



**Monitoraggio delle aree geotermiche  
toscano: concentrazioni di Idrogeno  
Solforato e mercurio nelle aree  
geotermiche toscane.**

**Validazione dati ENEL e  
monitoraggi ARPAT  
anno 2016**

Area Vasta Sud, 21.08.2017

**REPORT**

**Sistemi  
produttivi** 



Monitoraggio delle aree geotermiche toscane:

Concentrazioni di Idrogeno Solforato e mercurio nelle aree geotermiche toscane.  
Validazione dati ENEL e monitoraggi ARPAT - Report anno 2016

A cura di:

Dott. Alessandro Bagnoli – ARPAT - Dipartimento Piombino Elba

Responsabile della Struttura

Dott. Ivano Gartner

Collaboratori:

Dott.ssa Simonetta Castellani – ARPAT – Settore Geotermia

Dott. Simone Magi – ARPAT – Settore Geotermia

Dott. Luca Sbrilli – ARPAT – Settore Geotermia

Dott. Pellegrini Riccardo – ARPAT – Settore Geotermia

© ARPAT 2017

## Indice

<b>PRESENTAZIONE</b>	<b>3</b>
<b>1 Sintesi dei risultati ENEL</b>	<b>4</b>
<b>2 Introduzione e finalità del monitoraggio</b>	<b>9</b>
<b>3 Indicatori</b>	<b>10</b>
3.1 Idrogeno solforato	10
3.1.1 - Valori di riferimento per la tutela sanitaria	10
3.2 Vapori di Mercurio	11
3.2.1 - Valori di riferimento per la tutela sanitaria	11
<b>4 Stazioni di rilevamento ENEL per l'H<sub>2</sub>S</b>	<b>12</b>
4.1 Stazioni Q.A. di Arcidosso, Santa Fiora, Bagnore e Merigar	12
4.1.1 - Media mobile calcolata su 24 ore	13
4.1.2 - Media mobile calcolata su 14 giorni	13
4.1.3 - Media mobile calcolata su 90 giorni	14
4.1.4 - Media annuale (2010-2016)	14
4.2 Stazioni Q.A. di Piancastagnaio e Piancastagnaio 2	15
4.2.1 - Media mobile calcolata su 24 ore	16
4.2.2 - Media mobile calcolata su 14 giorni	16
4.2.3 - Media mobile calcolata su 90 giorni	17
4.2.4 - Media annuale (2010-2016)	17
4.3 Stazioni Q.A. di Canneto, Lustignano, Serrazzano	18
4.3.1 - Media mobile calcolata su 24 ore	19
4.3.2 - Media mobile calcolata su 14 giorni	19
4.3.3 - Media mobile calcolata su 90 giorni	20
4.3.4 - Media annuale (2010-2016)	20
4.4 Stazioni Q.A. di Sasso Pisano e Monterotondo Marittimo	21
4.4.1 - Media mobile calcolata su 24 ore	22
4.4.2 - Media mobile calcolata su 14 giorni	22
4.4.3 - Media mobile calcolata su 90 giorni	23
4.4.4 - Media annuale (2010-2016)	23
4.5 Stazioni Q.A. di Larderello, Castelnuovo e Montecerboli	24
4.5.1 - Media mobile calcolata su 24 ore	25
4.5.2 - Media mobile calcolata su 14 giorni	25
4.5.3 - Media mobile calcolata su 90 giorni	26
4.5.4 - Media annuale (2010-2016)	26
4.6 Stazioni Q.A. di Belforte, Travale, Montalcinello e Chiodino	27
4.6.1 - Media mobile calcolata su 24 ore	28
4.6.2 - Media mobile calcolata su 14 giorni	28
4.6.3 - Media mobile calcolata su 90 giorni	29
4.6.4 - Media annuale (2010-2016)	29
<b>5 MEZZI ARPAT e confronto con dati ENEL</b>	<b>30</b>
5.1 Stazione fissa ARPAT di Pomarance (PI), Loc. Montecerboli	30
5.2 Mezzo ARPAT GEO 1	34
5.2.1 - Monitoraggio 2016 in località Bagnoli, Arcidosso (GR)	34
5.3 Mezzo ARPAT GEO 2	36
5.3.1 - Monitoraggio in località Piancastagnaio (SI). Periodo 11/05 al 4/8/2016	37
5.3.2 - Monitoraggio a Pomarance (PI) Loc. Montecerboli (PI). 2/11/2016-24/01/2017	38
<b>6 CONCLUSIONI</b>	<b>41</b>

