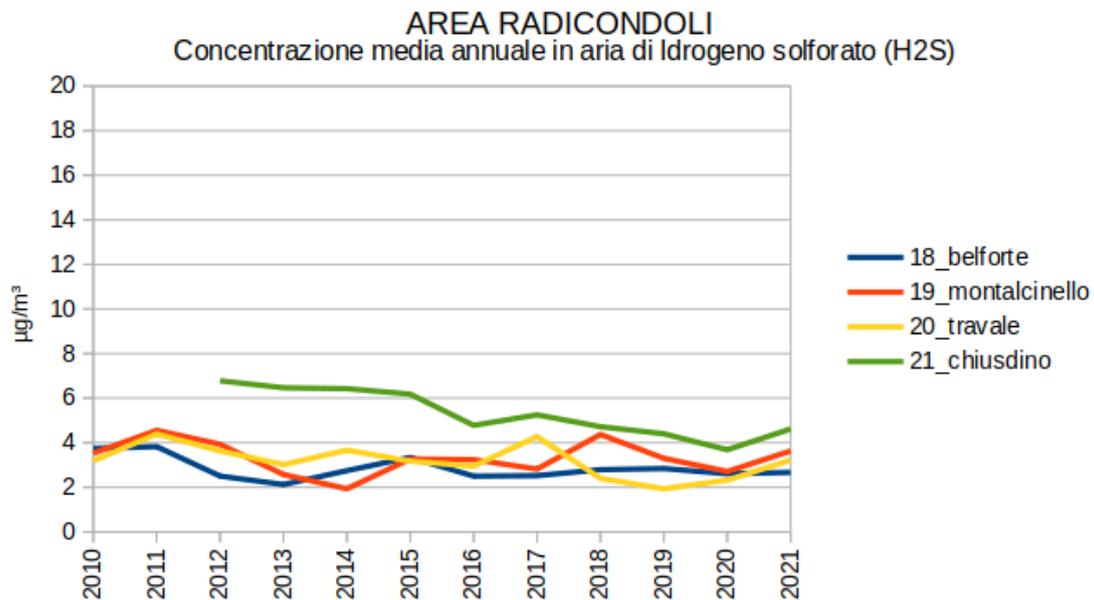


Grafico del massimo giornaliero, nel 2021, della media mobile calcolata su 90 giorni della concentrazione in aria di idrogeno solforato in µg/m³ (Valore di riferimento = 20 µg/m³)

5.6.4 Media annuale

Il grafico della media annuale della concentrazione di H₂S in aria, registrata negli ultimi 12 anni, non mostra sostanziali variazioni, salvo una leggera tendenza a decrescere fino al 2020 e un contenuto, ma evidente incremento nel 2022 registrato in 3 su 4 delle postazioni esaminate.



PARTE TERZA

6 Mezzi ARPAT e confronto con dati ENEL

Come anticipato in premessa, per valutare la congruità dei dati forniti da ENEL Green Power ARPAT effettua ogni anno specifiche brevi campagne di misura in parallelo i cui dati sono confrontati con i valori rilevati dalle stazioni di monitoraggio ENEL Green Power.

Un primo confronto è effettuato in corrispondenza della stazione fissa di Montecerboli, facente parte della rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria e ubicata in adiacenza alla postazione ENEL Green Power n.15 (MONT).

Ulteriori controlli sono stati effettuati grazie ai laboratori mobili ARPAT GEO1 e GEO2: il primo è stato dislocato per un monitoraggio di lungo periodo (da novembre 2020 fino a gennaio 2022) a Castel del Piano, con la finalità di indagare un'area non servita dalla rete di monitoraggio formata dalle postazioni fisse, anche alla luce dei primi esiti del monitoraggio InVetta svolto da ARS⁴.

Il laboratorio mobile GEO2 invece è stato affiancato inizialmente alla postazione ENEL Green Power di Canneto, nel Comune di Monteverdi Marittimo (PI). I risultati del monitoraggio sono già stati illustrati nel loro complesso nella relazione dello scorso anno (<https://www.arp.atoscana.it/documentazione/report/report-geotermia/verifiche-autocontrollo-enel/concentrazioni-in-aria-di-h2s-e-hg-nelle-aree-geotermiche-toscane-anno-2020>). Successivamente, ossia dal 1/4/2021 fino al 18/03/2022, il laboratorio è stato affiancato alla postazione di monitoraggio ENEL Green Power di Bagnore.

