



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 2020

Febbraio 2022



Concentrazioni in aria di H₂S e Hg nelle aree geotermiche toscane.

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

Anno 2020

Febbraio 2022



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

Report anno 2020

A cura di:

Alessandro Bagnoli, *ARPAT, Settore Geotermia*

Ivano Gartner, *ARPAT, Responsabile Settore Geotermia*

Con la collaborazione di:

Simonetta Castellani, Emanuele Cecconi, Simone Magi, *ARPAT, Settore Geotermia*

Editing e copertina: *ARPAT, Settore Comunicazione, informazione e documentazione*

Foto di copertina: *ARPAT*

ARPAT, 2022

Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana

Via del Ponte alle Mosse 211 - 50144 Firenze - tel. 055 32061

www.arpat.toscana.it

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 | 14 |
| 5.1.3 - Media mobile calcolata su 90 giorni | 14 |
| 5.1.4 - Media annuale (2010-2020) | 15 |
| 5.2 Stazioni Q.A. di Piancastagnaio (PICA e PICA2) | 16 |
| 5.2.1 - Media mobile calcolata su 24 ore | 17 |
| 5.2.2 - Media mobile calcolata su 14 giorni | 17 |
| 5.2.3 - Media mobile calcolata su 90 giorni | 18 |
| 5.2.4 - Media annuale | 18 |
| 5.3 Stazioni Q.A. di Canneto, Lustignano, Serrazzano | 19 |
| 5.3.1 - Media mobile calcolata su 24 ore | 20 |
| 5.3.2 - Media mobile calcolata su 14 giorni | 20 |
| 5.3.3 - Media mobile calcolata su 90 giorni | 21 |
| 5.3.4 - Media annuale | 21 |
| 5.4 Stazioni Q.A. di Sasso Pisano e Monterotondo Marittimo | 22 |
| 5.4.1 - Media mobile calcolata su 24 ore | 23 |
| 5.4.2 - Media mobile calcolata su 14 giorni | 23 |
| 5.4.3 - Media mobile calcolata su 90 giorni | 24 |
| 5.4.4 - Media annuale | 24 |
| 5.5 Stazioni Q.A. di Larderello, Castelnuovo e Montecerboli | 25 |
| 5.5.1 - Media mobile calcolata su 24 ore | 26 |
| 5.5.2 - Media mobile calcolata su 14 giorni | 26 |
| 5.5.3 - Media mobile calcolata su 90 giorni | 27 |
| 5.5.4 - Media annuale | 27 |
| 5.6 Stazioni Q.A. di Belforte, Travale, Montalcinello e Chiusdino | 28 |
| 5.6.1 - Media mobile calcolata su 24 ore | 29 |
| 5.6.2 - Media mobile calcolata su 14 giorni | 29 |
| 5.6.3 - Media mobile calcolata su 90 giorni | 30 |
| 5.6.4 - Media annuale | 30 |
| 6 MEZZI ARPAT e confronto con dati ENEL | 31 |
| 6.1 Stazione fissa QAARPAT di Pomarance (PI), Loc. Montecerboli | 31 |
| 6.2 Mezzo ARPAT GEO 1 | 34 |
| 6.2.1 - Monitoraggio in località Abbadia San Salvatore (SI). Periodo 01/01-31/12/2020 | 34 |
| 6.3.1 - Monitoraggio in loc. Piancastagnaio presso la stazione QA ENEL denominata PICA. Periodo dal 08/10/2019 al 05/02/2020 | 36 |
| 6.3.2 - Monitoraggio in loc. Belforte, Radicondoli (SI), presso la stazione QA ENEL omonima. Periodo dal 25/06/2020 al 25/11/2020 | 37 |
| 6.3.3 - Monitoraggio in loc. Canneto, Monteverdi (PI), presso la Stazione QA ENEL omonima. Periodo dal 26/11/2020 al 29/03/2021 | 39 |
| 7 CONCLUSIONI | 41 |

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.

Ad oggi sono attive 36 centrali geotermoelettriche con altrettanti gruppi produttivi, gestite da ENEL GREEN POWER ITALIA S.R.L. (d'ora in poi ENEL GreenPower) e 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 utile 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 (H_2S), riconoscibile dall'olfatto umano già a concentrazioni molto basse, inferiori a $6 \mu g/m^3$, e anche per questo adottato generalmente come tracciante di attività geotermica.

Nelle Centrali geotermoelettriche, per mitigarne 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 (H_2S), denominato AMIS, finalizzato, come dice anche il nome, alla riduzione dell' H_2S 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 H_2S e il 90-99% per il Hg).

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' H_2S , 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.

Scopo del presente report è di relazionare circa l'attività di raccolta, analisi e verifica della congruità dei dati ENEL Green Power, anche alla luce dei monitoraggi ARPAT.

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 **2020** 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 che seguono i valori massimi mensili riscontrati nel **2020** sono stati messi a confronto con il massimo registrato negli anni precedenti.

Il 2020 è stato caratterizzato da vincoli comportamentali dettati dall'emergenza Covid19 che hanno influenzato la vita di tutti noi. Nei sistemi produttivi, comprese le centrali geotermoelettriche, le normali attività di gestione del processo, e di intervento in caso di malfunzionamenti, hanno subito dei rallentamenti a causa delle rigide regole sanitarie anti-contagio. Questa situazione potrebbe essere all'origine di alcuni peggioramenti relativi alla qualità dell'aria registrati nel 2020 rispetto agli anni pregressi, in particolare in relazione alla media mobile dell'H₂S calcolata su 24 ore, di seguito illustrati.

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. Si registra comunque la notevole eccezione dell'area di Piancastagnaio, dove nel 2020 si è assistito ad un notevole miglioramento dei dati registrati per l'H₂S.

tab.1: Media mobile H₂S in aria, calcolata su 24 h (LR=150 µg/m³). Max mensili (2020) e annuali (2016-2020)

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

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 evidenziato per la tabella precedente.

tab.2: Media mobile H₂S in aria, calcolata su 14 D (LR=100 µg/m³). Max mensili (2020) e annuali (2016-2020)

| Massimo mensile della media mobile su 14 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 |
|---|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Canneto | CANN | 15,27 | 4,42 | 2,31 | 2,14 | 2,94 | 3,03 | 1,9 | 1,62 | 2,41 | 2,73 | 5,83 | 14,74 | 15,18 | 10,81 | 14,48 | 13,33 | 15,27 |
| Lustignano | LUST | 6,2 | 5,54 | 5,37 | 4,97 | 6,1 | 4,13 | 4,72 | 9,61 | 8,18 | 9,51 | 9,88 | 5,17 | 11,44 | 12,37 | 9,71 | 7,27 | 9,88 |
| Serrazzano | SEZA | 5,86 | 5,98 | 5,37 | 4,98 | 5,17 | 3 | 4,1 | 5,6 | 5,86 | 5,71 | 7,81 | 7,72 | 5,98 | 9,15 | 8,96 | 7,31 | 7,81 |
| Sasso_Pisano | SAPI | 8,66 | 6,96 | 6,39 | 5,4 | 5,62 | 7,1 | 8,07 | 8,66 | 10,37 | 9,16 | 7,61 | 6,52 | 8,76 | 11,25 | 9,78 | 9,22 | 10,37 |
| Monterotondo | MORO | 8,93 | 6,57 | 5,9 | 6,58 | 5,31 | 5,79 | 9,23 | 9,56 | 6,1 | 6,72 | 5,77 | 4,69 | 13,23 | 13,80 | 10,15 | 10,50 | 9,56 |
| Montecerboli | MONT | 7,02 | 6,21 | 5,51 | 5,19 | 5,22 | 2,8 | 4,53 | 5,14 | 4,97 | 5,39 | 5,64 | 7,1 | 12,11 | 17,53 | 14,32 | 8,92 | 7,10 |
| Castelnuovo VdC | CANU | 6,01 | 4,94 | 4,39 | 4,14 | 2,91 | 2,96 | 4,02 | 3,47 | 5,73 | 6,38 | 6,92 | 5,5 | 6,48 | 9,54 | 6,73 | 5,61 | 6,92 |
| Larderello | LARD | 4,87 | 5,15 | 4,41 | 5,03 | 4,27 | 3,06 | 5,09 | 3,61 | 5,13 | 5,38 | 9,25 | 7,92 | 14,47 | 16,27 | 10,91 | 7,38 | 9,25 |
| Belforte | BEFO | 4,38 | 3,55 | 2,86 | 3,37 | 3,95 | 2,8 | 3,41 | 3,68 | 3,19 | 4,04 | 3,93 | 3,07 | 5,29 | 4,23 | 5,80 | 5,27 | 4,38 |
| Montalcinello | MOAL | 3,7 | 4,28 | 3,79 | 3,58 | 3,86 | 2,86 | 3,15 | 3,52 | 2,82 | 2,88 | 2,52 | 4,6 | 7,25 | 6,57 | 9,03 | 5,79 | 4,60 |
| Travale | TRVL | 4,6 | 3,1 | 2,32 | 2,73 | 2,47 | 2,51 | 4,89 | 5,23 | 2,39 | 1,65 | 3,22 | 3,7 | 9,19 | 9,28 | 6,48 | 4,08 | 5,23 |
| Chiusdino | CHIU | 9,53 | 5,38 | 3,71 | 2,71 | 2,8 | 5,91 | 7,31 | 8,3 | 5,2 | 5,05 | 4,94 | 4,77 | 10,80 | 12,28 | 17,81 | 10,81 | 9,53 |
| Arcidosso | ARCI | 2,49 | 2,32 | 1,88 | 2,43 | 3,63 | 1,54 | 3,44 | 2,18 | 3,1 | 2,09 | 2,93 | 3,37 | 3,28 | 5,19 | 3,10 | 3,54 | 3,63 |
| Santa_Fiora | SAFI | 1,93 | 2,29 | 2,39 | 2,76 | 2,79 | 2,05 | 2,52 | 2,47 | 2,77 | 1,62 | 2,28 | 2,52 | 3,49 | 4,45 | 3,36 | 2,53 | 2,79 |
| Bagnore | BAGN | 2,61 | 2,41 | 2,76 | 2,77 | 2,82 | 2,27 | 3,54 | 2,16 | 2,86 | 2,61 | 3,89 | 4 | 5,43 | 3,03 | 4,18 | 3,09 | 4,00 |
| Merigar | MERI | 2,62 | 1,94 | 1,87 | 6,3 | 6,28 | 2,55 | 4,59 | 2,92 | 3,7 | 2,82 | 3,87 | 3,9 | 5,55 | 4,64 | 3,21 | 3,11 | 6,30 |
| Piancastagnaio | PICA | 3,96 | 4,79 | 4,08 | 4,48 | 4,47 | 2,89 | 4,68 | 7,09 | 4,27 | 3,93 | 3,34 | 3,29 | 9,30 | 8,18 | 6,65 | 12,96 | 7,09 |
| Piancastagnaio2 | PICA2 | 3,74 | 5,23 | 4,34 | 3,01 | 3,78 | 3,9 | 4,95 | 6,35 | 2,67 | 3,06 | 3,34 | 3,09 | 3,28 | 4,66 | 2,70 | 7,58 | 6,35 |

Nella seguente 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 (2020) e annuali (2016-2020)

| 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 |
|---|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Canneto | CANN | 9,95 | 8,89 | 6,84 | 4,78 | 2,18 | 2,12 | 2,11 | 2,00 | 1,54 | 1,80 | 3,18 | 5,90 | 9,89 | 8,12 | 6,83 | 8,36 | 9,95 |
| Lustignano | LUST | 5,37 | 5,23 | 5,20 | 3,94 | 4,27 | 4,00 | 4,07 | 4,75 | 5,20 | 6,48 | 6,96 | 6,48 | 7,92 | 8,14 | 7,73 | 6,18 | 6,96 |
| Serrazzano | SEZA | 4,85 | 5,01 | 5,07 | 4,43 | 4,28 | 3,82 | 3,71 | 3,39 | 3,90 | 4,45 | 4,98 | 5,61 | 4,87 | 6,41 | 6,36 | 5,04 | 5,61 |
| Sasso_Pisano | SAPI | 5,91 | 6,07 | 5,98 | 5,40 | 4,93 | 5,00 | 5,70 | 6,74 | 7,94 | 7,82 | 7,44 | 6,80 | 4,72 | 7,12 | 7,18 | 6,67 | 7,94 |
| Monterotondo | MORO | 5,09 | 5,59 | 5,53 | 5,29 | 5,06 | 4,78 | 5,58 | 6,05 | 6,21 | 5,96 | 5,02 | 4,84 | 6,03 | 7,27 | 7,15 | 6,68 | 6,21 |
| Montecerboli | MONT | 5,25 | 5,66 | 5,70 | 5,31 | 4,74 | 4,17 | 3,75 | 3,60 | 4,05 | 4,35 | 4,65 | 5,23 | 7,22 | 11,90 | 11,20 | 6,26 | 5,70 |
| Castelnuovo VdC | CANU | 4,84 | 4,69 | 4,51 | 3,98 | 3,56 | 3,07 | 2,59 | 2,76 | 3,70 | 4,17 | 5,02 | 5,14 | 4,41 | 6,92 | 6,81 | 4,55 | 5,14 |
| Larderello | LARD | 4,58 | 4,55 | 4,35 | 3,91 | 3,78 | 3,49 | 3,68 | 3,48 | 3,69 | 3,73 | 5,06 | 5,97 | 10,61 | 9,10 | 7,54 | 5,02 | 5,97 |
| Belforte | BEFO | 3,81 | 3,30 | 3,03 | 2,61 | 2,62 | 2,39 | 2,66 | 2,72 | 2,72 | 2,82 | 2,98 | 2,91 | 4,84 | 3,26 | 3,28 | 3,89 | 3,81 |
| Montalcinello | MOAL | 2,93 | 3,31 | 3,36 | 3,10 | 3,02 | 2,60 | 2,60 | 2,57 | 2,49 | 2,49 | 2,30 | 2,71 | 4,44 | 4,45 | 5,88 | 4,63 | 3,36 |
| Travale | TRVL | 2,00 | 2,52 | 2,61 | 2,29 | 2,14 | 1,93 | 2,44 | 2,84 | 2,89 | 2,73 | 1,93 | 2,32 | 4,28 | 5,33 | 4,87 | 2,74 | 2,89 |
| Chiusdino | CHIU | 4,05 | 4,10 | 4,02 | 3,21 | 2,93 | 3,06 | 4,18 | 4,89 | 4,78 | 4,60 | 4,05 | 3,87 | 6,81 | 6,80 | 7,87 | 6,11 | 4,89 |
| Arcidosso | ARCI | 2,62 | 2,43 | 2,10 | 1,77 | 2,03 | 2,02 | 2,11 | 1,88 | 1,94 | 1,99 | 2,17 | 2,21 | 3,03 | 2,55 | 2,19 | 2,72 | 2,62 |
| Santa_Fiora | SAFI | 2,10 | 1,97 | 2,04 | 2,32 | 2,43 | 2,40 | 2,28 | 2,23 | 2,36 | 2,27 | 1,97 | 1,99 | 2,79 | 3,10 | 2,75 | 2,20 | 2,43 |
| Bagnore | BAGN | 2,27 | 2,15 | 2,19 | 2,32 | 2,37 | 2,28 | 2,30 | 2,23 | 2,43 | 2,44 | 2,61 | 2,72 | 3,76 | 2,44 | 2,48 | 2,70 | 2,72 |
| Merigar | MERI | 1,93 | 1,82 | 1,84 | 2,40 | 2,59 | 2,65 | 3,12 | 2,54 | 2,78 | 2,81 | 2,82 | 2,83 | 2,90 | 2,66 | 2,42 | 1,97 | 3,12 |
| Piancastagnaio | PICA | 2,37 | 3,01 | 3,23 | 3,43 | 3,66 | 3,45 | 3,26 | 3,66 | 3,94 | 3,92 | 3,12 | 2,81 | 8,49 | 5,01 | 3,86 | 5,51 | 3,94 |
| Piancastagnaio2 | PICA2 | 3,12 | 3,26 | 3,28 | 3,07 | 3,15 | 2,69 | 2,91 | 2,96 | 2,78 | 2,68 | 2,47 | 2,60 | 2,55 | 2,62 | 2,36 | 3,52 | 3,28 |

Nella seguente tabella 4 si riportano le medie calcolate mensilmente e 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 2020, confrontati con le medie annuali degli ultimi 5 anni.