## **PRESENTAZIONE**

La Toscana, nelle zone delle Colline Metallifere e del Monte Amiata, presenta particolari anomalie geotermiche, con caratteristiche tali da renderne particolarmente conveniente lo sfruttamento. Ad oggi sono attivi 36 gruppi produttivi (centrali geotermoelettriche), gestiti da ENEL GREEN POWER, dislocati 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.

Le emissioni di origine geotermica sono caratterizzate da alte percentuali di vapor acqueo e percentuali nettamente inferiori di altri microinquinanti, tra cui l'Idrogeno Solforato (da qui in poi  $H_2S$ ), percepibile dall'olfatto umano già a concentrazioni molto basse (circa  $7\mu g/m^3$ ) e, anche per questo, adottato generalmente come tracciante di attività geotermica.

Nel corso degli anni, in occasione del rilascio dell'autorizzazione all'esercizio dell'impianto, la Regione Toscana ha prescritto alla Società 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.

Tali dati, che sono mensilmente trasmessi a Regione Toscana e ad ARPAT, sono verificati e integrati dalle indagini condotte autonomamente dalla stessa ARPAT, grazie alla centralina fissa per il controllo della qualità dell'aria di Montecerboli e soprattutto attraverso i due mezzi mobili GEO1 e GEO2.

Scopo del presente report è quello di raccogliere, analizzare e verificare la congruità dei dati ENEL GP, anche alla luce dei monitoraggi ARPAT.

## 1 SINTESI DEI RISULTATI ENEL

Nelle tabelle sottostanti è riportata una sintesi delle concentrazioni in aria di H<sub>2</sub>S elaborate attraverso i dati registrati nel 2016 dalle centraline di monitoraggio qualità aria di ENEL, espressi come valori massimi (mensili e annuali) delle medie mobili della concentrazione di H<sub>2</sub>S (in µg/m<sup>3</sup>), 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).

In tutte le seguenti tabelle, il valore massimo mensile riscontrato nel 2016 è stato evidenziato in grassetto e i dati presentati sono messi a confronto con il massimo registrato durante l'intero anno 2015.

L'esame della sottostante tabella 1 permette di dedurre direttamente l'assenza di superamenti del limite fissato per la media mobile calcolata sul periodo di riferimento di 24 ore, pari a 150 µg/m<sup>3</sup>, e, cautelativamente, anche per il caso di media mobile calcolata sul periodo di riferimento di 2-14 giorni, con limite pari a 100 µg/m<sup>3</sup>.

tab.1: Media mobile H<sub>2</sub>S in aria, calcolata su 24 h (LR=150 µg/m<sup>3</sup>). Max mensili (2016) e annuali (2015, 2016)