Di seguito si riporta una tabella che sintetizza i monitoraggi effettuati:

AREA	COMUNE	POSTAZIONE	INIZIO	FINE	MEZZO
Larderello PI	Pomarance (PI)	Postazione fissa di Montecerboli	01/01/2021	31/12/2021	-
Amiata GR	Castel del P.no (GR)	Piazzale c/o Disco Kronos	06/11/2020	19/01/2022	GEO1
Lago (PI)	Monteverdi Mmo (PI)	Postazione fissa ENELGP di Canneto	26/11/2020	31/03/2021	GEO2
Amiata GR	Santa Fiora (GR)	Postazione fissa ENELGP di Bagnore	01/04/2021	18/03/2022	GEO2

In considerazione della finalità primaria di controllo dei dati ENEL attraverso monitoraggi di breve durata, più avanti si riportano soltanto i grafici relativi al confronto del massimo giornaliero delle medie mobili calcolate su un arco di 24 ore, omettendo per semplicità le medie mobili calcolate su periodi di riferimento più lunghi.

6.1 Stazione fissa Q.A. ARPAT di Pomarance (PI), Loc. Montecerboli

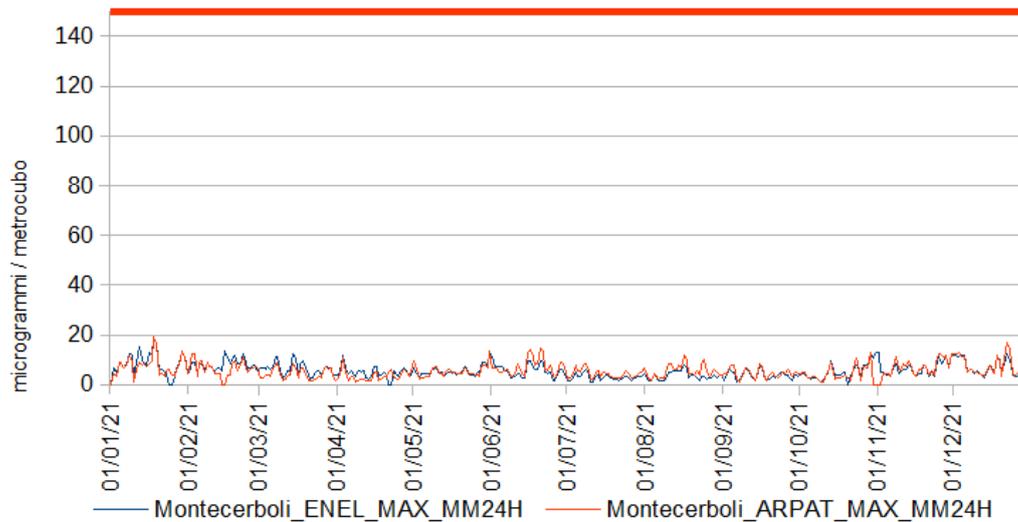
La stazione fissa di Montecerboli fa parte della rete pubblica di monitoraggio della Qualità dell'Aria che è gestita per conto della Regione Toscana da ARPAT, tramite il Settore Centro Regionale Tutela Qualità dell'Aria (CRTQA).

La stazione è situata in via Manzoni, Loc. Montecerboli - Pomarance (PI), a circa 353 metri slm, ed è stata attrezzata per il monitoraggio, oltre che di O₃, NO₂ e PM₁₀, anche di H₂S. Tali dati sono pubblicati sul Web al seguente indirizzo: http://www.arp.atoscana.it/temi-ambientali/aria/qualita-aria/archivio_dati_orari.

Al fine di verificare visivamente e in modo speditivo la coerenza tra i dati rilevati dalle due postazioni di monitoraggio, di seguito si riporta il grafico elaborato dai dati ricavati dalla stazione fissa ARPAT per il massimo giornaliero della media mobile calcolata su 24 ore messo a confronto con lo stesso indice ricavato dai dati della stazione di ENEL Green Power.

⁴ Maggiori informazioni sono disponibili alla pagina ufficiale dello studio:

<https://www.ars.toscana.it/aree-di-intervento/determinanti-di-salute/ambiente-e-salute/geotermia-e-salute/186-invetta.html>



Montecerboli: Massimo giornaliero della media mobile su 24 ore della concentrazione di H₂S (µg/m³)