| Medie mensili (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 | MEDIA 2016 | MEDIA 2017 | MEDIA 2018 | MEDIA 2019 | MEDIA 2020 |
|----------------------------------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Canneto | CANN | 9,20 | 3,10 | 1,65 | 1,77 | 2,58 | 1,92 | 1,42 | 1,33 | 1,87 | 2,15 | 5,39 | 9,87 | 5,04 | 3,49 | 4,48 | 4,95 | 3,57 |
| Lustignano | LUST | 3,75 | 4,69 | 3,29 | 3,96 | 4,48 | 3,50 | 3,70 | 6,80 | 5,02 | 7,30 | 7,09 | 3,52 | 5,98 | 6,38 | 5,17 | 4,34 | 4,79 |
| Serrazzano | SEZA | 4,85 | 4,57 | 3,73 | 3,88 | 3,90 | 2,82 | 3,33 | 3,88 | 4,92 | 4,41 | 5,39 | 5,97 | 3,28 | 4,38 | 4,42 | 3,79 | 4,28 |
| Sasso_Pisano | SAPI | 6,47 | 5,63 | 4,26 | 4,57 | 4,31 | 6,04 | 6,78 | 7,30 | 9,32 | 5,54 | 5,62 | 5,14 | 3,89 | 6,03 | 5,27 | 5,51 | 5,91 |
| Monterotondo | MORO | 6,18 | 5,12 | 4,86 | 4,81 | 3,80 | 4,99 | 7,95 | 4,73 | 5,02 | 5,13 | 4,31 | 3,14 | 4,26 | 5,87 | 5,13 | 5,10 | 5,00 |
| Montecerboli | MONT | 5,87 | 5,57 | 4,22 | 4,41 | 3,91 | 2,59 | 3,98 | 4,10 | 4,17 | 4,48 | 5,32 | 5,45 | 3,98 | 7,45 | 5,37 | 4,17 | 4,50 |
| Castelnuovo VdC | CANU | 4,58 | 4,00 | 3,50 | 3,19 | 2,44 | 1,84 | 3,41 | 2,76 | 4,99 | 4,72 | 5,37 | 4,14 | 3,48 | 4,56 | 3,21 | 3,91 | 3,73 |
| Larderello | LARD | 4,46 | 3,98 | 3,30 | 3,61 | 3,44 | 2,88 | 4,25 | 2,82 | 4,10 | 4,22 | 7,05 | 6,22 | 5,63 | 6,13 | 4,78 | 3,99 | 4,17 |
| Belforte | BEFO | 2,60 | 2,75 | 2,46 | 2,53 | 2,08 | 2,53 | 3,10 | 2,49 | 2,44 | 3,40 | 2,67 | 2,36 | 2,50 | 2,52 | 2,79 | 2,84 | 2,61 |
| Montalcinello | MOAL | 3,24 | 3,76 | 2,28 | 3,04 | 2,19 | 2,51 | 2,65 | 2,42 | 2,36 | 2,19 | 2,05 | 3,90 | 3,24 | 2,82 | 4,37 | 3,30 | 2,71 |
| Travale | TRVL | 2,89 | 2,55 | 1,57 | 2,32 | 1,32 | 2,18 | 3,73 | 2,47 | 1,98 | 1,35 | 2,45 | 3,06 | 2,95 | 4,28 | 2,40 | 1,93 | 2,32 |
| Chiusdino | CHIU | 3,67 | 4,08 | 2,25 | 2,48 | 2,14 | 4,53 | 5,74 | 3,98 | 3,93 | 4,12 | 3,44 | 3,89 | 4,78 | 5,25 | 4,72 | 4,40 | 3,68 |
| Arcidosso | ARCI | 2,13 | 1,71 | 1,30 | 2,19 | 2,41 | 1,19 | 2,00 | 1,35 | 2,46 | 1,73 | 2,33 | 2,62 | 2,02 | 1,99 | 1,67 | 2,07 | 1,94 |
| Santa_Fiora | SAFI | 1,74 | 2,10 | 2,19 | 2,67 | 2,28 | 1,98 | 2,33 | 2,33 | 2,09 | 1,51 | 2,05 | 2,38 | 2,38 | 2,27 | 2,08 | 1,92 | 2,14 |
| Bagnore | BAGN | 2,10 | 2,21 | 2,22 | 2,54 | 1,97 | 2,06 | 2,48 | 2,10 | 2,67 | 1,73 | 3,47 | 2,54 | 2,24 | 1,71 | 1,91 | 1,91 | 2,34 |
| Merigar | MERI | 2,07 | 1,67 | 1,59 | 3,90 | 2,21 | 1,69 | 3,06 | 2,32 | 2,94 | 2,58 | 2,92 | 2,45 | 2,18 | 1,98 | 1,97 | 1,60 | 2,46 |
| Piancastagnaio | PICA | 3,00 | 3,64 | 2,92 | 3,75 | 3,52 | 2,60 | 3,58 | 4,62 | 3,41 | 2,26 | 2,69 | 2,84 | 3,93 | 4,00 | 2,87 | 2,91 | 3,24 |
| Piancastagnaio2 | PICA2 | 2,34 | 3,87 | 2,87 | 2,34 | 2,59 | 2,64 | 3,43 | 2,13 | 2,08 | 2,35 | 2,85 | 2,44 | 1,64 | 1,83 | 1,51 | 2,93 | 2,67 |

La concentrazione di 7 µg/m³ viene usualmente presa come riferimento per stimare il disturbo olfattivo. Nella seguente tabella 5 sono indicate 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%-30%, in particolare a Sasso Pisano e Monterotondo Marittimo. 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 | | 2020-1 | 2020-2 | 2020-3 | 2020-4 | 2020-5 | 2020-6 | 2020-7 | 2020-8 | 2020-9 | 2020-10 | 2020-11 | 2020-12 | INTERO 2016 | INTERO 2017 | INTERO 2018 | INTERO 2019 | INTERO 2020 |
|--|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Canneto | CANN | 27,0 | 7,8 | 2,1 | 2,5 | 7,2 | 4,3 | 0,3 | 1,1 | 2,3 | 3,7 | 17,8 | 30,4 | 13,9 | 10,6 | 15,1 | 17,0 | 9,0 |
| Lustignano | LUST | 12,9 | 18,9 | 10,2 | 10,9 | 17,1 | 9,0 | 11,8 | 21,3 | 18,4 | 30,1 | 36,8 | 11,6 | 28,7 | 30,3 | 20,9 | 16,3 | 17,5 |
| Serrazzano | SEZA | 18,6 | 20,9 | 12,1 | 11,8 | 12,0 | 7,1 | 12,5 | 13,3 | 21,4 | 18,9 | 22,5 | 26,0 | 8,9 | 16,9 | 16,5 | 12,6 | 16,3 |
| Sasso_Pisano | SAPI | 36,1 | 30,0 | 19,2 | 20,5 | 19,1 | 33,1 | 39,2 | 39,9 | 46,0 | 31,2 | 33,1 | 26,2 | 13,3 | 30,8 | 26,7 | 29,0 | 31,1 |
| Monterotondo | MORO | 27,7 | 23,1 | 18,4 | 16,6 | 14,7 | 22,0 | 37,2 | 21,8 | 22,7 | 25,0 | 20,1 | 15,1 | 15,9 | 25,9 | 22,4 | 22,3 | 22,1 |
| Montecerboli | MONT | 28,7 | 28,7 | 15,9 | 16,3 | 13,3 | 5,1 | 13,1 | 15,8 | 15,5 | 18,0 | 25,6 | 24,3 | 10,4 | 34,4 | 23,2 | 14,5 | 18,3 |
| Castelnuovo VdC | CANU | 15,5 | 11,4 | 6,0 | 6,7 | 4,1 | 2,3 | 6,6 | 5,0 | 17,7 | 15,2 | 24,7 | 13,8 | 8,3 | 16,2 | 6,0 | 12,3 | 10,6 |
| Larderello | LARD | 16,3 | 11,9 | 9,2 | 12,9 | 8,3 | 4,4 | 9,9 | 4,7 | 15,9 | 12,5 | 39,3 | 29,1 | 24,7 | 27,8 | 17,5 | 13,2 | 14,3 |
| Belforte | BEFO | 3,0 | 6,5 | 1,6 | 3,8 | 3,7 | 2,5 | 6,0 | 3,0 | 4,5 | 5,7 | 2,4 | 5,3 | 3,4 | 4,9 | 4,0 | 5,0 | 4,0 |
| Montalcinello | MOAL | 5,1 | 9,3 | 0,5 | 4,1 | 1,6 | 2,0 | 1,0 | 0,7 | 2,6 | 2,4 | 0,3 | 9,8 | 6,2 | 7,4 | 17,3 | 8,7 | 3,2 |
| Travale | TRVL | 5,8 | 3,8 | 0,0 | 3,7 | 0,1 | 3,8 | 14,0 | 6,8 | 2,3 | 1,2 | 5,3 | 9,2 | 6,9 | 13,8 | 2,7 | 2,3 | 4,7 |
| Chiusdino | CHIU | 10,2 | 13,2 | 3,1 | 5,5 | 6,2 | 17,6 | 26,2 | 15,2 | 15,6 | 15,7 | 10,3 | 15,3 | 17,5 | 18,7 | 17,5 | 15,8 | 12,9 |
| Arcidosso | ARCI | 1,9 | 2,2 | 0,3 | 4,5 | 4,5 | 0,1 | 5,9 | 0,7 | 2,7 | 1,0 | 3,8 | 4,1 | 1,3 | 2,1 | 1,2 | 1,7 | 2,6 |
| Santa_Fiora | SAFI | 0,2 | 2,5 | 0,4 | 1,4 | 0,6 | 0,0 | 1,5 | 0,1 | 0,3 | 0,0 | 0,1 | 2,2 | 1,2 | 1,0 | 0,7 | 0,3 | 0,8 |
| Bagnore | BAGN | 2,3 | 2,7 | 0,6 | 3,7 | 2,2 | 1,4 | 5,6 | 1,2 | 2,6 | 1,0 | 4,9 | 3,3 | 2,0 | 0,7 | 1,4 | 1,5 | 2,6 |
| Merigar | MERI | 4,2 | 1,0 | 1,7 | 11,4 | 4,2 | 1,8 | 6,2 | 4,0 | 7,1 | 1,3 | 4,1 | 2,1 | 3,3 | 2,1 | 3,1 | 1,7 | 4,1 |
| Piancastagnaio | PICA | 8,0 | 8,9 | 6,0 | 11,8 | 8,4 | 0,7 | 5,9 | 9,4 | 3,7 | 0,5 | 3,8 | 2,6 | 11,2 | 10,4 | 6,1 | 6,5 | 5,8 |
| Piancastagnaio2 | PICA2 | 5,1 | 11,7 | 4,8 | 4,8 | 3,9 | 1,9 | 7,3 | 3,7 | 3,3 | 3,4 | 5,2 | 4,7 | 0,4 | 1,2 | 1,1 | 5,0 | 5,0 |

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) | Monterotondo 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 effettuata attraverso i mezzi e la strumentazione di seguito elencata:

- **mezzo 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.
- **mezzo 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 modo che le due stazioni - di ARPAT ed ENEL Green Power - effettuino 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.
- **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, principalmente perché 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) ed 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 consolidata (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) 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 Delibera di Giunta della Regione Toscana 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 a Bonn nel 2015, 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 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 H_2S determinata su 24 ore risulta sempre inferiore a $100 \mu g/m^3$, 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 H_2S determinata su 14 giorni risulta sempre inferiore a $20 \mu g/m^3$ 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 sono disponibili almeno il 75% dei dati che lo compongono: il dato relativo alla media calcolata su 24 ore richiede la conoscenza di almeno 18 ore ($24 \times 75\%$).

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 calcolate su 24 ore e 14 giorni.

Si osserva infine che sia 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 termine.

4.2 Vapori di Mercurio

Come noto, il mercurio è un metallo fortemente tossico. L'introduzione nell'organismo può avvenire sia per ingestione che per inalazione dei vapori, o 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 $2,0 - 4,0 \text{ ng}/m^3$, fino a $10 \text{ ng}/m^3$ 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 altre 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 $1 \mu g/m^3$, 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 $0,2 \mu g/m^3$ ($200 \text{ ng}/m^3$), anch'esso mediato su un periodo di riferimento di 1 anno, coerentemente ai MRLs (Minimal Risk Levels - Livelli guida significativi per la salute), elaborati dalla 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 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, 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

passati¹, i cui bollettini (mensili², divenuti trimestrali dal 2018 ed conclusi nel 2019) sono stati pubblicati sul sito web di ARPAT nell'apposita sezione "Impianti geotermici", con lo scopo di rendere noti i livelli di idrogeno solforato rilevati in tale area.

I dati al di sopra della media registrate per alcuni periodi, in particolare a fine aprile/maggio e a luglio nelle stazioni di Arcidosso e Merigar, sono correlabili ai fuori servizio degli AMIS delle Centrale di Bagnore 4 e Bagnore 3.

5.1.1 Media mobile calcolata su 24 ore

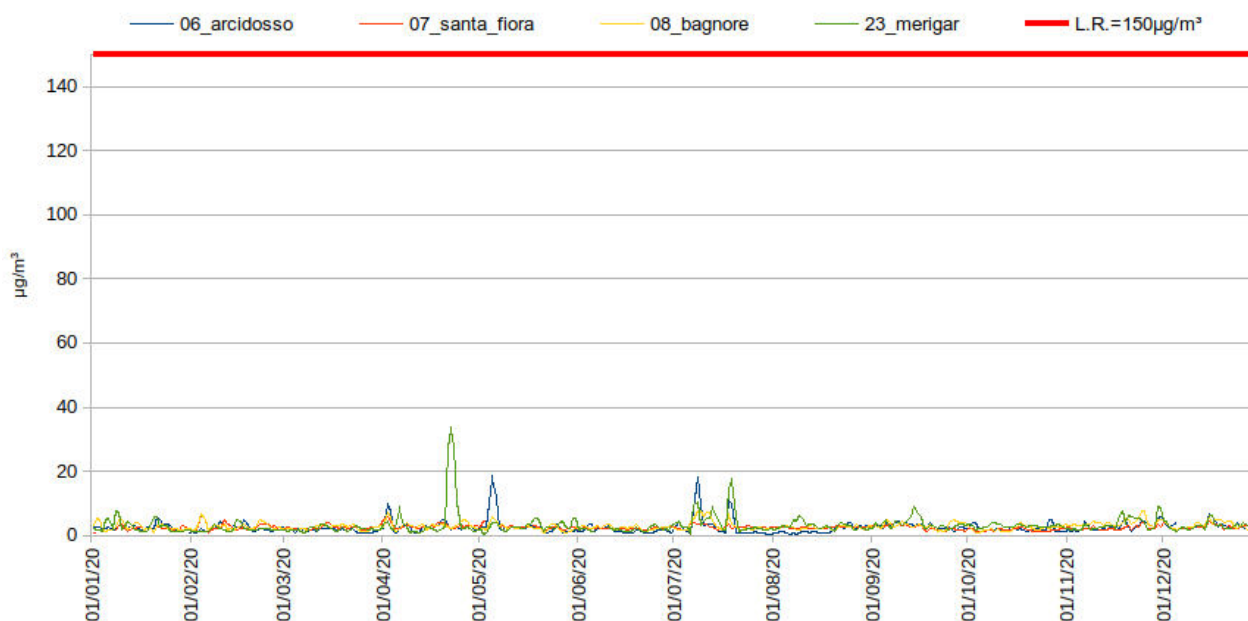


Grafico del massimo giornaliero, nel 2020, della media mobile calcolata su 24 ore della concentrazione in aria di idrogeno solforato in µg/m³ (Valore di riferimento linea rossa = 150 µg/m³)

1 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).

2 <http://www.arp.at.toscana.it/datiemappe/bollettini/bollettino-della-qualita-dellaria-nella-zona-geotermica-del-monte-amiata/bollettino-della-qualita-dellaria-nella-zona-geotermica-del-monte-amiata>.