Massimo mensile della media mobile su 24 ore Mese/Stazione		2016-01	2016-02	2016-03	2016-04	2016-05	2016-06	2016-07	2016-08	2016-09	2016-10	2016-11	2016-12	MAX 2015	MAX 2016
Canneto	CANN	18,27	<b>41,20</b>	22,34	22,39	28,89	10,13	5,59	6,21	8,81	8,56	36,88	34,25	66,33	41,20
Lustignano	LUST	12,97	9,30	11,13	11,63	9,31	12,97	16,03	10,82	15,06	16,25	<b>25,43</b>	15,62	35,45	25,43
Serrazzano	SEZA	<b>14,24</b>	8,24	5,83	5,48	4,99	4,71	5,80	7,97	7,19	8,90	14,03	10,55	17,90	14,24
Sasso_Pisano	SAPI	7,51	16,59	4,74	9,50	1,47	10,31	10,90	9,11	8,45	7,42	16,14	<b>18,32</b>	21,01	18,32
Monterotondo	MORO	13,19	12,10	12,20	12,10	13,23	12,58	11,96	9,88	10,34	13,01	18,73	<b>29,34</b>	19,70	29,34
Montecerboli	MONT	9,37	5,53	5,89	6,12	6,48	8,05	9,20	5,16	6,51	14,62	18,19	<b>30,19</b>	21,33	30,19
Castelnuovo VdC	CANU	11,43	9,36	6,06	9,85	6,84	5,08	8,35	4,85	6,24	5,98	8,73	<b>14,18</b>	11,36	14,18
Larderello	LARD	<b>39,03</b>	12,37	10,54	23,91	13,87	10,55	13,29	14,34	13,82	18,16	22,28	17,91	38,96	39,03
Belforte	BEFO	<b>10,39</b>	4,88	5,23	7,67	4,19	6,21	6,22	7,37	5,96	6,75	4,59	7,40	13,96	10,39
Montalcinello	MOAL	5,66	5,56	4,67	6,95	3,77	3,53	6,70	6,69	9,99	9,17	8,80	<b>10,77</b>	21,54	10,77
Travale	TRVL	11,08	3,91	5,33	8,42	5,08	3,43	15,46	8,76	6,66	9,59	9,26	<b>20,16</b>	12,65	20,16
Chiusdino	CHIU	11,78	8,61	14,92	17,68	9,18	17,45	19,00	22,80	22,20	17,18	27,66	<b>35,76</b>	56,15	35,76
Arcidosso	ARCI	7,69	<b>9,17</b>	7,37	3,72	4,98	4,38	5,96	3,46	5,31	3,08	2,49	5,14	14,20	9,17
Santa_Fiora	SAFI	10,97	<b>11,01</b>	4,53	4,15	3,04	3,12	4,17	2,88	2,48	4,21	4,74	4,42	8,34	11,01
Bagnore	BAGN	<b>13,03</b>	8,66	4,63	6,15	5,59	3,92	5,87	3,63	3,43	4,24	5,05	5,20	6,71	13,03
Merigar	MERI	6,56	3,79	<b>27,09</b>	5,33	5,72	3,41	3,89	9,47	16,99	4,87	4,17	9,87	12,52	27,09
Piancastagnaio	PICA	<b>22,62</b>	13,83	19,46	9,21	11,28	5,36	4,55	8,19	6,57	21,41	15,51	13,41	34,63	22,62
Piancastagnaio2	PICA2	4,39	2,41	2,38	2,57	4,23	3,54	<b>4,96</b>	2,60	0,95	1,73	3,06	4,12	6,25	4,96

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/m<sup>3</sup> e, cautelativamente, anche per la media mobile calcolata sul periodo di riferimento fino a 90 giorni, con limite pari a 20 µg/m<sup>3</sup>:

tab.2: Media mobile H<sub>2</sub>S in aria, calcolata su 14 D (LR= 100 µg/m<sup>3</sup>). Max mensili (2016) e annuali (2015, 2016)