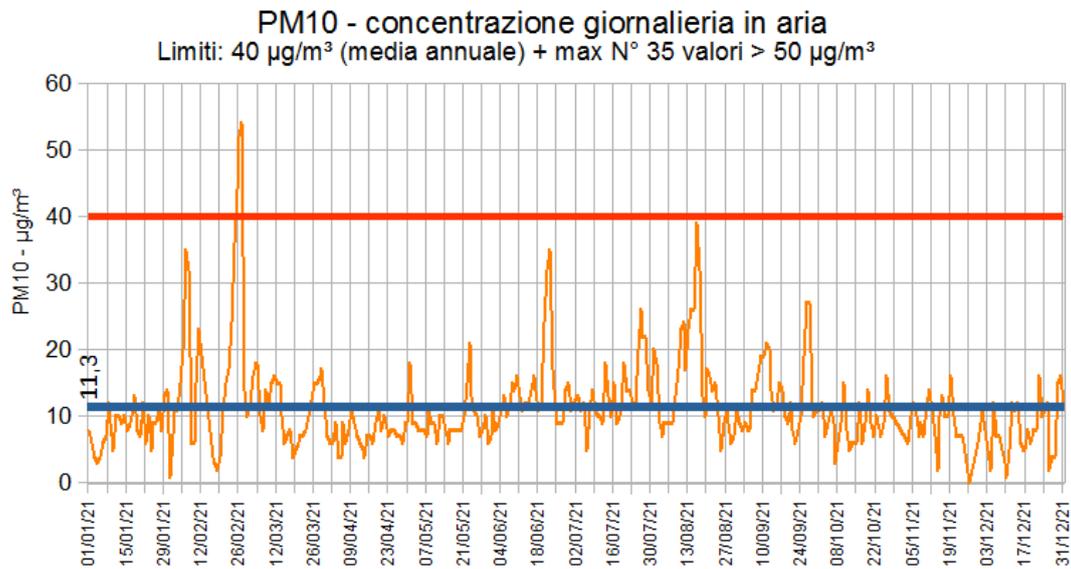
Si può osservare l'ottimo accordo tra i grafici elaborati dalle due serie di dati e come siano stati registrati valori certamente inferiori ai riferimenti per la tutela sanitaria individuati nelle Linee Guida del WHO.

Di seguito si riporta una tabella riepilogativa dei valori orari della concentrazione di idrogeno solforato (H₂S) rilevati da ARPAT nell'intero anno, messi a raffronto con quelli della vicina stazione ENEL Green Power:

Stazioni fisse in Loc. Montecerboli, Pomarance (PI)	Arpat	Enel	Note
data inizio monitoraggio H ₂ S	01/01/21	01/01/21	
data fine monitoraggio	31/12/21	31/12/21	
giorni monitoraggio	365	365	
ore	8760	8760	
ore valide	8229	8469	
numero superamenti WHO-OMS	0	0	
media del periodo [µg/m ³]	4,3	4,4	
max media mobile su 24h [µg/m ³]	19,1	19,37	Lim=150 µg/m ³
max concentrazione media giornaliera [µg/m ³]	16,4	16,5	
numero giorni con concentrazione media >7	51,0	58,0	
n°ore con concentrazione >7	1348	1470	
massima oraria del periodo [µg/m ³]	88	51,3	

Tabella di riepilogo delle concentrazioni orarie di Idrogeno solforato (H₂S) rilevate dalle due postazioni ARPAT ed ENEL

A titolo informativo, qui sotto si riporta il grafico giornaliero delle concentrazioni di PM₁₀ in aria rilevate dalla stazione di monitoraggio ARPAT a Montecerboli, dove con linea blu orizzontale è stato indicato il valore medio dei dati registrati (11,3 µg/m³), da cui si deduce immediatamente il rispetto dei limiti normativi vigenti:



6.2 Mezzo ARPAT GEO 1

6.2.1 Monitoraggio in località Castel del Piano (SI). Periodo 06/11/2020-19/01/2022

L'ubicazione del mezzo mobile GEO1 a Castel del Piano (GR), più esattamente presso il piazzale del Disco Kronos, vicino all'eliporto (tra Via dello Stadio e Via Campo Grande), è stata scelta per verificare operativamente sul campo la concentrazione in aria di idrogeno solforato e mercurio con un laboratorio mobile ARPAT, anche comparando i risultati con quelli forniti dalla postazione di monitoraggio ENEL più vicina, costituita dalla postazione ubicata ad Arcidosso (GR), a circa 2,70 km di distanza in linea d'aria.