5.1.2 Media mobile calcolata su 14 giorni

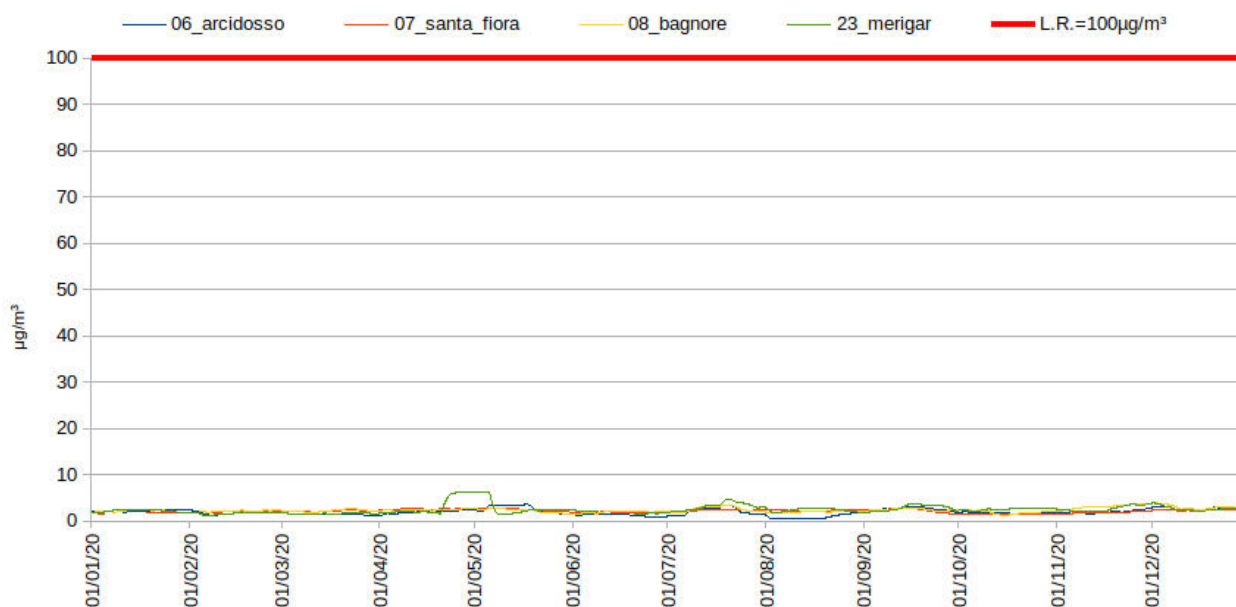


Grafico del massimo giornaliero, nel 2020, della media mobile calcolata su 14 giorni della concentrazione in aria di idrogeno solforato in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Valore di Riferimento linea rossa = 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

5.1.3 Media mobile calcolata su 90 giorni

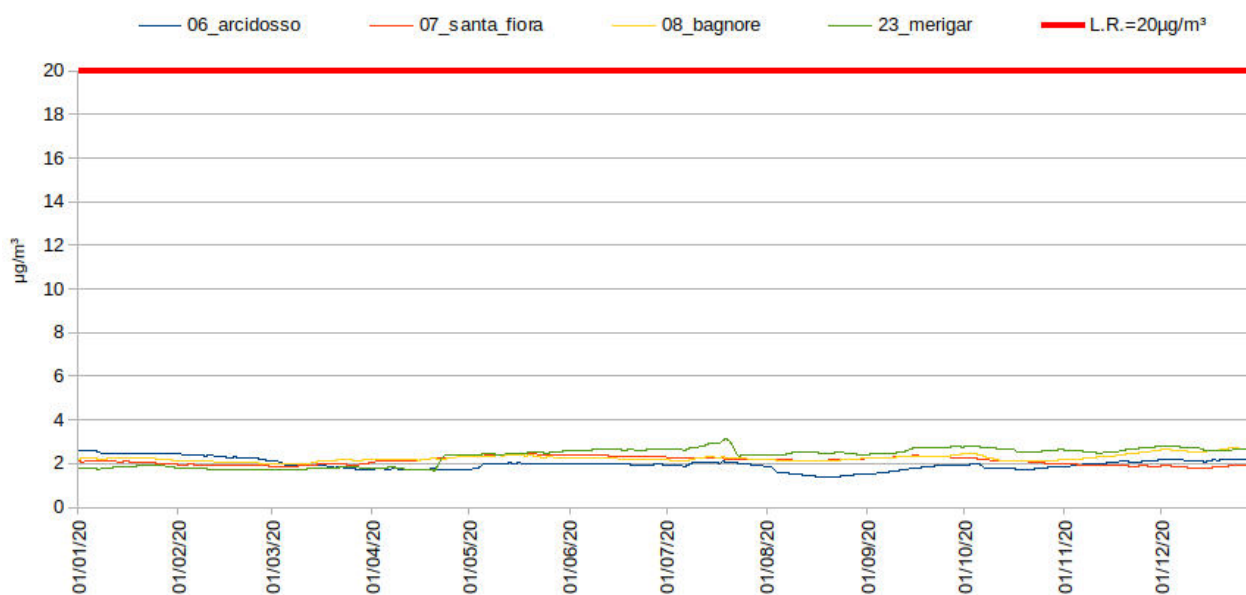
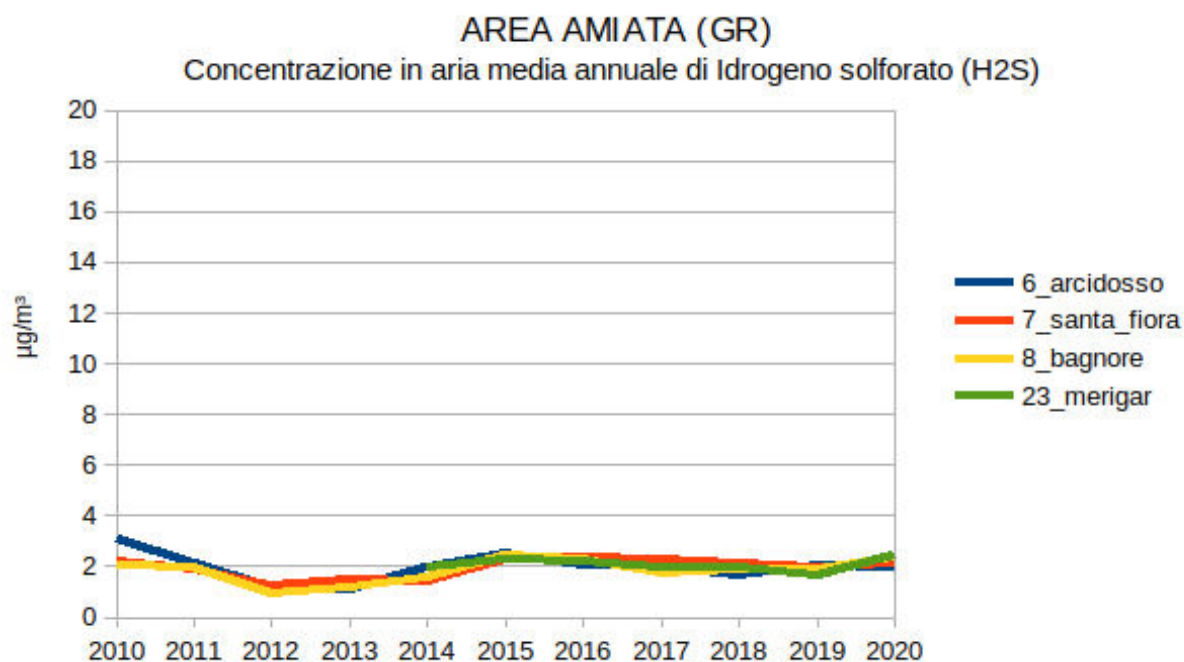


Grafico del massimo giornaliero, nel 2020, della media mobile calcolata su 90 giorni della concentrazione in aria di idrogeno solforato in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Valore di riferimento = 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

5.1.4 Media annuale (2010-2020)

I dati storici relativi alla concentrazione di H_2S in aria mostrano, per il periodo preso in esame, una situazione di sostanziale stazionarietà, con tendenza ad 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.



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 2020 dalle postazioni di monitoraggio ENEL confermano i miglioramenti già riscontrati negli ultimi due 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 centraline di monitoraggio ENEL Green Power e dal mezzo mobile ARPAT si sono sempre mantenuti al di sotto dei valori di riferimento per la tutela sanitaria.

I valori sopra la media registrati nel mese di febbraio sono imputabili ai fuori servizio dell'AMIS di Piancastagnaio4; quelli della fine del mese di luglio/inizio agosto sono legati al fuori servizio dell'AMIS di Piancastagnaio3.

Nel 2019 il mezzo mobile ARPAT GEO1 è stato ubicato ad Abbadia San Salvatore ed il monitoraggio è proseguito fino a Novembre 2020.

5.2.1 Media mobile calcolata su 24 ore

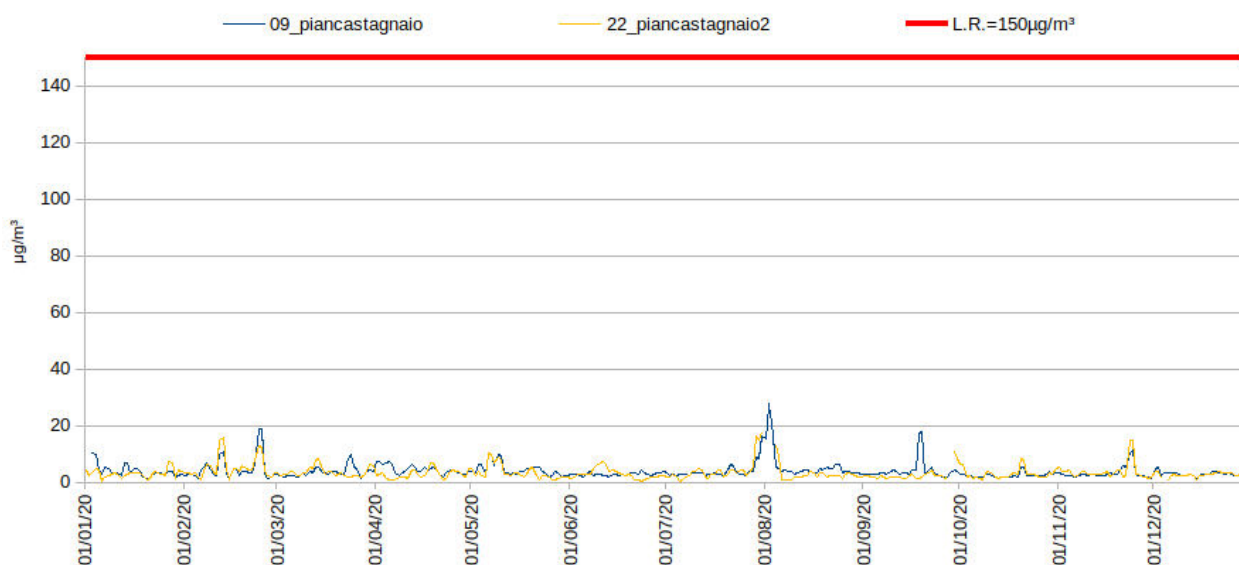


Grafico del massimo giornaliero, nel 2020, della media mobile calcolata su 24 ore della concentrazione in aria di idrogeno solforato in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Valore di riferimento = $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

5.2.2 Media mobile calcolata su 14 giorni

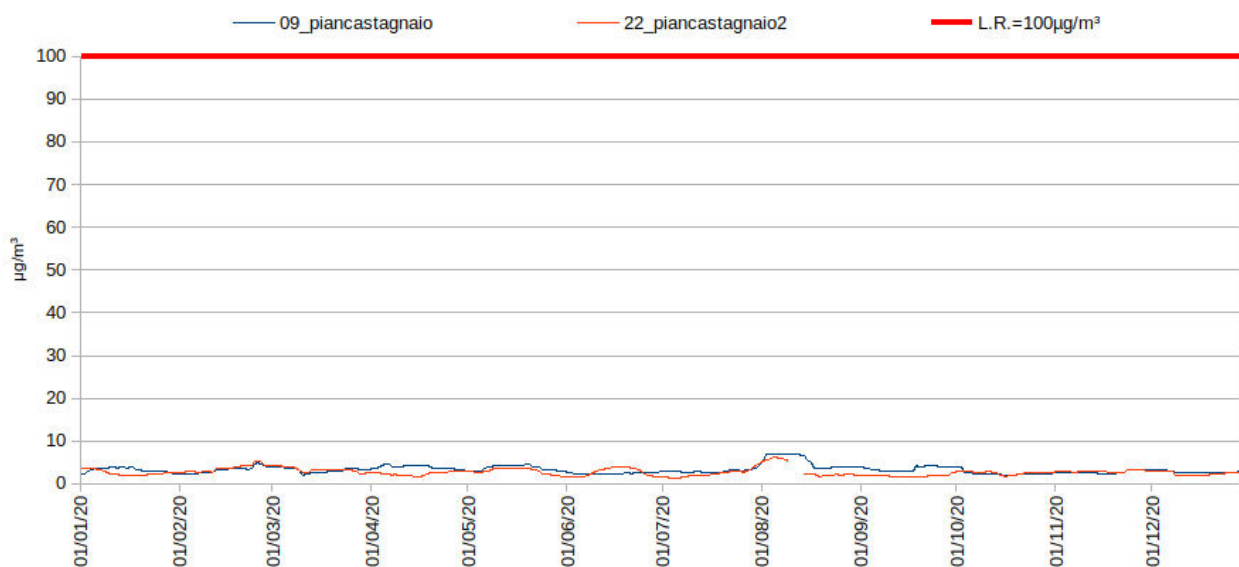


Grafico del massimo giornaliero, nel 2020, della media mobile calcolata su 14 giorni della concentrazione in aria di idrogeno solforato in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Valore di Riferimento = $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

5.2.3 Media mobile calcolata su 90 giorni

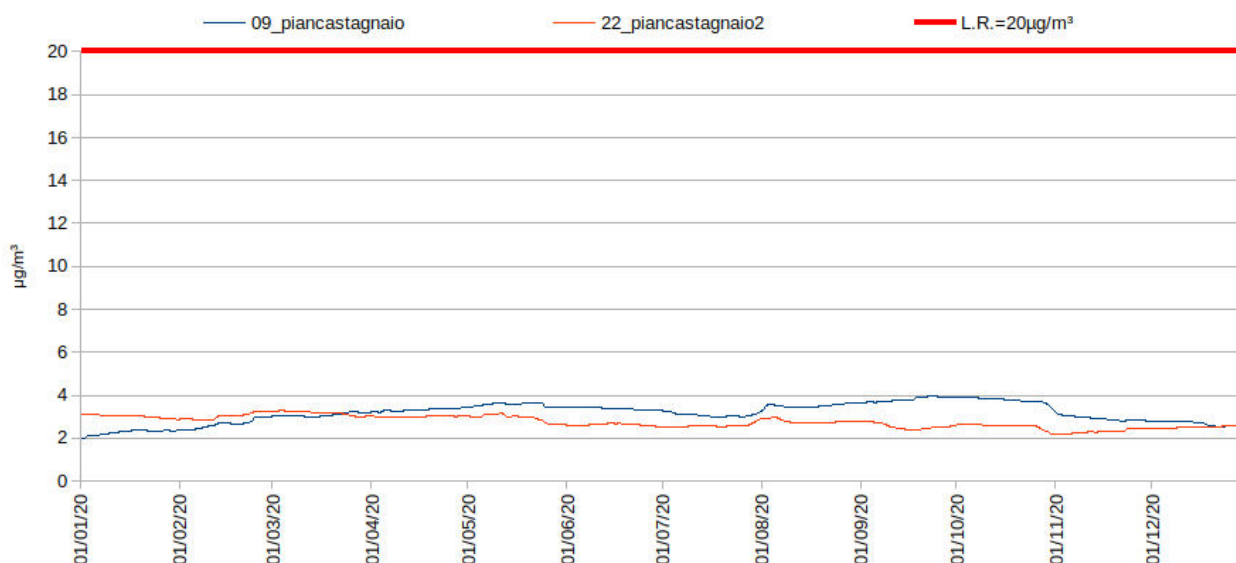
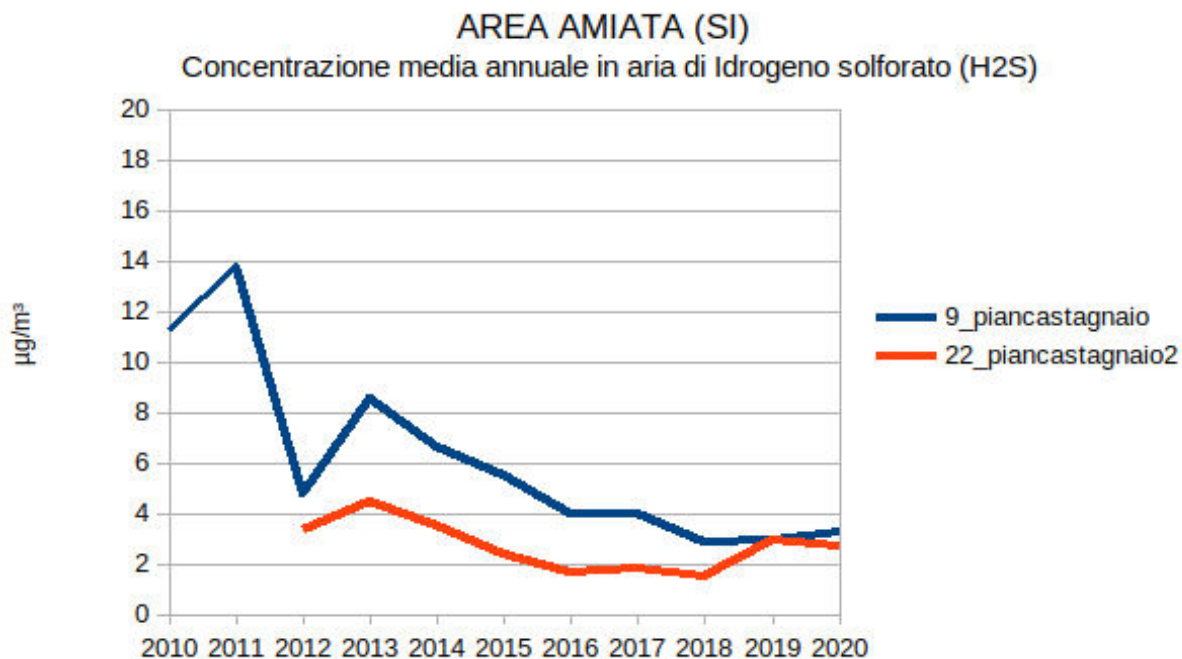


Grafico del massimo giornaliero, nel 2020, della media mobile calcolata su 90 giorni della concentrazione in aria di idrogeno solforato in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Valore di riferimento = $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

5.2.4 Media annuale

I dati storici relativi alla concentrazione di H_2S 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.



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 utilizzo intensivo 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.