Massimo mensile della media mobile su 14 giorni Mese/Stazione		2016-01	2016-02	2016-03	2016-04	2016-05	2016-06	2016-07	2016-08	2016-09	2016-10	2016-11	2016-12	MAX 2015	MAX 2016
Canneto	CANN	7,68	8,85	8,63	9,95	8,18	8,14	3,64	3,05	3,85	4,10	10,11	<b>15,18</b>	20,56	15,18
Lustignano	LUST	7,48	7,06	5,96	6,24	5,22	6,51	8,15	5,38	6,68	9,19	<b>11,44</b>	9,19	19,50	11,44
Serrazzano	SEZA	5,34	5,60	2,99	2,98	2,94	3,28	3,06	3,27	3,87	3,45	5,61	<b>5,98</b>	8,57	5,98
Sasso_Pisano	SAPI	4,48	6,57	5,38	5,32	3,98	5,20	6,51	5,00	4,99	4,51	5,75	<b>8,76</b>	12,95	8,76
Monterotondo	MORO	4,98	3,57	3,96	4,51	5,40	6,46	6,67	4,76	4,07	5,01	5,24	<b>13,23</b>	10,20	13,23
Montecerboli	MONT	4,64	4,39	3,56	3,82	3,16	3,14	3,97	3,48	3,57	6,40	8,67	<b>12,11</b>	11,09	12,11
Castelnuovo VdC	CANU	5,71	5,48	3,78	3,73	3,91	3,72	3,77	3,24	3,73	3,60	3,28	<b>6,48</b>	5,24	6,48
Larderello	LARD	<b>14,47</b>	13,10	7,04	8,67	6,94	5,81	7,02	4,71	6,29	6,47	8,11	7,31	14,69	14,47
Belforte	BEFO	<b>5,29</b>	4,64	2,73	2,95	2,45	2,46	3,69	2,75	2,56	2,76	2,27	2,77	5,94	5,29
Montalcinello	MOAL	3,92	3,86	3,55	4,28	2,60	2,49	3,95	3,41	4,33	3,91	4,80	<b>7,25</b>	7,26	7,25
Travale	TRVL	4,56	4,10	3,24	4,28	1,80	2,08	4,54	4,14	3,16	3,80	3,40	<b>9,19</b>	5,09	9,19
Chiusdino	CHIU	7,73	3,75	4,48	6,46	4,65	7,76	8,99	8,43	8,60	4,78	6,08	<b>10,80</b>	15,53	10,80
Arcidosso	ARCI	3,09	<b>3,28</b>	3,14	2,64	2,99	3,15	2,82	2,00	2,31	2,33	1,30	2,33	4,31	3,28
Santa_Fiora	SAFI	3,19	3,43	3,06	2,99	2,17	2,68	3,11	2,45	1,86	2,51	2,92	<b>3,49</b>	3,20	3,49
Bagnore	BAGN	<b>5,43</b>	4,65	2,41	2,31	2,55	2,95	2,97	1,95	1,72	1,89	2,25	2,99	4,23	5,43
Merigar	MERI	3,02	3,05	<b>5,55</b>	2,71	3,03	1,55	1,93	2,26	2,76	3,24	2,25	5,00	4,10	5,55
Piancastagnaio	PICA	<b>9,30</b>	9,25	6,09	4,79	2,76	3,75	1,78	3,68	3,88	4,57	7,37	7,80	14,46	9,30
Piancastagnaio2	PICA2	3,27	2,79	1,78	2,14	2,35	2,43	<b>3,28</b>	0,82	0,82	1,38	1,92	2,25	4,07	3,28

Nella seguente tabella 3 è infine riportato il valore massimo mensile della media mobile della concentrazione in aria di H<sub>2</sub>S mediata su un intervallo di 90 giorni:

tab.3: Media mobile H<sub>2</sub>S in aria, calcolata su 90 D (LR=20 µg/m<sup>3</sup>). Max mensili (2016) e annuali (2015, 2016)