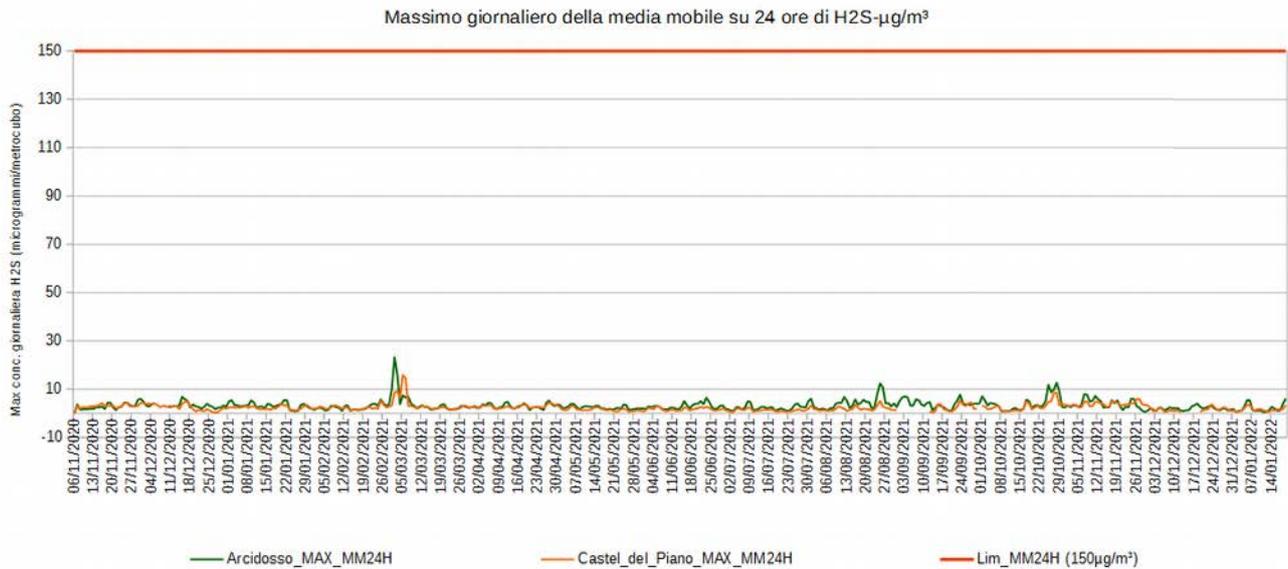
Il monitoraggio è iniziato in data 6 novembre 2020 e si è concluso in data 19 gennaio 2022, così da ottenere un campione significativo di dati per l'intera annualità.



Fig. 1: Ubicazione del mezzo mobile ARPAT GEO1 a castel del Piano (GR)

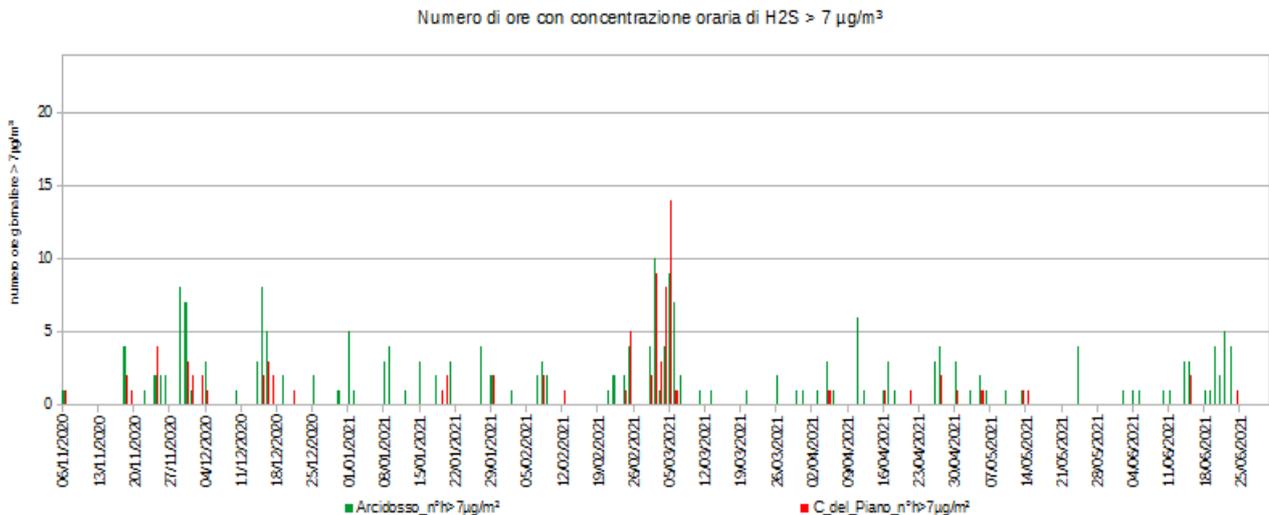
Per l'idrogeno solforato, come già anticipato, i dati ottenuti e qui presentati sono stati messi a confronto, per comparazione, con la centralina di monitoraggio ENEL Green Power più vicina, quella di Arcidosso (ARCI), per verificare eventuali affinità, nonostante la distanza in linea d'aria di circa 2,7 km, tutto sommato contenuta, in relazione sia alla morfologia del terreno che separa i due punti di misura, sia alle mutevoli condizioni meteorologiche, che possono generare differenze significative.