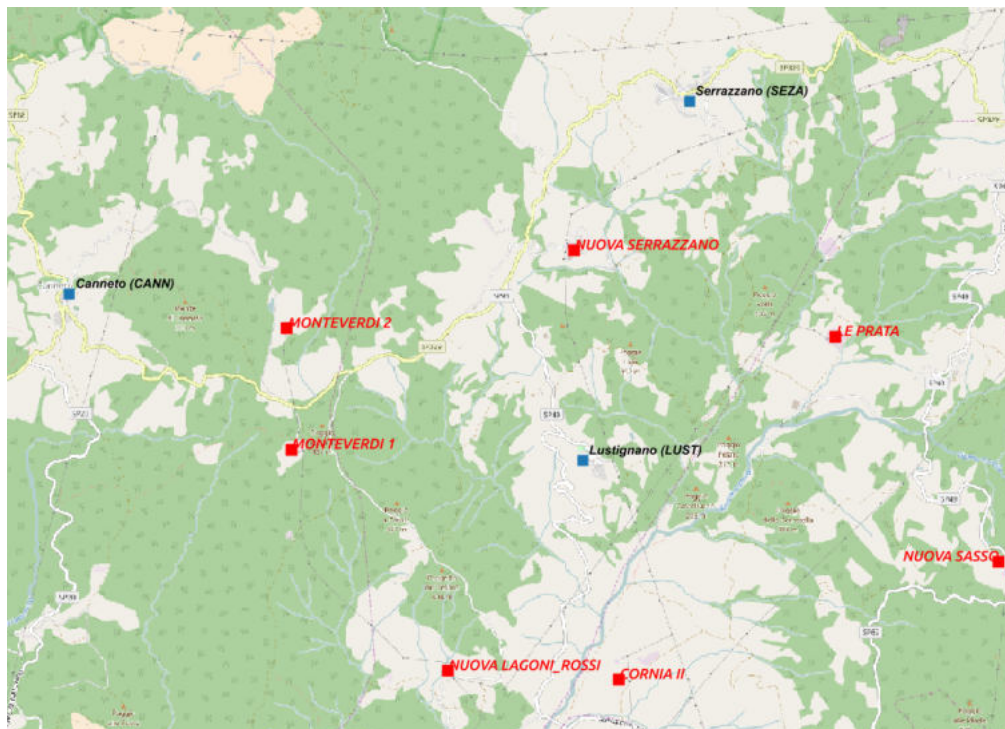


Fig.3: ubicazione delle diverse CGTE dell'area e delle tre SQA di Canneto (CANN), Serrazzano (SEZA) e Lustignano (LUST)

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 H_2S , confermata nel 2020 ma in leggera risalita per le centraline di Lustignano e Serrazzano, comunque mediamente al di sotto della soglia olfattiva ($7 \mu g/m^3$). Le motivazioni di questo andamento possono essere individuate nell'emergenza sanitaria tuttora in corso, che certamente non agevola né la manutenzione ordinaria, né gli interventi di emergenza.

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

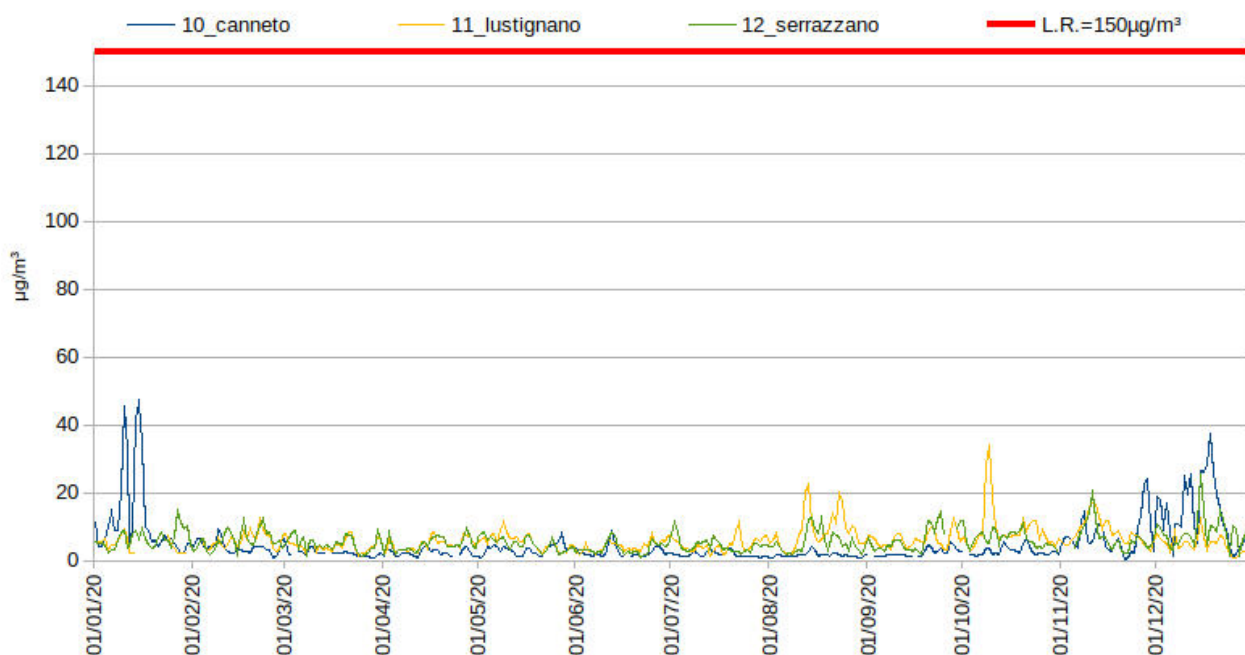


Grafico del massimo giornaliero, nel 2020, della media mobile calcolata su 24 ore della concentrazione in aria di idrogeno solforato in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Valore di riferimento = $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

5.3.2 Media mobile calcolata su 14 giorni

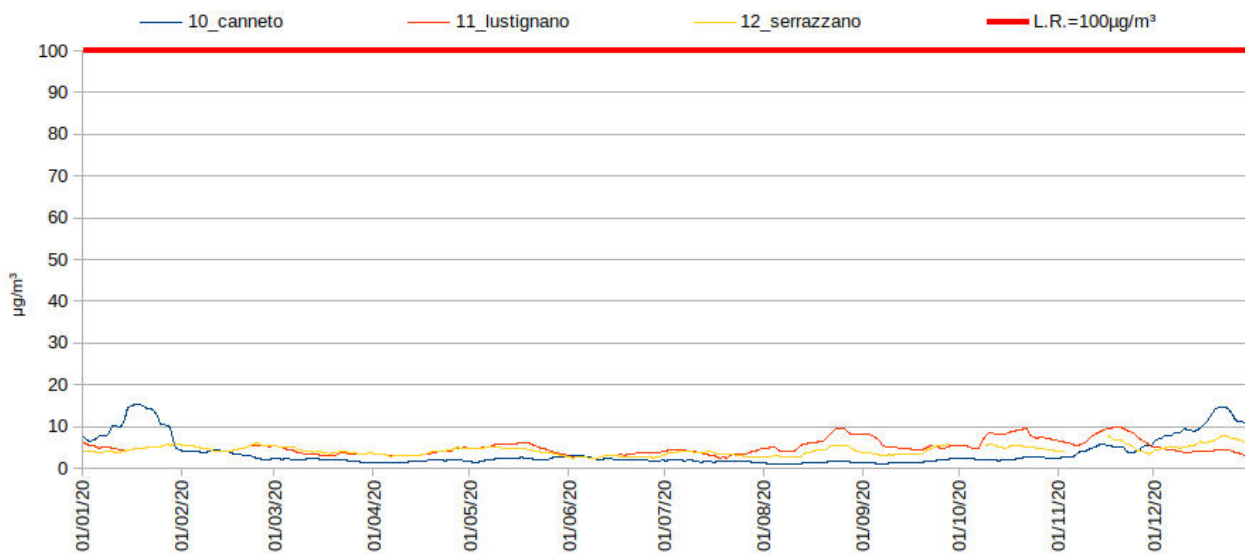


Grafico del massimo giornaliero, nel 2020, della media mobile calcolata su 14 giorni della concentrazione in aria di idrogeno solforato in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Valore di Riferimento = $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

5.3.3 Media mobile calcolata su 90 giorni

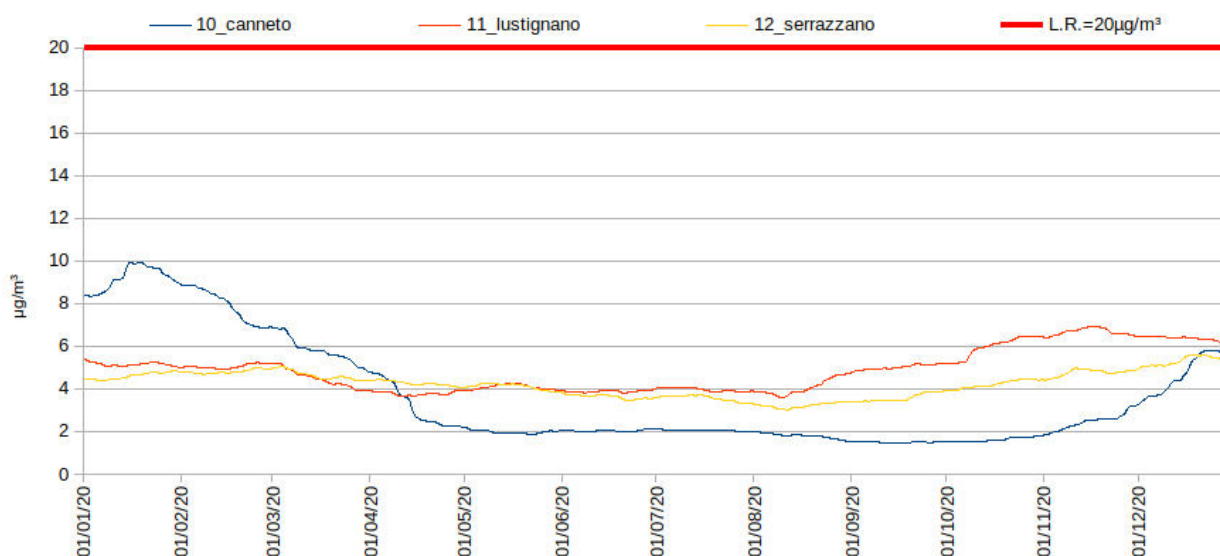
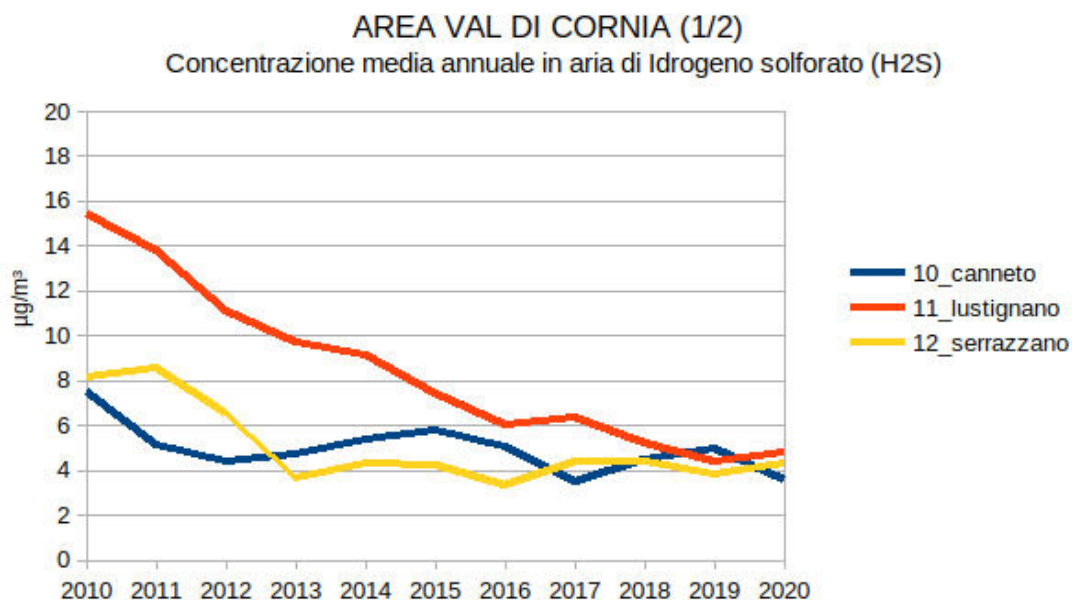


Grafico del massimo giornaliero, nel 2020, della media mobile calcolata su 90 giorni della concentrazione in aria di idrogeno solforato in µg/m³ (Valore di Riferimento= 20 µg/m³)

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.



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.

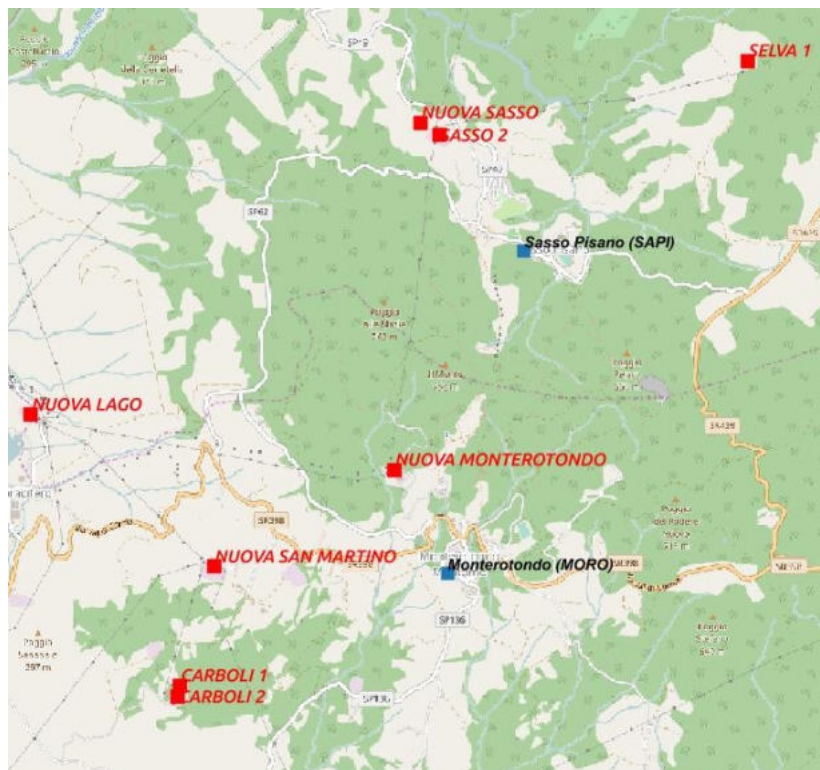


Fig.4: Ubicazione delle diverse CGTE dell'area e delle due SQA di Sasso Pisano (SAPI) e Monterotondo Marittimo (MORO)

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.

Il completamento del piano di installazione degli AMIS nelle centrali dell'area tradizionale ha permesso un'evidente riduzione della concentrazione in aria di H_2S , rispetto alla situazione preesistente.

Anche nel 2020 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

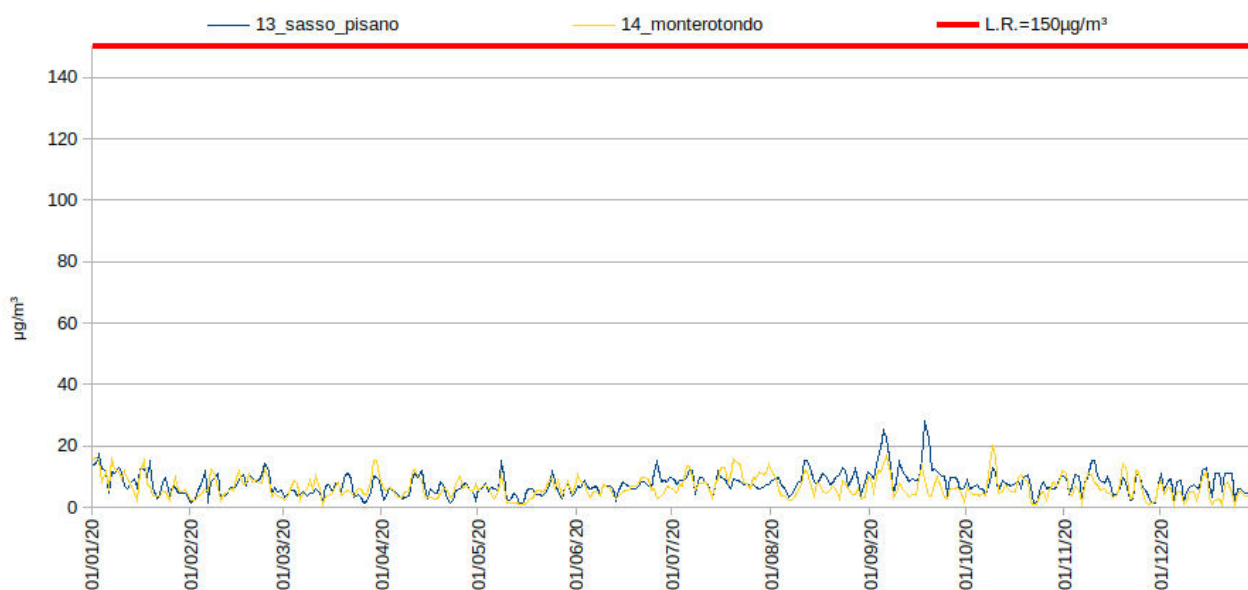


Grafico del massimo giornaliero, nel 2020, della media mobile calcolata su 24 ore della concentrazione in aria di idrogeno solforato in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Valore di riferimento = $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

5.4.2 Media mobile calcolata su 14 giorni



Grafico del massimo giornaliero, nel 2020, 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