Massimo mensile della media mobile su 90 giorni Mese/Stazione		2016-01	2016-02	2016-03	2016-04	2016-05	2016-06	2016-07	2016-08	2016-09	2016-10	2016-11	2016-12	MAX 2015	MAX 2016
Canneto	CANN	<b>9,89</b>	9,81	7,30	6,06	6,08	5,99	5,01	4,34	2,97	2,99	4,51	6,87	9,85	9,89
Lustignano	LUST	6,39	6,21	5,97	5,38	5,18	5,41	5,74	5,80	5,55	5,93	7,02	<b>7,92</b>	10,97	7,92
Serrazzano	SEZA	4,84	<b>4,87</b>	4,59	3,57	2,90	2,67	2,71	2,61	2,86	3,07	3,74	4,16	6,37	4,87
Sasso_Pisano	SAPI	4,40	4,36	4,30	4,07	3,94	2,98	3,32	4,38	<b>4,72</b>	4,44	3,88	4,29	9,96	4,72
Monterotondo	MORO	4,08	4,01	3,46	3,31	3,63	4,42	4,82	4,79	4,45	3,65	3,97	<b>6,03</b>	6,83	6,03
Montecerboli	MONT	3,35	3,62	3,50	3,37	3,01	2,91	2,89	2,96	3,06	3,74	4,92	<b>7,22</b>	6,58	7,22
Castelnuovo VdC	CANU	4,38	<b>4,41</b>	4,10	3,75	3,43	3,40	3,43	3,33	3,16	3,12	3,05	3,70	4,57	4,41
Larderello	LARD	<b>10,61</b>	10,59	9,96	7,31	6,34	6,00	5,53	5,04	4,54	4,68	5,55	5,54	9,63	10,61
Belforte	BEFO	4,82	<b>4,84</b>	4,17	3,12	2,40	2,28	2,37	2,48	2,53	2,52	2,34	2,27	4,30	4,84
Montalcinello	MOAL	3,12	2,97	2,96	3,19	2,97	2,46	2,48	2,70	3,17	3,17	3,58	<b>4,44</b>	4,47	4,44
Travale	TRVL	3,52	3,45	3,08	2,83	2,44	2,29	2,24	2,87	3,03	3,00	2,96	<b>4,28</b>	3,91	4,28
Chiusdino	CHIU	6,65	6,49	4,52	4,02	4,09	4,42	5,24	6,21	<b>6,81</b>	6,17	4,73	5,20	8,64	6,81
Arcidosso	ARCI	<b>3,03</b>	2,68	2,73	2,66	2,57	2,46	2,52	2,56	2,02	1,88	1,40	1,43	3,28	3,03
Santa_Fiora	SAFI	2,61	2,77	<b>2,79</b>	<b>2,79</b>	2,67	2,39	2,46	2,48	2,22	1,92	2,13	2,55	2,62	2,79
Bagnore	BAGN	3,65	<b>3,76</b>	3,56	3,04	2,36	2,16	2,26	2,26	2,01	1,71	1,78	2,16	3,29	3,76
Merigar	MERI	2,12	2,27	<b>2,90</b>	2,83	2,79	2,64	1,74	1,54	1,84	1,94	2,02	2,52	2,93	2,90
Piancastagnaio	PICA	<b>8,49</b>	8,26	7,62	5,40	4,23	3,45	2,74	2,45	2,56	3,33	4,23	4,98	8,04	8,49
Piancastagnaio2	PICA2	<b>2,55</b>	<b>2,55</b>	2,42	1,98	1,86	1,97	2,15	2,13	1,60	1,05	1,04	1,55	3,57	2,55

Nella seguente tabella 4 si riporta la media calcolata mensilmente e sull'intero anno solare della concentrazione oraria di H<sub>2</sub>S, rilevate dalle centraline di monitoraggio qualità aria di ENEL, espressi in µg/m<sup>3</sup> (microgrammi su metro cubo):

tab.4: valori medi mensili di H<sub>2</sub>S in aria registrati nel 2016.