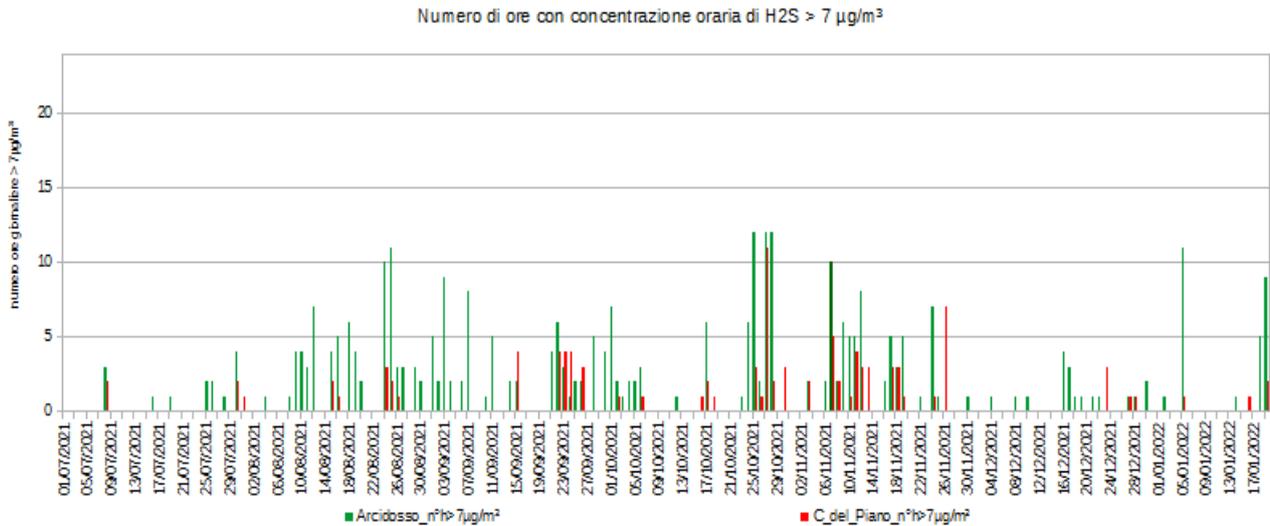
Ciò premesso, di seguito si riportano, in modo sintetico e attraverso alcuni grafici, a partire dall'idrogeno solforato (H₂S) i dati raccolti nel periodo indicato:



Dal grafico è possibile osservare, nonostante la morfologia del territorio e la distanza esistente tra le due postazioni, una buona sovrapposibilità tra dati registrati dal mezzo ARPAT GEO1 e la stazione di monitoraggio della qualità dell'aria di ENEL Green Power "ARCI" di Arcidosso (GR). Dal grafico si osserva anche il rispetto dei limiti per la tutela sanitaria suggeriti dal WHO (Organizzazione mondiale per la sanità) che, si ricorda, prevedono tre diversi limiti: 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per le concentrazioni mediate su 24 ore, 00 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per la media su periodi tra 2 e 14 giorni e 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per periodi di tempo compresi tra 15 e 90 giorni.

Un'indicazione relativa ai fenomeni di disturbo olfattivo eventualmente presenti può essere ottenuta dall'osservazione del numero di ore giornaliere in cui è stata riscontrata una concentrazione di H₂S superiore a 7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$:

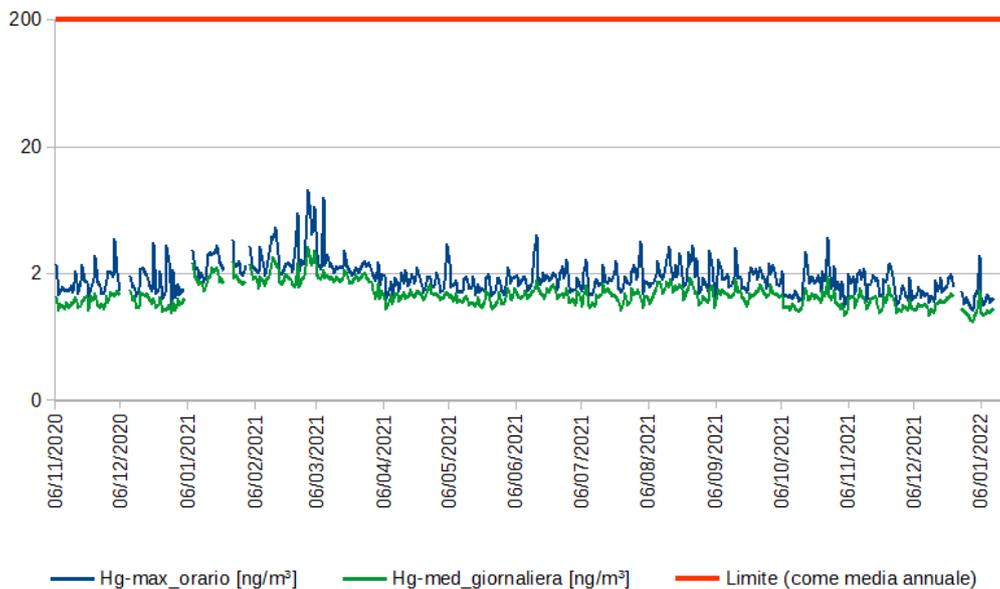




Anche in questo caso è possibile verificare una certa somiglianza tra i due grafici ad istogramma, pur osservando come il numero di ore con concentrazione media superiore a 7 µg/m³ a Castel del Piano risulti più circoscritto e meno evidente, rispetto alla postazione di Arcidosso, che si trova più vicina alle centrali ed ubicata in una condizione morfologicamente meno favorevole.

Castel del Piano (GR) Monitoraggio idrogeno solforato (H ₂ S)	ENEL (ARCI)	ARPAT Geo2-CdP	Note
data inizio monitoraggio	06/11/20	06/11/20	
data fine monitoraggio	19/01/22	19/01/22	
giorni monitoraggio	439	439	
ore	10559	10559	
ore valide	10277	9640	
numero superamenti WHO-OMS	0	0	
media del periodo [µg/m ³]	2,50	1,97	
max media mobile su 24h [µg/m ³]	23,2	15,9	Lim=150 µg/m ³
max concentrazione media giornaliera [µg/m ³]	16,8	14,8	
numero giorni con concentrazione media >7	8	3	
n°ore con concentrazione >7	538	190	
massima oraria del periodo [µg/m ³]	97,9	52,2	

In relazione al mercurio (Hg) gassoso in aria, di seguito si riportano i dati elaborati dal solo laboratorio mobile ARPAT, in quanto la postazione ENEL di Arcidosso non dispone di tale rilevatore in continuo (grafico in scala logaritmica della concentrazioni di Hg, in ng/m³):



Come è possibile osservare, tutti i valori orari rilevati si mantengono ampiamente al di sotto della soglia di tutela sanitaria di 200 ng/m³, riferito però alla media annuale dei dati disponibili.

6.3 Mezzo ARPAT GEO 2

Nel 2020 il mezzo GEO2 ha effettuato per il Settore Geotermia i seguenti monitoraggi:

AREA	COMUNE	POSTAZIONE	INIZIO	FINE	MEZZO
Lago (PI)	Monteverdi Mmo (PI)	Postazione fissa ENELGP di Canneto	26/11/2020	31/03/2021	GEO2
Amiata GR	Santa Fiora (GR)	Postazione fissa ENELGP di Bagnore	01/04/2021	28/02/2022	GEO2

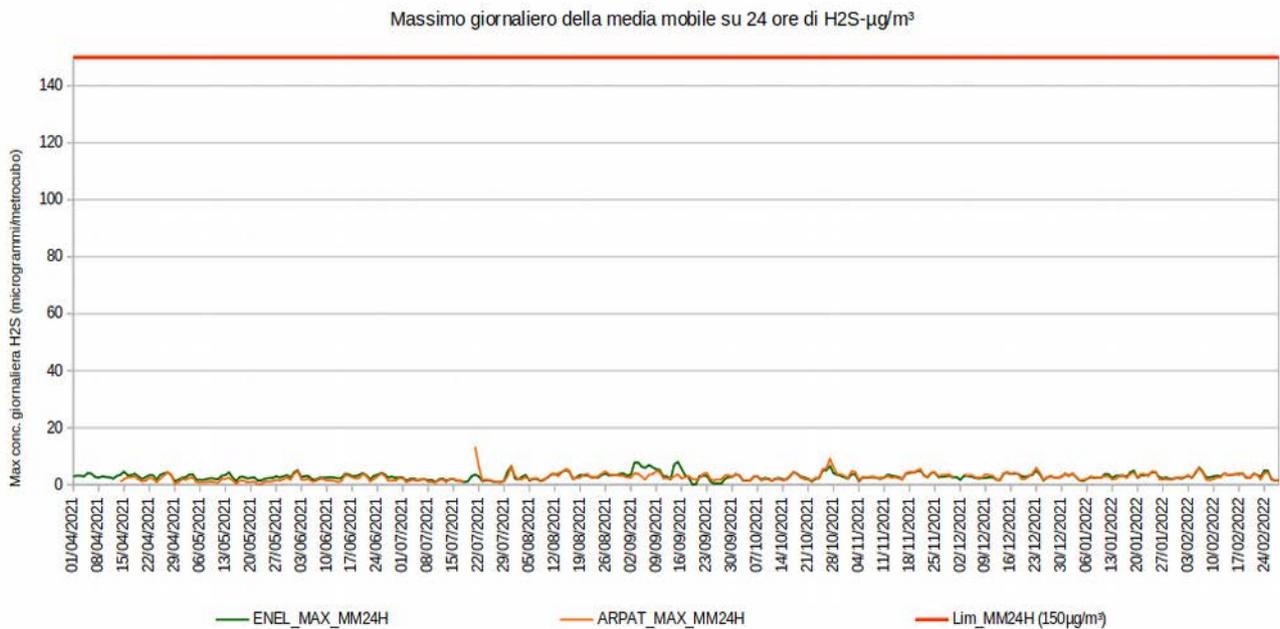
Per la valutazione del monitoraggio svolto a Canneto, nel Comune di Monteverdi Marittimo (PI), si rimanda alla relazione dell'anno precedente, dove tale monitoraggio era già stato presentato nella sua interezza.