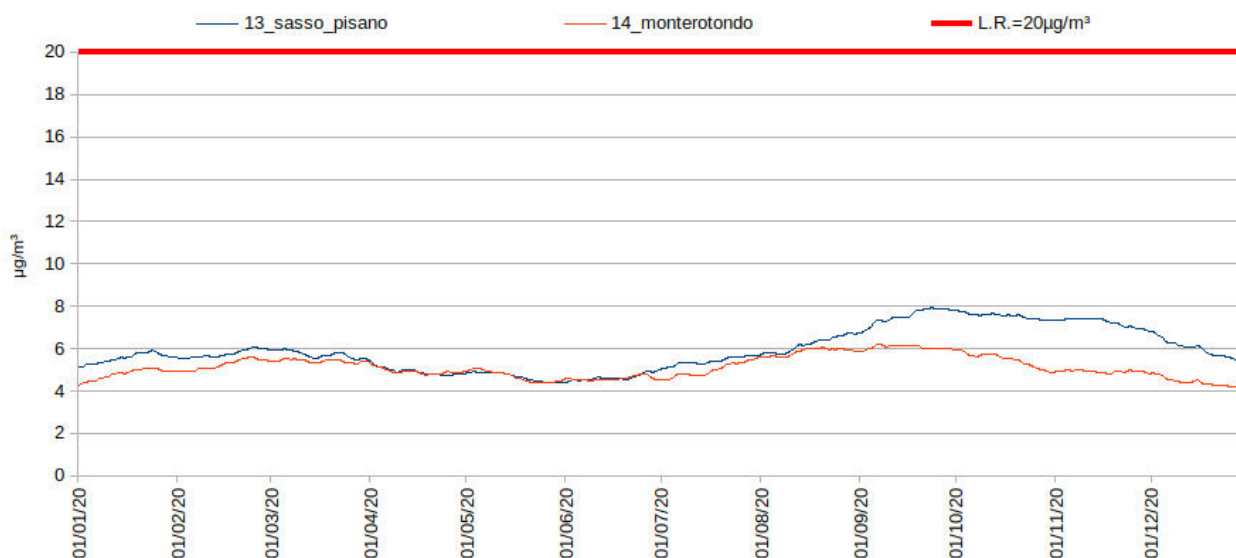
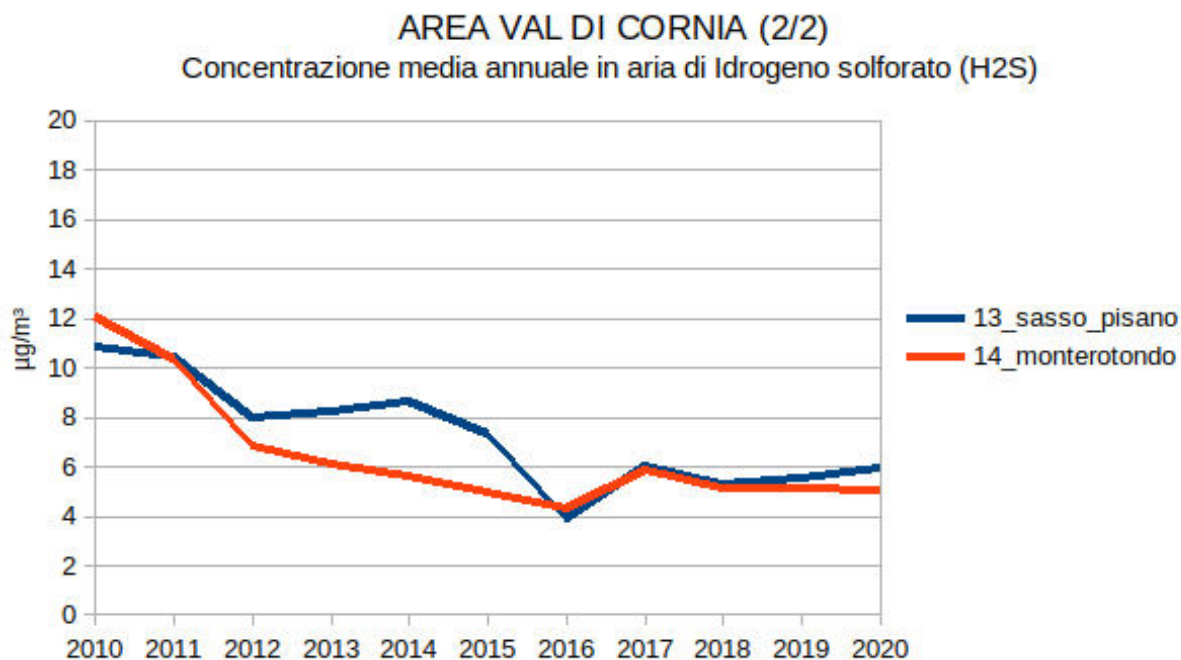


Grafico del massimo giornaliero, nel 2020, della media mobile calcolata su 90 giorni della concentrazione in aria di idrogeno solforato in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Valore di riferimento = 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

5.4.4 Media annuale

I dati storici relativi alla concentrazione di H_2S 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.



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

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

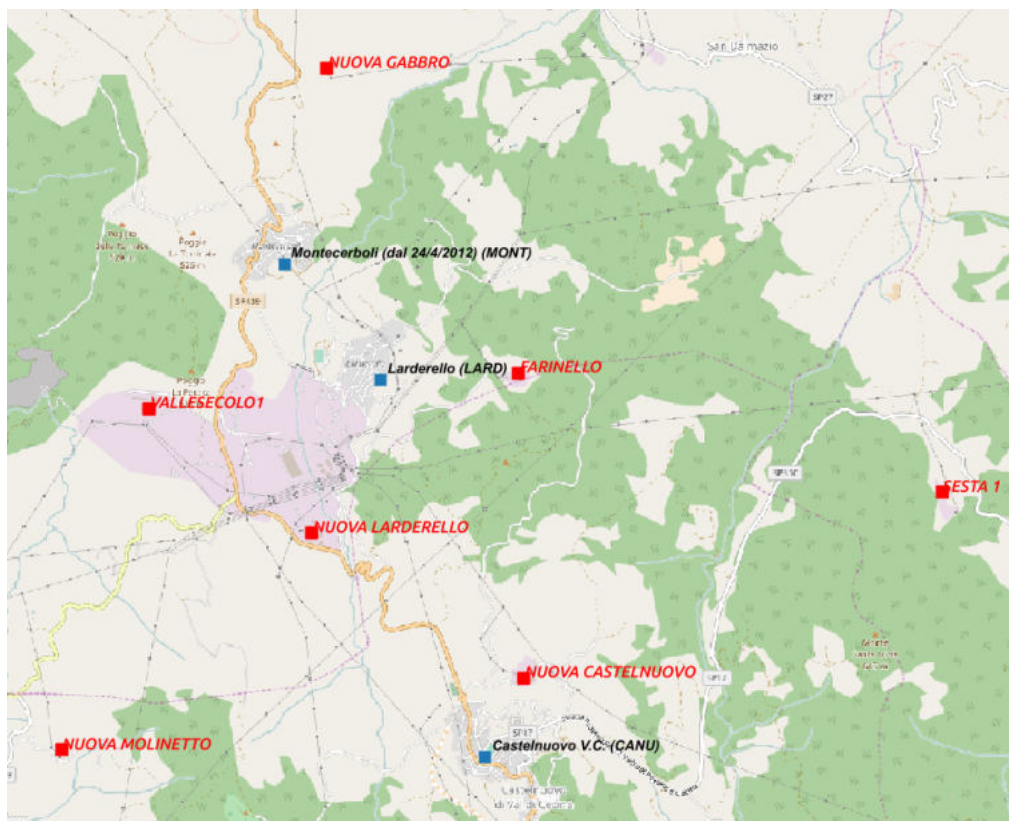


Fig.5: ubicazione delle diverse CGTE dell'area, delle tre SQA di Larderello (LARD), Montecerboli (MONT) e Castelnuevo (CANU). La postazione fissa ARPAT di Montecerboli è adiacente a quella ENEL.

Nel 2020 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.

I valori sopra alla media registrati nell'area di Larderello nel mese di Luglio sono riconducibili al blocco AMIS della Centrale di Farinello, mentre quelli riscontrati nel mese di novembre ai fuori servizio degli AMIS delle altre Centrali (Vallesecolo 1 e 2, Nuova Gabbro, Nuova Larderello e Nuova Castelnuevo).

5.5.1 Media mobile calcolata su 24 ore

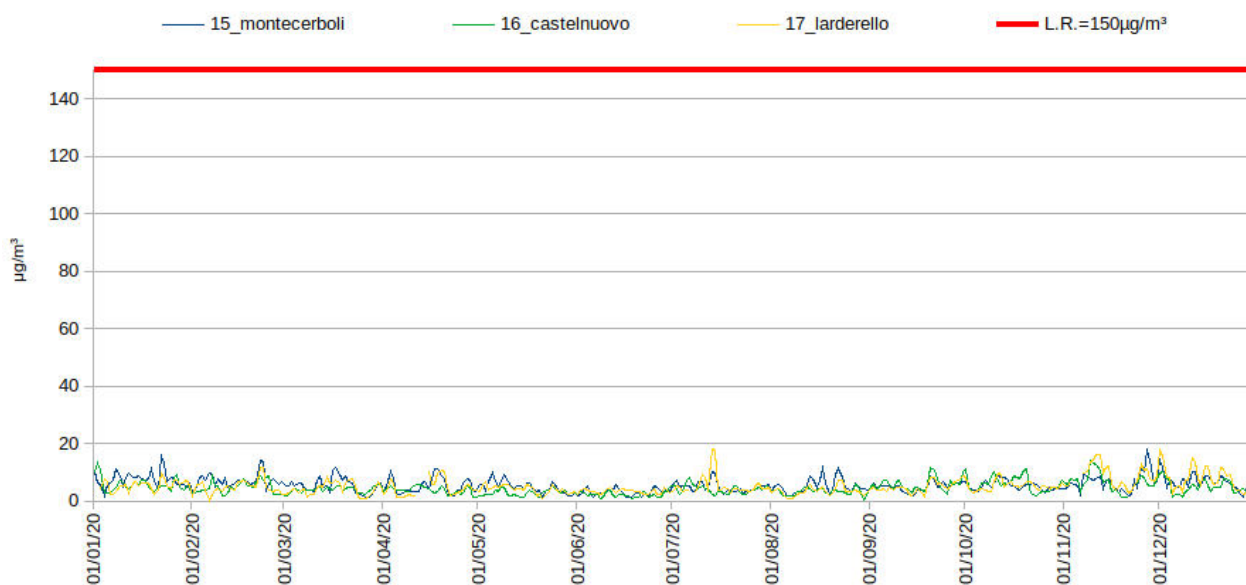


Grafico del massimo giornaliero, nel 2020, della media mobile calcolata su 24 ore della concentrazione in aria di idrogeno solforato in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Valore di riferimento = 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

5.5.2 Media mobile calcolata su 14 giorni

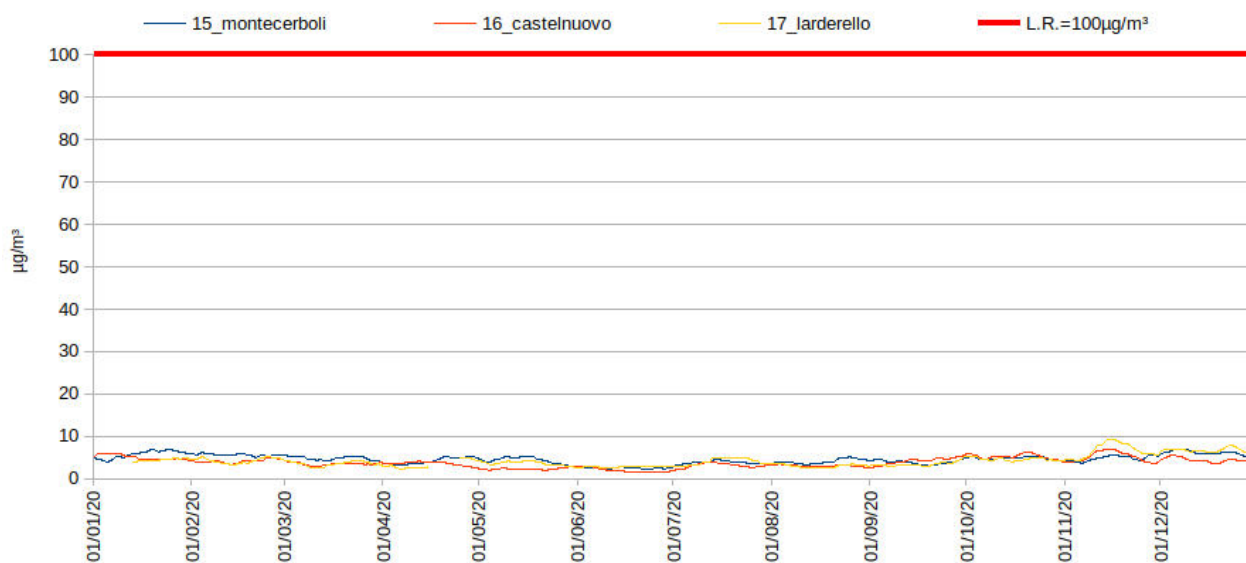


Grafico del massimo giornaliero, nel 2020, della media mobile calcolata su 14 giorni della concentrazione in aria di idrogeno solforato in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Valore di riferimento = 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

5.5.3 Media mobile calcolata su 90 giorni

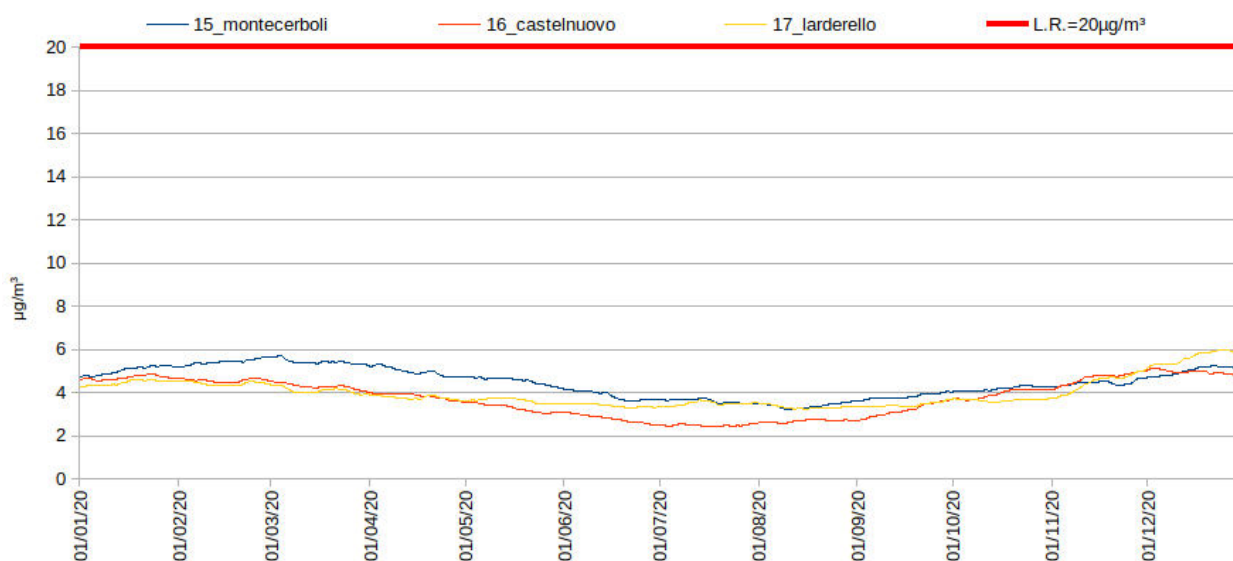
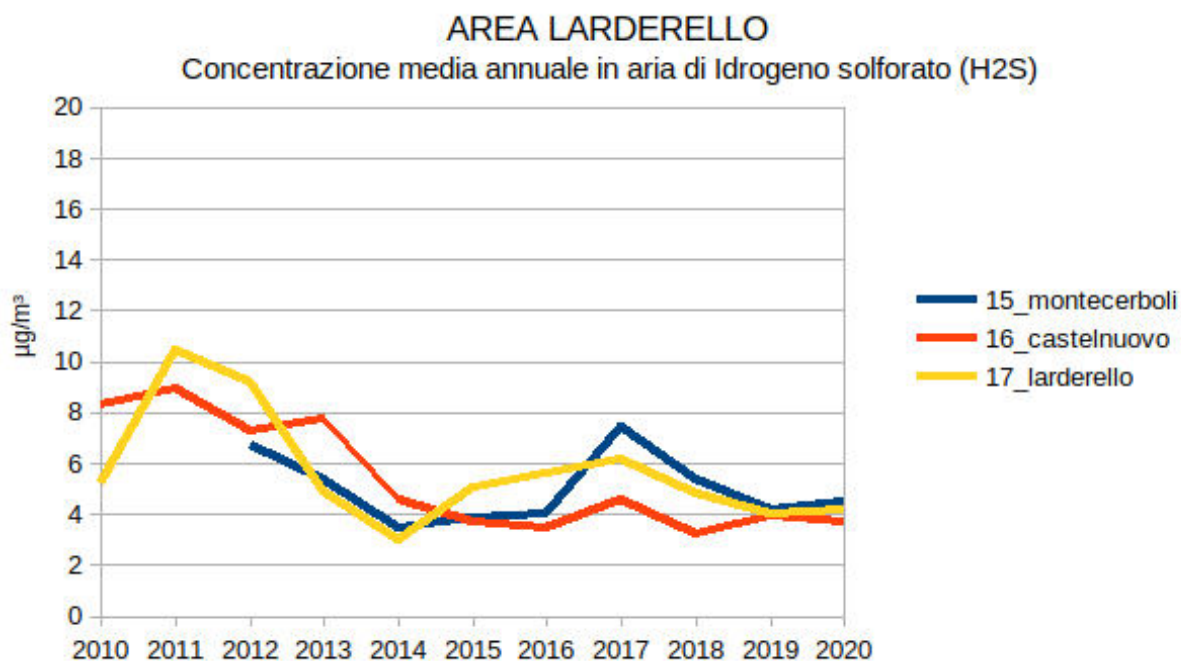


Grafico del massimo giornaliero, nel 2020, della media mobile calcolata su 90 giorni della concentrazione in aria di idrogeno solforato in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Valore di riferimento = 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

5.5.4 Media annuale

Anche nel 2020, come negli anni 2018 e 2019, i dati relativi alla concentrazione media di H_2S in aria, si allineano sostanzialmente con i valori registrati negli anni 2014-2016.