Medie mensili		2016-01	2016-02	2016-03	2016-04	2016-05	2016-06	2016-07	2016-08	2016-09	2016-10	2016-11	2016-12	MEDIA 2015	MEDIA 2016
Mese/Stazione															
Canneto	CANN	4,29	6,83	5,14	5,48	6,60	3,07	3,12	2,71	3,05	3,18	7,14	<b>10,05</b>	5,81	5,04
Lustignano	LUST	6,19	4,55	5,14	5,21	5,20	5,67	6,03	4,93	5,47	7,46	7,84	<b>8,11</b>	7,37	5,98
Serrazzano	SEZA	4,50	3,68	2,50	2,64	2,64	2,44	2,50	2,89	3,22	3,07	<b>4,62</b>	4,48	4,21	3,28
Sasso_Pisano	SAPI	3,97	4,92	2,61	4,41	1,16	3,52	5,23	4,02	4,32	2,82	3,91	<b>5,93</b>	7,34	3,89
Monterotondo	MORO	3,28	2,64	3,17	3,55	4,10	5,53	4,75	2,93	3,51	3,38	5,00	<b>9,20</b>	4,95	4,26
Montecerboli	MONT	3,76	3,06	3,15	2,81	2,79	2,49	3,34	2,75	3,09	5,33	6,53	<b>9,80</b>	3,82	3,98
Castelnuovo VdC	CANU	4,45	3,39	3,12	3,43	3,53	2,91	3,65	2,66	3,45	2,60	2,82	<b>5,34</b>	3,72	3,48
Larderello	LARD	<b>9,80</b>	6,36	5,39	7,06	5,65	4,21	5,05	3,79	4,83	5,31	6,28	4,04	5,03	5,63
Belforte	BEFO	<b>4,74</b>	2,63	2,02	2,61	2,01	2,15	2,88	2,34	2,36	2,12	2,02	2,14	3,34	2,50
Montalcinello	MOAL	3,29	3,43	2,17	3,36	1,85	2,08	3,47	2,43	3,62	3,34	3,75	<b>6,06</b>	3,27	3,24
Travale	TRVL	3,13	1,92	2,55	2,84	1,48	1,70	3,45	3,33	2,28	2,94	3,10	<b>6,56</b>	3,17	2,95
Chiusdino	CHIU	3,20	3,29	3,83	4,91	2,79	5,50	7,51	5,47	5,84	2,55	4,56	<b>7,91</b>	6,18	4,78
Arcidosso	ARCI	2,26	<b>2,95</b>	2,77	1,98	2,55	2,30	2,63	1,23	1,84	1,12	1,06	1,63	2,53	2,02
Santa_Fiora	SAFI	2,59	2,85	2,80	2,39	2,00	2,55	2,78	1,36	1,69	2,17	2,50	<b>2,92</b>	2,29	2,38
Bagnore	BAGN	<b>3,63</b>	3,06	2,14	1,93	2,26	2,29	2,17	1,57	1,42	1,74	2,16	2,54	2,40	2,24
Merigar	MERI	2,56	2,20	<b>3,64</b>	2,39	1,88	0,97	1,71	1,86	1,95	1,94	1,82	3,18	2,28	2,18
Piancastagnaio	PICA	<b>7,15</b>	4,92	4,40	3,25	2,60	2,43	1,57	3,31	2,75	3,99	5,96	4,70	5,50	3,93
Piancastagnaio2	PICA2	2,33	1,80	1,71	1,94	1,92	1,99	<b>2,48</b>	0,66	0,51	0,97	1,63	1,99	2,33	1,64

La soglia di  $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  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  $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , espresse in valore percentuale rispetto alle ore rilevate. Pur rilevando un generale miglioramento rispetto al 2015, situazioni anomale possono essere evidenziate a Lustignano, Larderello e Montecerboli, dove si registrano valori mensili anche prossimi al 50%.

tab.5: Percentuale mensile ed annuale delle ore con concentrazione  $> 7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