Di seguito si illustrano i risultati del monitoraggio svolto a Bagnore, dove i dati rilevati dal nostro laboratorio mobile sono stati messi a confronto con quelli registrati dalla corrispondente stazione di qualità dell'aria ENEL Green Power di Bagnore.

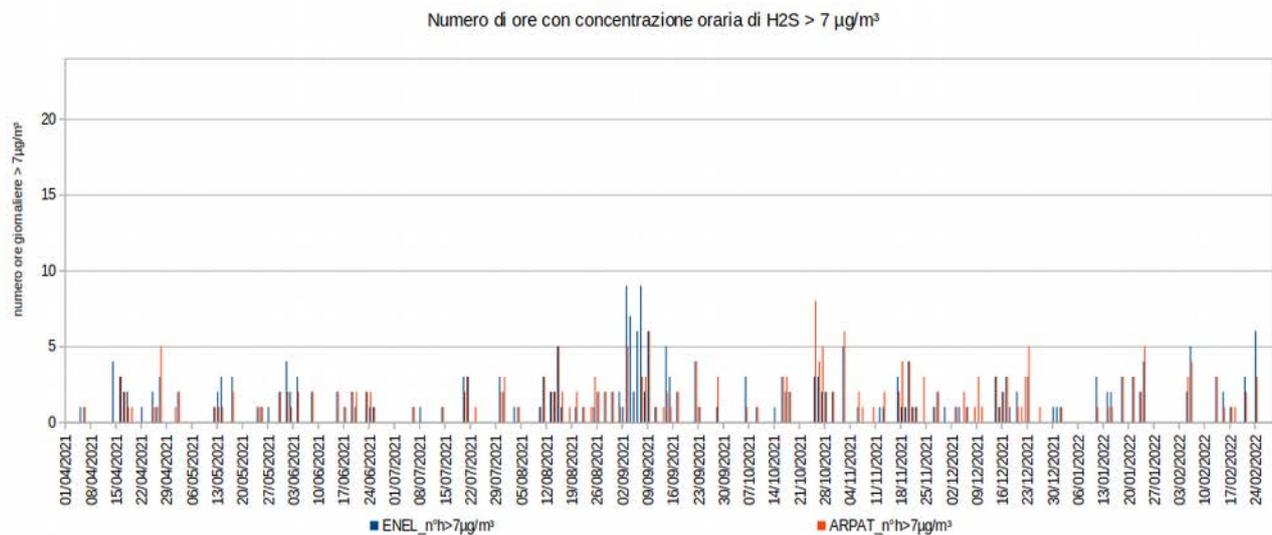
6.3.1 Monitoraggio in loc. Bagnore, Santa Fiora (GR), presso la Stazione Q.A. ENEL omonima. Periodo dal 1/4/2021 al 28/02/2022

L'ubicazione è stata individuata per operare un confronto diretto con i dati elaborati da ENEL Green Power nella postazione limitrofa.

Di seguito vengono presentati, in modo sintetico e attraverso alcuni grafici, i dati raccolti:



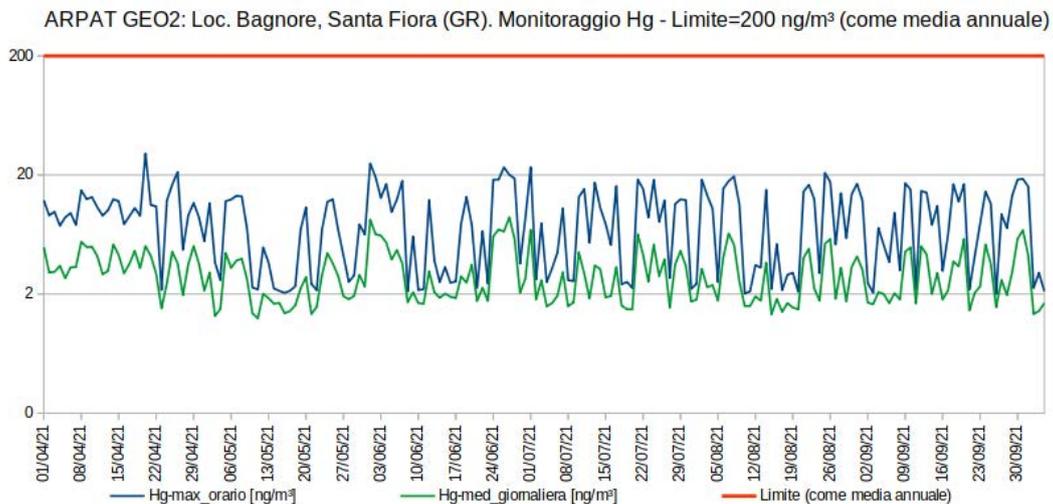
Dal grafico è possibile osservare un'ottima sovrapposibilità tra dati registrati dal laboratorio mobile ARPAT GEO2 e la stazione di monitoraggio della qualità dell'aria di ENEL Green Power "BAGN". Dal grafico si osserva anche il rispetto dei limiti per la tutela sanitaria suggeriti dal WHO (Organizzazione mondiale per la sanità) che si ricorda prevedono tre diversi limiti, ovvero di 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per le concentrazioni mediate su 24 ore, di 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per la media su periodi tra 2 e 14 giorni e 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per periodi di tempo compresi tra 15 e 90 giorni.



Di seguito si riporta una tabella che sintetizza il monitoraggio svolto:

Loc. Bagnore, Santa Fiora (GR) Monitoraggio idrogeno solforato (H ₂ S)	ENEL (BAGN)	ARPAT Geo2	Note
data inizio monitoraggio	01/04/21	01/04/21	
data fine monitoraggio	28/02/22	28/02/22	
giorni monitoraggio	334	334	
ore	8015	8015	
ore valide	7870	7315	
numero superamenti WHO-OMS	0	0	
media del periodo [µg/m ³]	2,4	2,1	
max media mobile su 24h [µg/m ³]	8,0	13,2	Lim=150 µg/m ³
max concentrazione media giornaliera [µg/m ³]	7,7	7,5	
numero giorni con concentrazione media >7	2	2	
n°ore con concentrazione >7	266	248	
massima oraria del periodo [µg/m ³]	32,1	42,0	

In relazione al monitoraggio del Hg gassoso (grafico in scala logaritmica della concentrazioni di Hg, in ng/m³), si deve far presente che, a causa di un malfunzionamento strumentale, la misura del parametro è stata possibile solo fino al 5 ottobre 2021. Successivamente il mezzo è stato fermato per una completa revisione:



7 Conclusioni

Il 2021, nonostante il protrarsi dell'emergenza sanitaria dovuta al Covid19, che ha complicato la gestione operativa e le operazioni di pronto intervento presso gli impianti, conferma gli effetti positivi attesi dal completamento dell'installazione degli impianti AMIS nell'area tradizionale, avvenuto nel 2015.

Le difficoltà operative di intervento sembrano essere alla base del peggioramento, registrato in alcune stazioni, del massimo annuale della media mobile calcolata su 24 ore e, in misura minore, anche su quella calcolata a 15 giorni. Le medie annuali hanno invece generalmente e sostanzialmente confermato il buon andamento registrato negli anni precedenti.

In relazione alla funzionalità delle stazioni di monitoraggio della concentrazione di H₂S in aria gestite da ENEL Green Power, sulla base delle verifiche a campione effettuate attraverso i mezzi mobili ARPAT GEO1 e GEO2 e dei dati rilevati presso la postazione fissa ubicata a Montecerboli, si ritiene che le concentrazioni in aria di idrogeno solforato rilevate da ENEL Green Power nel corso del 2021 (come osservabile nelle tabelle di sintesi della presente relazione) possano ritenersi rappresentative della qualità dell'aria nelle aree geotermiche toscane. Si rileva che non sono registrati superamenti dei valori di riferimento per la tutela sanitaria indicati dalla World Health Organization sia per le medie mobili calcolate su 24 ore (150 µg/m³), sia per intervalli temporali da 2 a 14 giorni (100 µg/m³) e sia per intervalli temporali di 15-90 giorni (20 µg/m³).

Per quanto riguarda il mercurio gassoso, misurato a partire dal 2014 mediante gli autolaboratori ARPAT e le campagne stagionali condotte da ENEL Green Power, non si ravvedono situazioni critiche in relazione ai limiti di cautela sanitaria.



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