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.

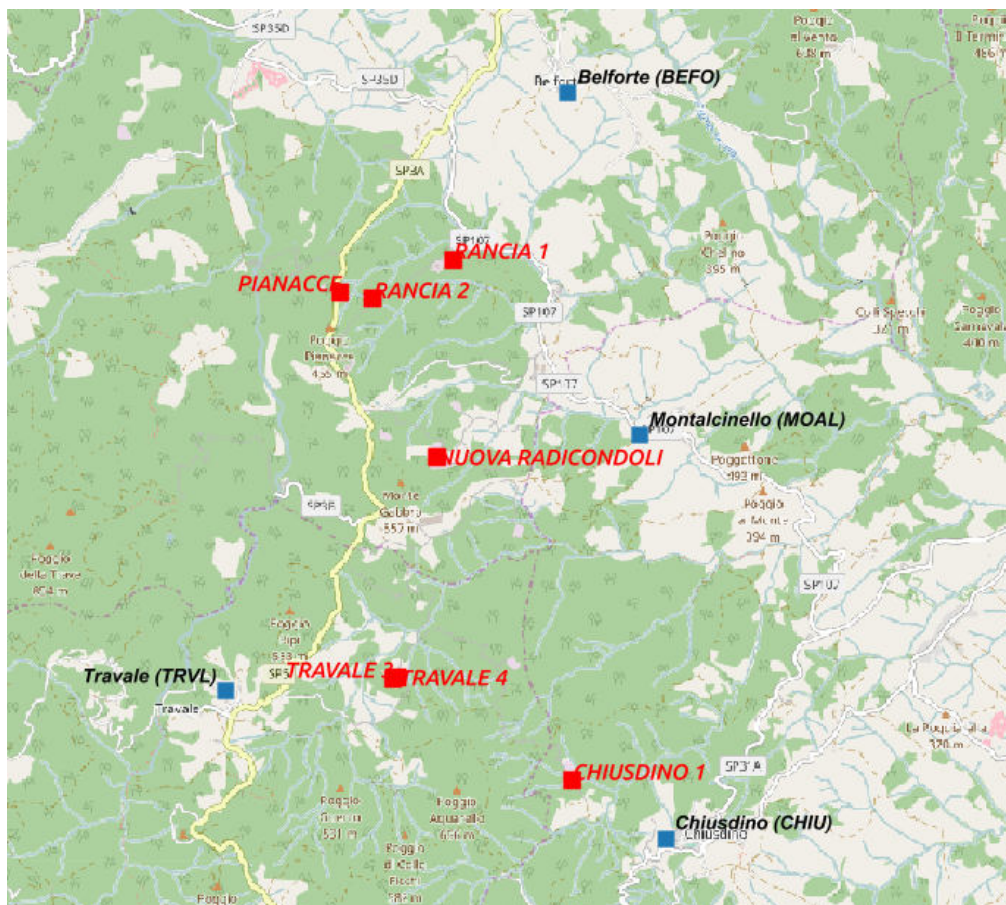


Fig.6: ubicazione delle diverse CGTE dell'area, delle quattro SQA di Belforte (BEFO), Montalcinello (MOAL), Travale (TRVL) e Chiusdino (CHIU).

Anche nel 2020 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.

5.6.1 Media mobile calcolata su 24 ore

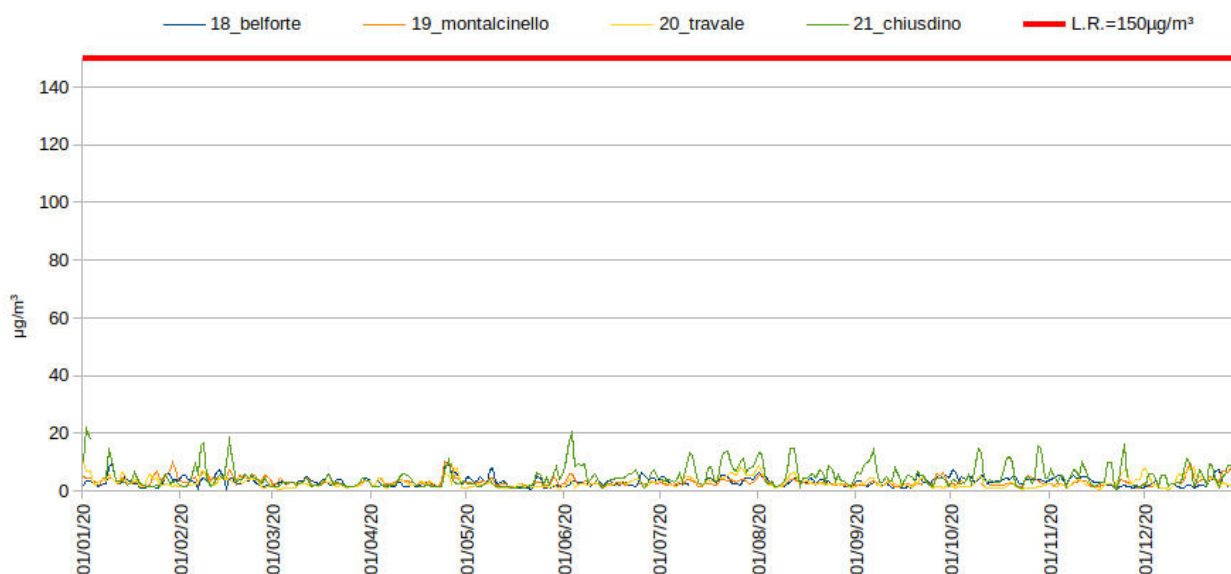


Grafico del massimo giornaliero, nel 2020, della media mobile calcolata su 24 ore della concentrazione in aria di idrogeno solforato in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Valore di riferimento = 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

5.6.2 Media mobile calcolata su 14 giorni

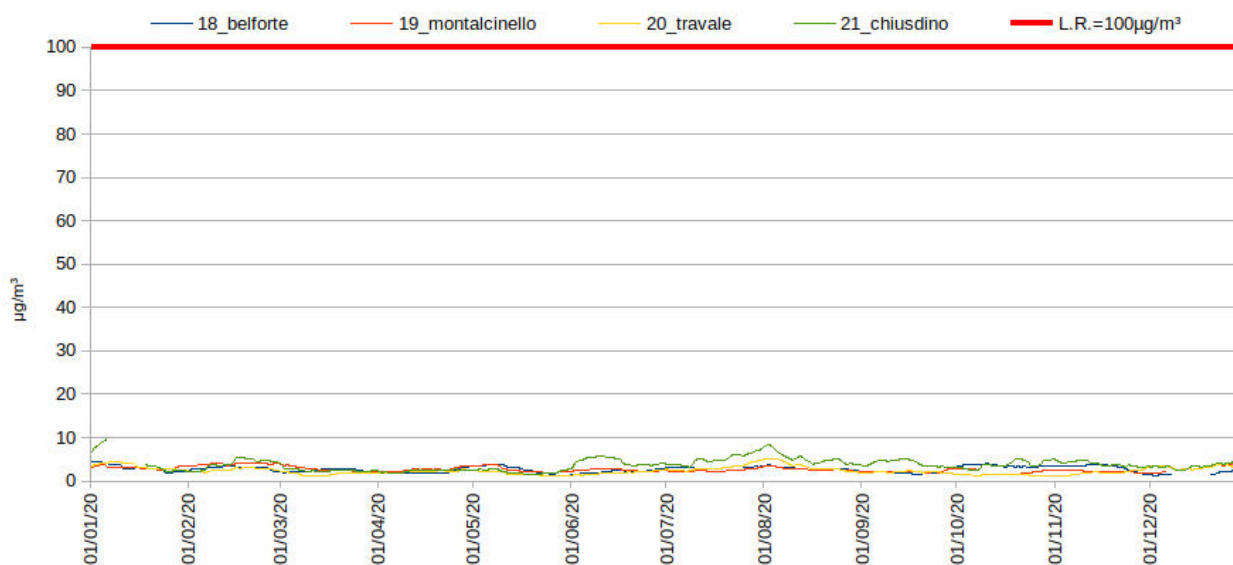


Grafico del massimo giornaliero, nel 2020, della media mobile calcolata su 14 giorni della concentrazione in aria di idrogeno solforato in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Valore di riferimento = 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

5.6.3 Media mobile calcolata su 90 giorni

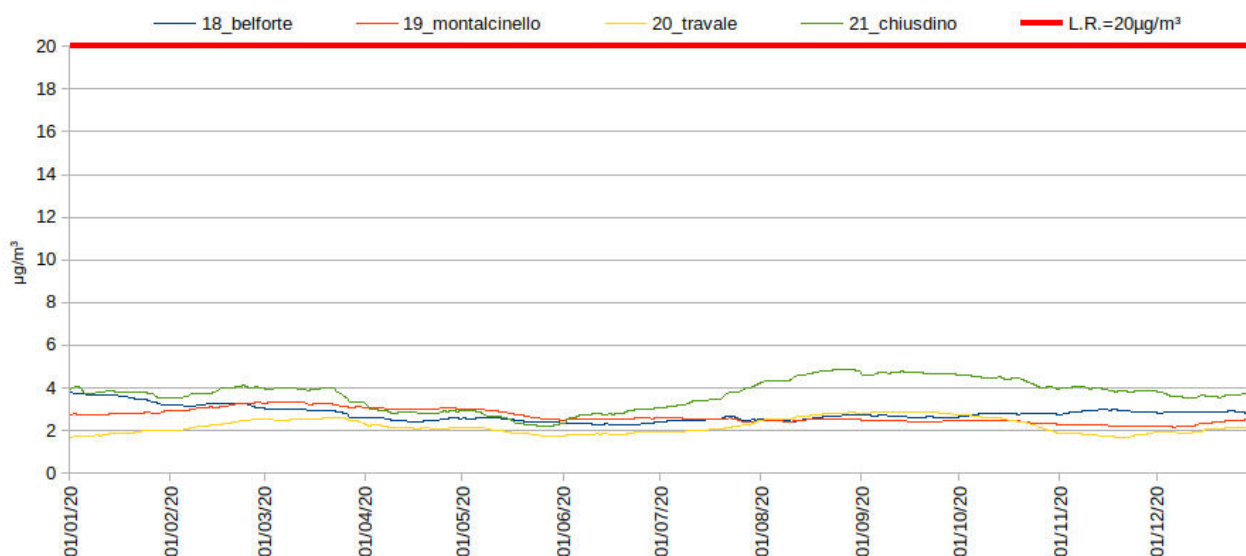
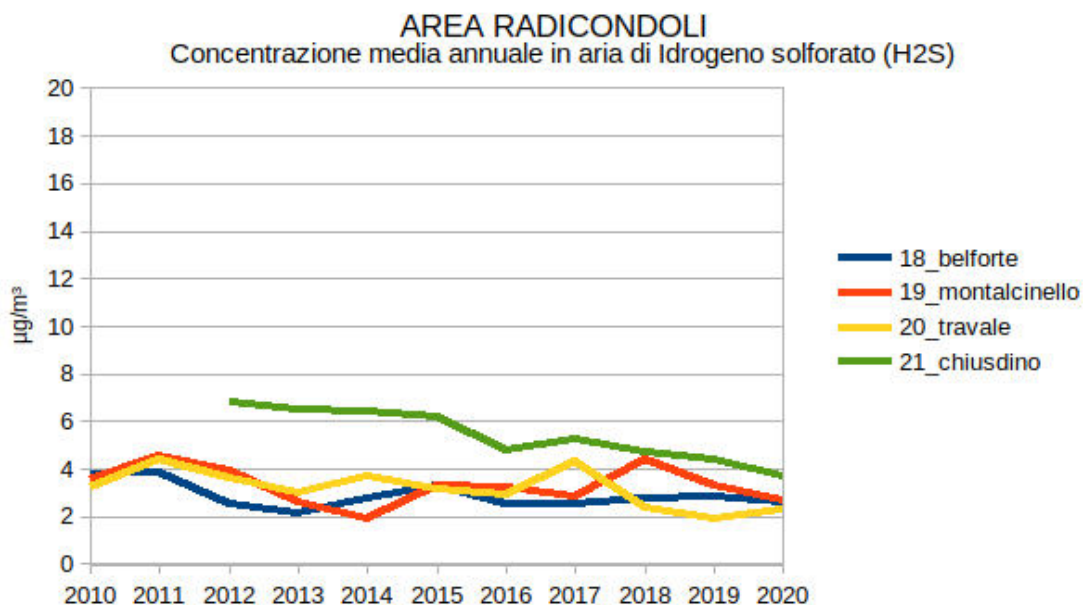


Grafico del massimo giornaliero, nel 2020, della media mobile calcolata su 90 giorni della concentrazione in aria di idrogeno solforato in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Valore di riferimento = $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

5.6.4 Media annuale

Il grafico della media annuale, registrata negli ultimi 11 anni, relativa alla concentrazione di H_2S in aria non mostra sostanziali variazioni, salvo una leggera tendenza a decrescere.



PARTE TERZA

6 MEZZI ARPAT E CONFRONTO CON DATI ENEL

Come anticipato nei paragrafi precedenti, 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 tra dati ENEL Green Power ARPAT 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 mezzi mobili ARPAT GEO1 e GEO2: il primo, GEO1, dopo un primo monitoraggio ad Abbadia San Salvatore (SI), svolto a cavallo del 2018-2019, è stato nuovamente confermato ad Abbadia S.S. per un monitoraggio di lungo periodo (da settembre 2019 fino a novembre 2020).

Il mezzo GEO2 invece è stato affiancato, da febbraio, alla postazione ENEL Green Power di Belforte, nel Comune di Radicondoli (SI); successivamente a quella di Canneto, nel Comune di Monteverdi Marittimo (PI).

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 | 01/01/2020 | 31/12/2020 | - |
| Amiata SI | Abbadia S.S. (SI) | Via Udine, ex Scuole elementari | 14/09/2019 ³ | 02/11/2020 | GEO1 |
| Amiata GR | Castel del P.no (GR) | Piazzale c/o Disco Kronos | 06/11/2020 | - | GEO1 |
| Amiata SI | Piancastagnaio (SI) | Piancastagnaio c/o SQA ENEL Green Power PICA | 08/10/2019 | 05/02/2020 | GEO2 |
| Amiata SI | Radicondoli (SI) | Postazione fissa ENELGP di Belforte | 25/06/2020 | 25/11/2020 | GEO2 |
| Lago (PI) | Monteverdi Mmo (PI) | Postazione fissa ENELGP di Canneto | 26/11/2020 | 31/03/2021 | GEO2 |

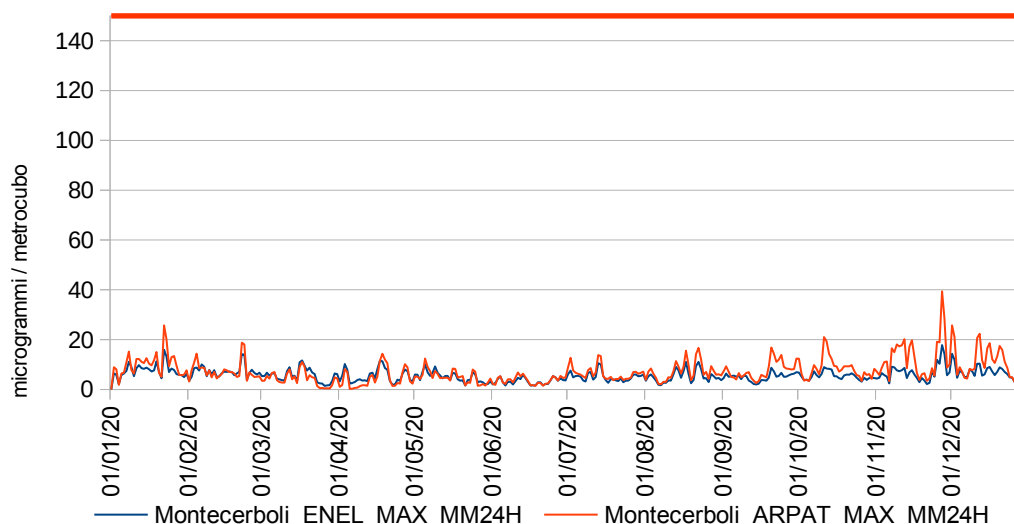
In considerazione della finalità primaria di controllo dei dati ENEL attraverso monitoraggi di breve durata, di seguito si riportano soltanto i grafici relativi al confronto del massimo giornaliero delle medie mobili calcolate su un arco di 24 ore, omettendo per semplicità le medie mobili calcolate su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

6.1 Stazione fissa QA 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, 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 all'indirizzo http://www.arp.at.toscana.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.