% ore con Concentrazione > $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ --- Stazione		2016-01	2016-02	2016-03	2016-04	2016-05	2016-06	2016-07	2016-08	2016-09	2016-10	2016-11	2016-12	INTERO 2015	INTERO 2016
Canneto	CANN	12,91	17,44	12,8	15,54	20,56	6,01	4,5	3,42	5,9	7,86	23,16	<b>36,65</b>	16,16	13,87
Lustignano	LUST	33,29	18,00	20,48	21,80	23,48	27,00	28,83	20,63	24,01	40,06	38,96	<b>47,68</b>	30,93	28,72
Serrazzano	SEZA	16,87	12,07	4,73	3,60	2,09	3,57	5,40	4,87	9,31	7,58	<b>18,12</b>	17,02	15,36	8,92
Sasso_Pisano	SAPI	8,83	19,91	0,82	14,57	0,00	13,75	23,76	14,35	15,19	6,93	12,88	<b>29,90</b>	37,94	13,29
Monterotondo	MORO	11,11	7,86	11,23	14,15	14,88	23,87	19,67	8,73	10,53	11,60	18,14	<b>38,51</b>	21,13	15,90
Montecerboli	MONT	10,17	4,51	7,16	3,64	3,14	2,11	3,00	1,91	3,39	18,43	27,72	<b>47,33</b>	11,54	10,42
Castelnuovo VdC	CANU	15,29	6,92	4,79	8,94	5,46	4,74	9,25	1,48	6,79	3,79	5,91	<b>23,18</b>	9,64	8,30
Larderello	LARD	<b>49,04</b>	34,65	23,70	31,97	22,19	12,54	20,46	12,84	19,50	23,89	29,43	16,94	17,80	24,66
Belforte	BEFO	<b>11,89</b>	1,72	1,09	5,64	1,49	1,97	5,28	2,45	1,99	1,92	1,56	3,98	8,45	3,42
Montalcinello	MOAL	2,82	1,61	1,76	6,33	1,36	0,14	7,07	4,94	9,31	5,02	6,85	<b>26,16</b>	8,38	6,18
Travale	TRVL	7,95	0,44	2,30	6,07	1,90	0,85	9,10	9,18	3,65	7,08	6,76	<b>27,25</b>	7,38	6,94
Chiusdino	CHIU	9,14	9,05	9,19	20,06	10,76	21,73	31,04	22,13	23,89	6,10	15,03	<b>31,92</b>	22,55	17,51
Arcidosso	ARCI	2,34	2,32	1,22	0,71	<b>3,26</b>	0,89	1,54	0,29	0,98	0,41	0,14	1,67	2,64	1,31
Santa_Fiora	SAFI	<b>4,64</b>	3,26	1,96	0,14	0,00	0,14	0,41	0,00	0,00	1,53	1,13	0,96	0,91	1,16
Bagnore	BAGN	<b>7,16</b>	3,04	2,43	1,40	1,90	0,85	1,91	0,68	0,84	0,54	0,98	1,78	1,65	1,97
Merigar	MERI	1,63	0,58	7,02	1,27	1,78	0,00	1,49	2,44	3,09	1,88	0,57	<b>17,80</b>	2,30	3,33
Piancastagnaio	PICA	<b>28,61</b>	18,83	14,42	8,25	4,16	1,03	1,41	8,63	3,80	6,24	20,65	17,03	17,10	11,20
Piancastagnaio2	PICA2	<b>2,45</b>	0,14	0,00	0,14	0,00	0,00	0,57	0,00	0,00	0,00	0,28	1,37	0,83	0,42

## PARTE PRIMA

### 2 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 (Stazione Q.A., 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)	S. Fiora (GR)	718	1710980	4745600
8	Bagnore (BAGN)	SantaFiora (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 (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 V.C (PI)	490	1651390	4781090
14	Monterotondo (MORO)	Monterotondo (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 dell'attività di monitoraggio svolta da ENEL da parte di ARPAT è effettuata attraverso i mezzi e la strumentazione di seguito elencata:

- **mezzo mobile ARPAT Geo1**, attrezzato per la rilevazione di H<sub>2</sub>S e di mercurio (da qui in poi 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 mediante il suo posizionamento in prossimità di una centralina ENEL presa a campione, in modo che le due stazioni, di ARPAT ed ENEL, effettuino un rilevamento in parallelo per un periodo variabile, compreso tra 15 e 30 gg. Dal 2014 il mezzo GEO2 è stato dotato di un analizzatore di Hg gassoso.
- **centralina fissa presso l'abitato di Montecerboli**, nel Comune di Pomarance (PI); questa centralina fa parte della rete regionale per il monitoraggio della qualità dell'aria ed è stata attrezzata per il monitoraggio di H<sub>2</sub>S, oltre che di O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> e PM<sub>10</sub>.