Montecerboli: Massimo giornaliero della media mobile su 24 ore della concentrazione di H_2S ($\mu g/m^3$)

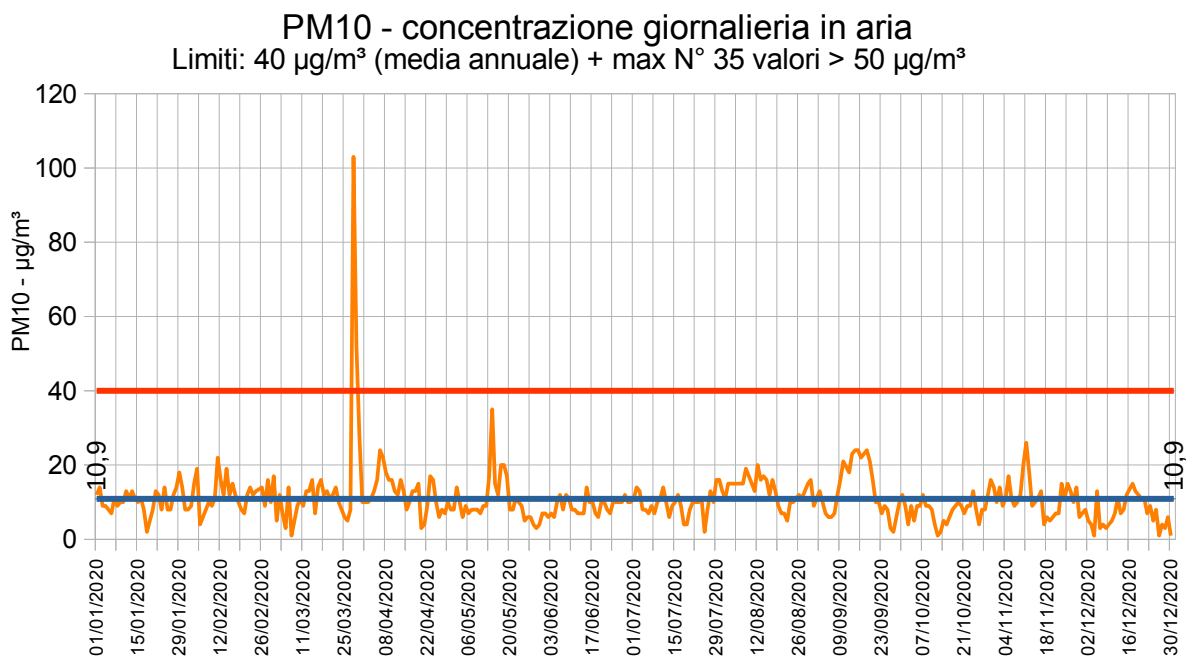
Si può osservare un buon accordo degli andamenti dei grafici elaborati dalle due serie di dati e come siano stati registrati valori certamente inferiori ai riferimenti per la tutela sanitaria individuati nelle Linee Guida del WHO.

Di seguito si riporta una tabella riepilogativa dei valori orari della concentrazione di idrogeno solforato (H_2S) 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_2S | 01/01/20 | 01/01/20 | |
| data fine monitoraggio | 31/12/20 | 31/12/20 | |
| giorni monitoraggio | 366 | 366 | |
| ore | 8784 | 8784 | |
| ore valide | 8417 | 8632 | |
| numero superamenti WHO-OMS | 0 | 0 | |
| media del periodo [$\mu g/m^3$] | 5,5 | 4,5 | |
| max media mobile su 24h [$\mu g/m^3$] | 39,4 | 17,77 | Lim=150 $\mu g/m^3$ |
| max concentrazione media giornaliera [$\mu g/m^3$] | 29,4 | 13,9 | |
| numero giorni con concentrazione media >7 | 97,0 | 47,0 | |
| n° ore con concentrazione >7 | 1951 | 1579 | |
| massima oraria del periodo [$\mu g/m^3$] | 131,8566304 | 63,5 | |

Tabella di riepilogo delle concentrazioni orarie di Idrogeno solforato (H_2S) rilevate dalle due postazioni ARPAT ed ENEL

A titolo informativo, si riporta il sottostante grafico giornaliero delle concentrazioni di PM_{10} in aria rilevate dalla stazione di monitoraggio ARPAT a Montecerboli, dove con linea blu orizzontale è stato indicato il valore medio dei dati registrati ($10,9 \mu g/m^3$) e da cui si deduce immediatamente il rispetto dei limiti normativi vigenti:



6.2 Mezzo ARPAT GEO 1

6.2.1 Monitoraggio in località Abbadia San Salvatore (SI). Periodo 01/01-31/12/2020

La scelta dell'ubicazione del mezzo mobile ad Abbadia San Salvatore, in Via Udine, presso le ex Scuole elementari, è stata fatta per coprire un'area non servita dalla rete di monitoraggio della qualità dell'aria di ENEL Green Power.

Risultati provvisori del monitoraggio sono già stati trasmessi da ARPAT con nota prot. 16752 del 01/03/2019 a Regione Toscana, Comune di Abbadia S. Salvatore, ARS e Azienda USL 7 di Siena.

Nel 2019 si sarebbe dovuto completare il monitoraggio avviato nel 2018, per ottenere un campione significativo di dati per l'intera annualità. Purtroppo si è dovuta interrompere l'attività per effettuare interventi di adeguamento del mezzo mobile, ritenuti non più rinviabili.

In conseguenza di ciò, nel settembre 2019 il monitoraggio è stato nuovamente avviato ed è stato protratto fino a novembre 2020, per ottenere un nuovo campione di dati rappresentativi di una intera annualità, analizzato nella sua interezza.

Ciò premesso, di seguito vengono semplicemente presentati, in modo sintetico attraverso alcuni grafici, i dati raccolti nei due periodi gennaio 2020-dicembre 2020.

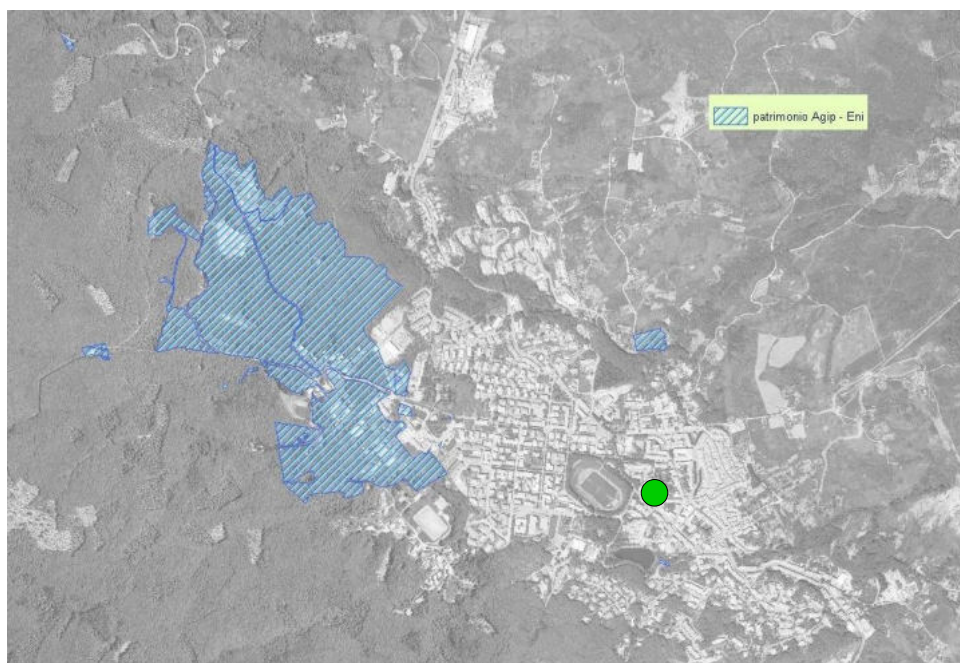
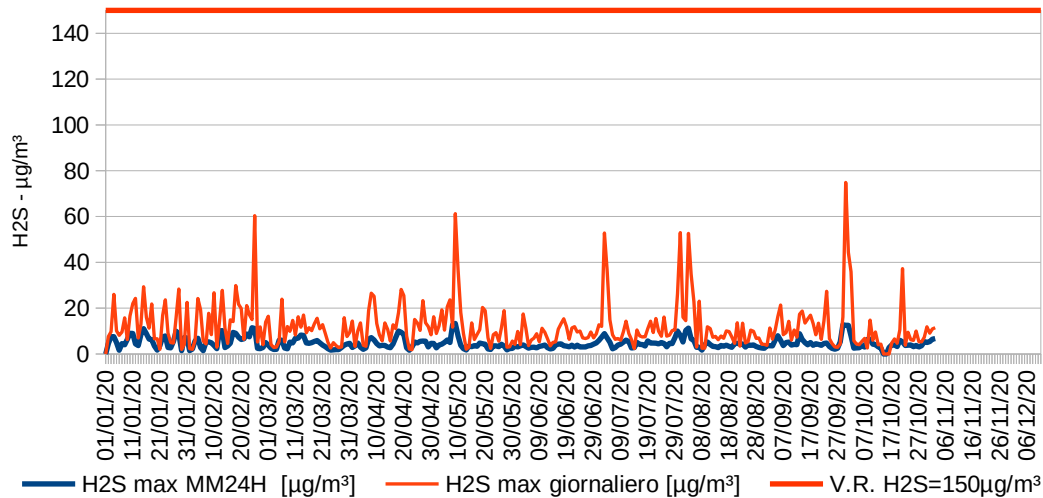
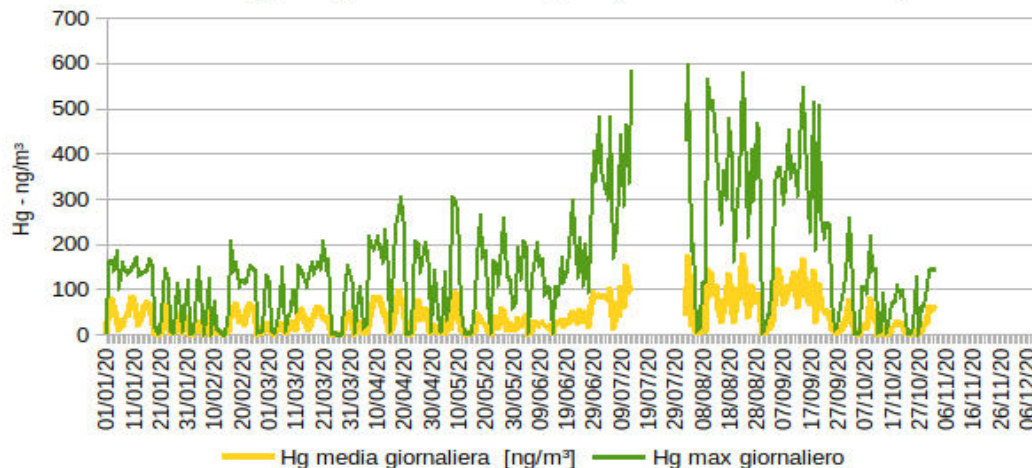


Fig. 2: Ubicazione del mezzo mobile ARPAT GEO1 (punto verde) e aree minerarie (celeste)

ARPAT GEO1 - Abbadia San Salvatore (SI)
Monitoraggio H₂S - Limite=150 µg/m³ (media mobile su 24ore)



ARPAT GEO1 - Abbadia San Salvatore (SI)
Monitoraggio Hg - Limite=200 ng/m³ (come media annuale)



Esaminando i due grafici soprastanti si può immediatamente constatare che i valori sanitari indicati dalla Regione Toscana per l'H₂S risultano soddisfatti, come pur quelli per il Hg. Tuttavia i valori per quest'ultimo parametro, nonostante l'assenza dei dati nel mese di Luglio non disponibili per motivi tecnici, evidenziano un incremento durante la stagione estiva, legato presumibilmente alla volatilizzazione del mercurio dal suolo in aria a causa dell'aumento della temperatura ambientale.

6.3 Mezzo ARPAT GEO 2

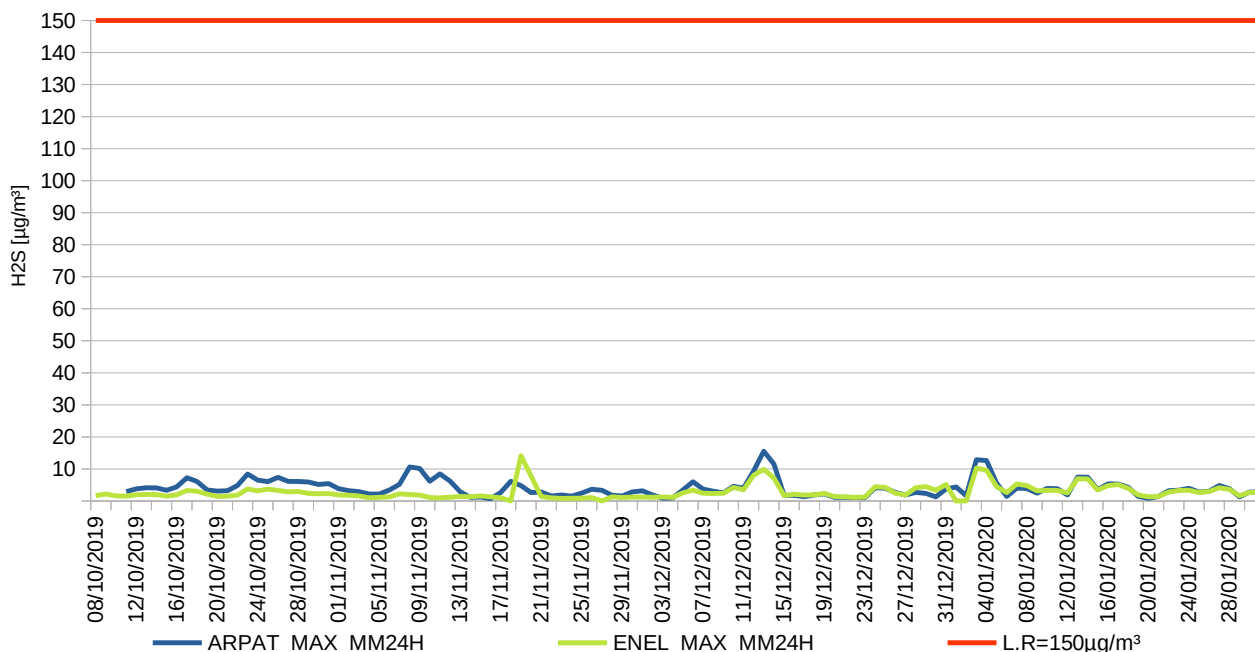
Nel 2020 il mezzo GEO2 ha effettuato per il Settore Geotermia i seguenti monitoraggi:

| AREA | COMUNE | POSTAZIONE | INIZIO | FINE | MEZZO |
|-----------|---------------------|--|------------|------------|-------|
| Amiata SI | Piancastagnaio (SI) | Piancastagnaio c/o SQA ENEL Green Power PICA | 08/10/2019 | 05/02/2020 | GEO2 |
| Amiata SI | Radicondoli (SI) | Postazione fissa ENELGP di Belforte | 25/06/2020 | 25/11/2020 | GEO2 |
| Lago (PI) | Monteverdi Mmo (PI) | Postazione fissa ENELGP di Canneto | 26/11/2020 | 31/03/2021 | GEO2 |

I dati rilevati dal mezzo ARPAT, durante questi monitoraggi, sono stati messi a confronto con quelli registrati dalle corrispondenti stazioni di qualità dell'aria ENEL Green Power.

6.3.1 Monitoraggio in loc. Piancastagnaio presso la stazione QA ENEL denominata PICA. Periodo dal 08/10/2019 al 05/02/2020

Sebbene lo stazionamento del mezzo abbia riguardato il periodo dal 08/10/2019 al 05/02/2020, i dati utili si fermano al 31/01/2020 per problemi tecnici di registrazione.

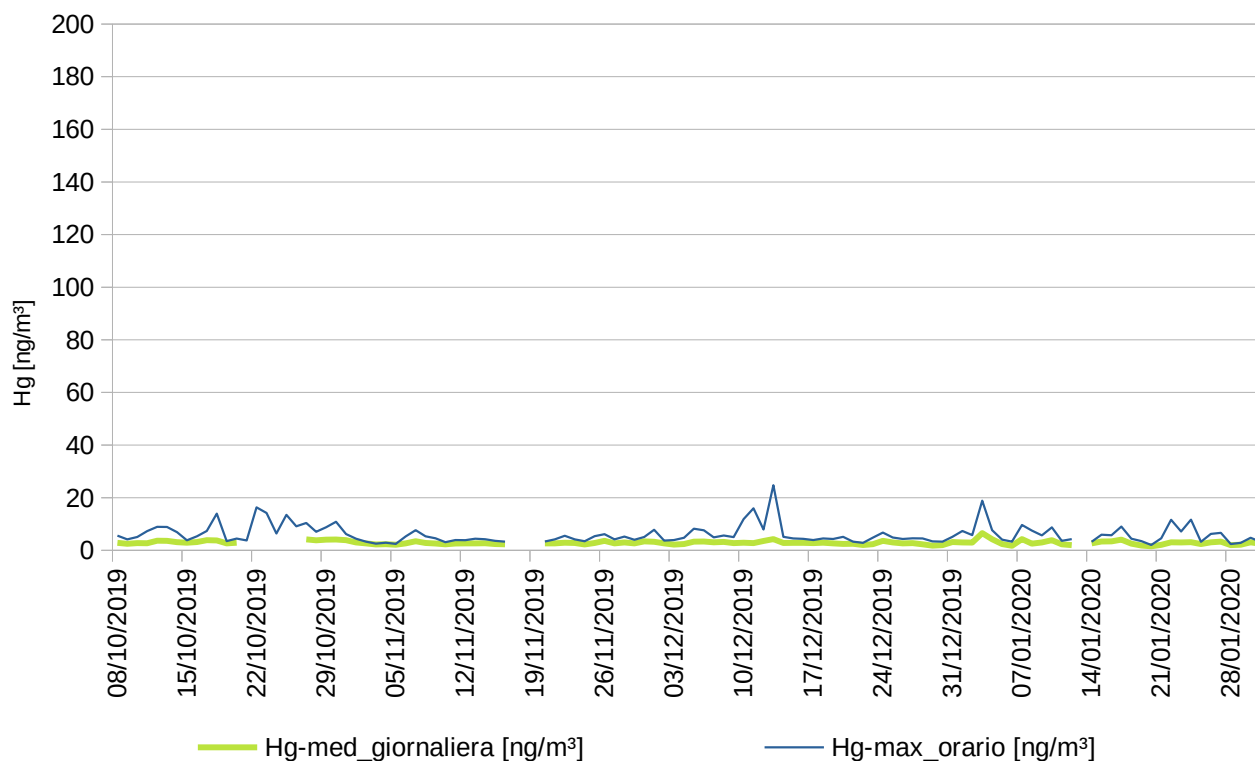


Piancastagnaio, c/o SQA ENEL PICA. Massimo giornaliero della media mobile su 24 ore di H₂S in aria [µg/m³]

Dal grafico è possibile osservare la buona somiglianza tra dati registrati dal mezzo ARPAT e la stazione di monitoraggio della qualità dell'aria di ENEL Green Power "PICA". La tabella sottostante riporta una sintesi dei dati rilevati durante il monitoraggio:

| Piancastagnaio (SI) | ARPAT Geo2 | ENEL 9 (PICA) | Note |
|---|---------------|------------------|---------------------------|
| data inizio monitoraggio | 08/10/19 | 08/10/19 | |
| data fine monitoraggio | 31/01/20 | 31/01/20 | |
| giorni monitoraggio | 115 | 115 | |
| ore | 2783 | 2783 | |
| ore valide | 2666 | 2728 | |
| numero superamenti WHO-OMS | 0 | 0 | |
| media del periodo [µg/m ³] | 3,0 | 2,3 | |
| max media mobile su 24h [µg/m ³] | 15,5 | 14,1 | Lim=150 µg/m ³ |
| max concentrazione media giornaliera [µg/m ³] | 12,8 | 13,0 | |
| numero giorni con concentrazione media >7 | 2 | 3 | |
| n° ore con concentrazione >7 | 217 | 114 | |
| massima oraria del periodo [µg/m ³] | 96,3 | 38,1 | |

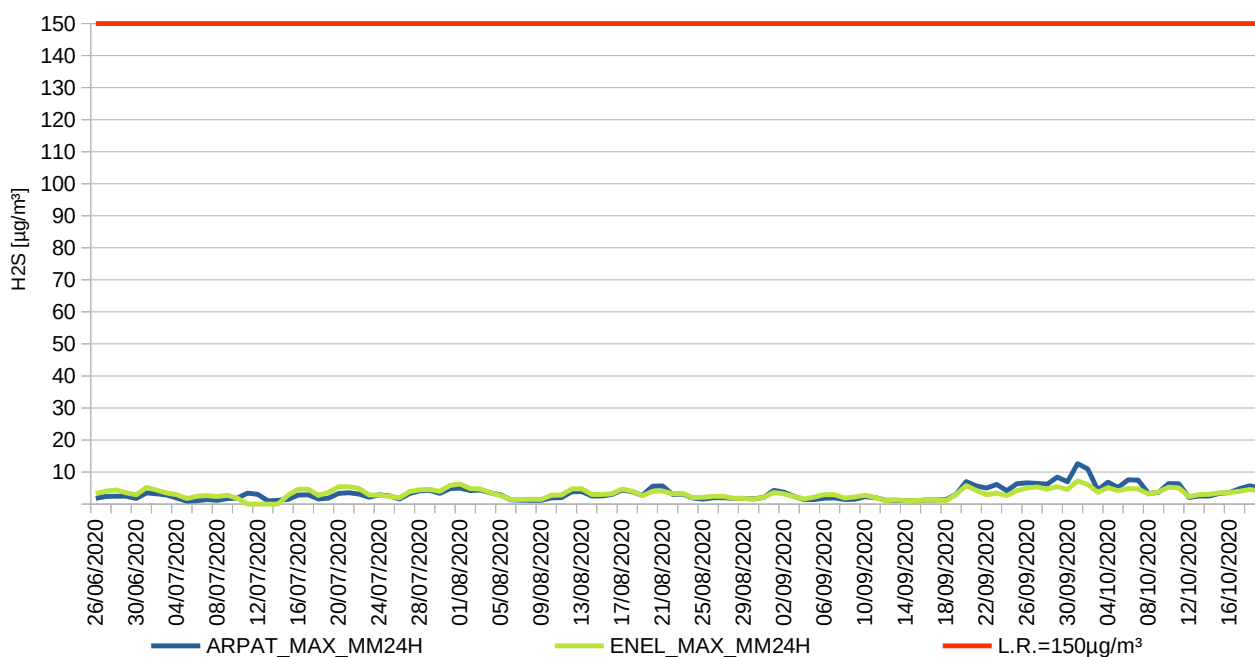
Il mezzo GEO2 è attrezzato anche per la misura della concentrazione di mercurio gassoso in aria. Il grafico relativo ai dati "massimo giornaliero della media oraria" (Hg_max_orario) e "media giornaliera" (Hg_med_giornaliera) rilevati durante la campagna è il seguente:



ARPAT GEO2 - Piancastagnaio, c/o SQA ENEL PICA. Monitoraggio Hg - Limite=200 ng/m³ (come media annuale)

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 alla media annuale.

6.3.2 Monitoraggio in loc. Belforte, Radicondoli (SI), presso la stazione QA ENEL omonima. Periodo dal 25/06/2020 al 25/11/2020



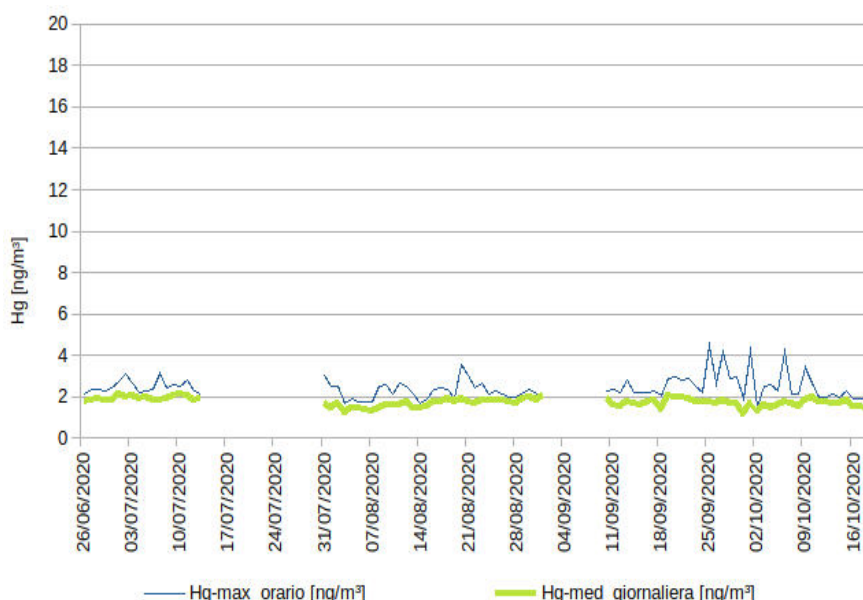
Belforte, c/o SQA ENEL. Massimo giornaliero della media mobile su 24 ore di H2S in aria [µg/m³]

Dal grafico è possibile osservare l'ottima sovrapposibilità tra dati registrati dal mezzo ARPAT e la stazione di monitoraggio della qualità dell'aria di ENEL Green Power "BEFO".

La tabella sottostante riporta una sintesi dei dati rilevati durante il monitoraggio:

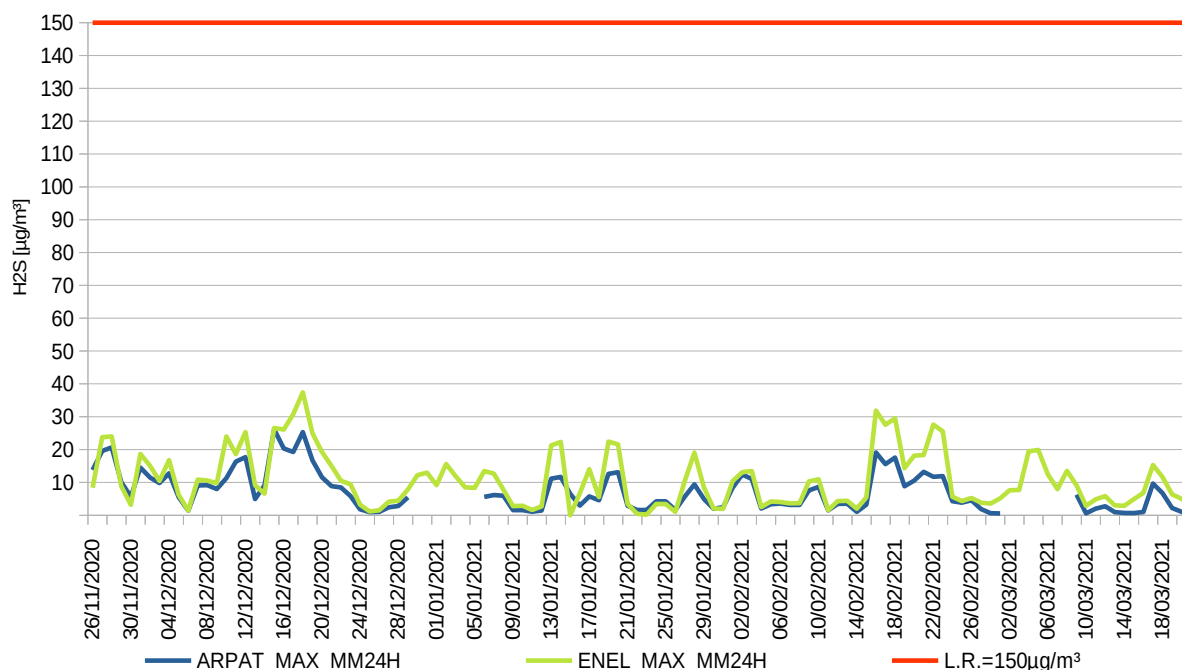
| Belforte, Radicondoli (SI) | ARPAT Geo2 | ENEL 18 (BEFO) | Note |
|---|---------------|-------------------|----------------------------------|
| data inizio monitoraggio | 26/06/20 | 26/06/20 | |
| data fine monitoraggio | 24/11/20 | 24/11/20 | |
| giorni monitoraggio | 151 | 151 | |
| ore | 3647 | 3647 | |
| ore valide | 2791 | 2775 | |
| numero superamenti WHO-OMS | 0 | 0 | |
| media del periodo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] | 2,7 | 2,9 | |
| max media mobile su 24h [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] | 12,6 | 7,2 | Lim=150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |
| max concentrazione media giornaliera [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] | 11,1 | 6,3 | |
| numero giorni con concentrazione media >7 | 4 | 0 | |
| n°ore con concentrazione >7 | 210 | 156 | |
| massima oraria del periodo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] | 50,3 | 26,4 | |

Il mezzo GEO2 è attrezzato anche per la misura della concentrazione di mercurio gassoso in aria. Il grafico relativo ai dati "massimo giornaliero della media oraria" (Hg_max_orario) e "media giornaliera" (Hg_med_giornaliera) rilevati durante la campagna è il seguente:



Come è possibile osservare, tutti i valori orari rilevati (nonostante le due evidenti interruzioni dovute a problemi tecnici) si mantengono ampiamente al di sotto della soglia di tutela sanitaria di 200 ng/m³, riferito però alla media annuale dei dati disponibili.

6.3.3 Monitoraggio in loc. Canneto, Monteverdi (PI), presso la Stazione QA ENEL omonima. Periodo dal 26/11/2020 al 29/03/2021



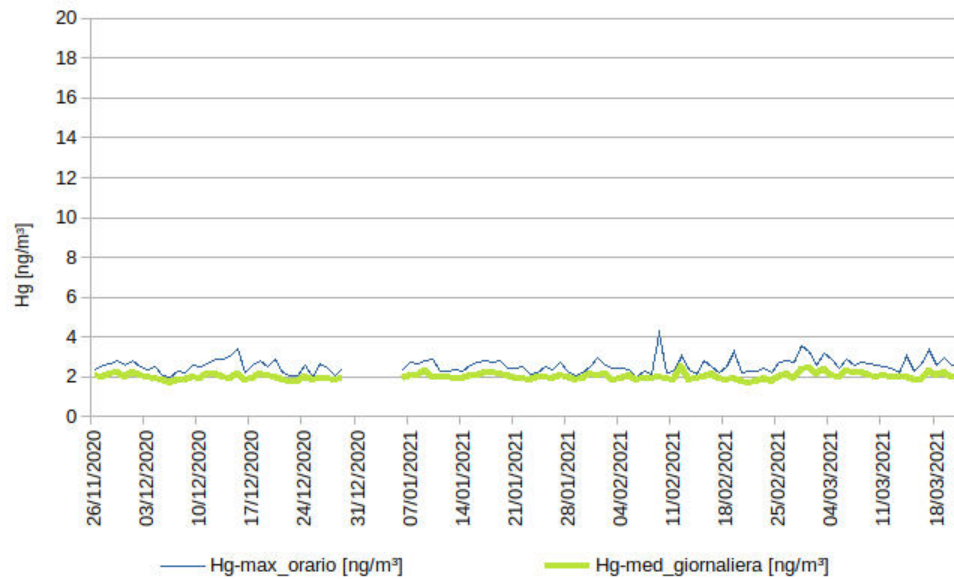
Canneto, c/o SQA ENEL. Massimo giornaliero della media mobile su 24 ore di H₂S in aria [µg/m³]

Dal grafico è possibile osservare la buona sovrapposibilità degli andamenti tra dati registrati dal mezzo ARPAT e la stazione di monitoraggio della qualità dell'aria di ENEL Green Power "CANN".

La tabella sottostante riporta una sintesi dei dati rilevati durante il monitoraggio:

| Canneto, Monteverdi (PI) | ARPAT Geo2 | ENEL 10 (CANN) | Note |
|---|---------------|-------------------|---------------------------|
| data inizio monitoraggio | 26/11/20 | 26/11/20 | |
| data fine monitoraggio | 29/03/21 | 29/03/21 | |
| giorni monitoraggio | 123 | 123 | |
| ore | 2967 | 2967 | |
| ore valide | 2446 | 2875 | |
| numero superamenti WHO-OMS | 0 | 0 | |
| media del periodo [µg/m ³] | 4,9 | 7,4 | |
| max media mobile su 24h [µg/m ³] | 26,2 | 37,4 | Lim=150 µg/m ³ |
| max concentrazione media giornaliera [µg/m ³] | 20,8 | 30,8 | |
| numero giorni con concentrazione media >7 | 30 | 50 | |
| n°ore con concentrazione >7 | 409 | 663 | |
| massima oraria del periodo [µg/m ³] | 102,4 | 123,6 | |

Il mezzo GEO2 è attrezzato anche per la misura della concentrazione di mercurio gassoso in aria. Il grafico relativo ai dati "massimo giornaliero della media oraria" (Hg_max_orario) e "media giornaliera" (Hg_med_giornaliera) rilevati durante la campagna è il seguente:



ARPAT GEO2 – Canneto, c/o SQA ENEL PICA. Monitoraggio Hg - Limite=200 ng/m³ (come media annuale)

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.

7 CONCLUSIONI

Il 2020 conferma gli effetti positivi attesi dal completamento dell'installazione degli impianti AMIS nell'area tradizionale, avvenuto nel 2015.

In relazione alla funzionalità delle stazioni di monitoraggio della concentrazione di H_2S 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 2020, come espresso nelle tabelle di sintesi dei capitoli precedenti, possano ritenersi rappresentative della qualità dell'aria nelle aree geotermiche toscane. Si rileva inoltre che non sono registrati superamenti dei valori di riferimento per la tutela sanitaria indicati dal World Health Organization sia per le medie mobili calcolate su 24 ore ($150 \mu g/m^3$), sia per intervalli temporali da 2 a 14 giorni ($100 \mu g/m^3$) e sia per intervalli temporali di 15-90 giorni ($20 \mu g/m^3$).

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. E' opportuno tuttavia segnalare l'anomalia specifica di Abbadia San Salvatore, dove si sono riscontrati valori di picco, non riconducibili alle emissioni delle centrali geotermoelettriche, anche di due ordini di grandezza superiori a quelli normalmente riscontrati nel resto delle aree geotermiche toscane. Occorre tenere presente che il valore di riferimento di cautela sanitaria pari a $200 ng/m^3$ è inteso su base annua.

L'analisi dei dati presentati permette, inoltre, di verificare come, grazie all'ammodernamento degli impianti, all'introduzione di tecnologie sempre più avanzate per il trattamento delle emissioni dalle centrali geotermoelettriche e il miglioramento delle tecniche gestionali, negli ultimi anni nell'area dell'Amiata grossetana sia stata triplicata la produzione di energia elettrica prodotta dalle CGTE senza modificare in modo sostanziale l'impatto sull'ambiente; nell'area dell'Amiata senese, nel 2020, è stata registrata una riduzione degli impatti ambientali sulla matrice aria.



ARPAT

Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana
www.arpat.toscana.it