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 GP, mediante campagne brevi, svolte in parallelo.

### 3 INDICATORI

#### 3.1 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;
- **soglia di riconoscimento:** è la minima concentrazione di identificazione del tipo di odore.

Esse non corrispondono a valori definiti e costanti, ma piuttosto sono degli intervalli, generalmente, abbastanza ampi di concentrazione, che dipendono dal gruppo di individui presi a riferimento e anche dal metodo utilizzato per la loro individuazione.

In considerazione del fatto che l'Idrogeno Solforato è chiaramente percepibile dall'olfatto umano già a 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 percentuale da rispettare, per il suo monitoraggio è prassi consolidata, anche in considerazione delle tecnologie disponibili, determinare il numero di ore in cui è stata rilevata una concentrazione superiore al valore di riferimento di  $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , sebbene sia noto che, almeno su una parte della popolazione esposta, possano verificarsi fenomeni di molestia olfattiva già per esposizioni di 30 minuti.

##### 3.1.1 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":  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ );
2. 2 giorni – 14 giorni (Valore di riferimento per esposizione a "breve termine":  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ );
3. 15 giorni – 90 giorni (Valore di riferimento per esposizione a "medio termine":  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

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 in Germania (a Bonn) nel periodo 29 Settembre -1 Ottobre 2015, sono state valutate opportunità e priorità di aggiornare, sulla base delle più recenti evidenze scientifiche, i limiti di riferimento per alcuni inquinanti.

L' $\text{H}_2\text{S}$  è stato preso in esame tra gli inquinanti di tipo inorganico, indicati come oggetto di revisione alla luce delle nuove conoscenze ed inserito nel Gruppo 3, ossia quello con priorità inferiore (il Gruppo 4 è relativo agli inquinanti per cui le nuove conoscenze non giustificano una revisione dei documenti attuali).

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<sub>2</sub>S determinata su 24 ore risulta sempre inferiore a 100 µg/m<sup>3</sup>, 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<sub>2</sub>S determinata su 14 giorni risulta sempre inferiore a 20 µg/m<sup>3</sup> 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 affinché un dato sia ritenuto rappresentativo del periodo di osservazione considerato, devono essere 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 x 75%).

In conclusione, per verificare il rispetto dei limiti di riferimento indicati dalla Delibera di Giunta della Regione Toscana n. 334/2010, 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, così come la media annuale, sono un utile riferimento per valutare l'esposizione della popolazione su periodi di lungo termine.

## **3.2 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 2–4 ng/m<sup>3</sup>, fino a 10 ng/m<sup>3</sup> 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 bioaccumulo) e per altri cause (otturazioni dentali, antisettici, vernici, cere per pavimenti, nei lucidanti per mobili, ammorbidenti, etc.)

### **3.2.1 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/m<sup>3</sup>, mediata su un periodo di riferimento annuale.

Cautelativamente e in accordo con la DGRT n.344/2010, nel presente rapporto è stato scelto di riferirsi al valore di riferimento di 0,2 µg/m<sup>3</sup> (200 ng/m<sup>3</sup>), anch'esso mediato su un periodo di riferimento di 1 anno, coerentemente alle MRLs Minimal Risk level - Livelli guida significativi per la salute, elaborati dalla Agenzia governativa USA ATSDR, in analogia ai valori soglia EPA, per effetti non cancerogeni delle sostanze chimiche nell'ambiente ad uso della stessa ATSDR per valutare i siti contaminati (novembre 2007).

## PARTE SECONDA

### 4 STAZIONI DI RILEVAMENTO ENEL PER L'H<sub>2</sub>S

Per avere un confronto immediato nell'ultimo anno dell'andamento della concentrazione di idrogeno solforato in aria 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.

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

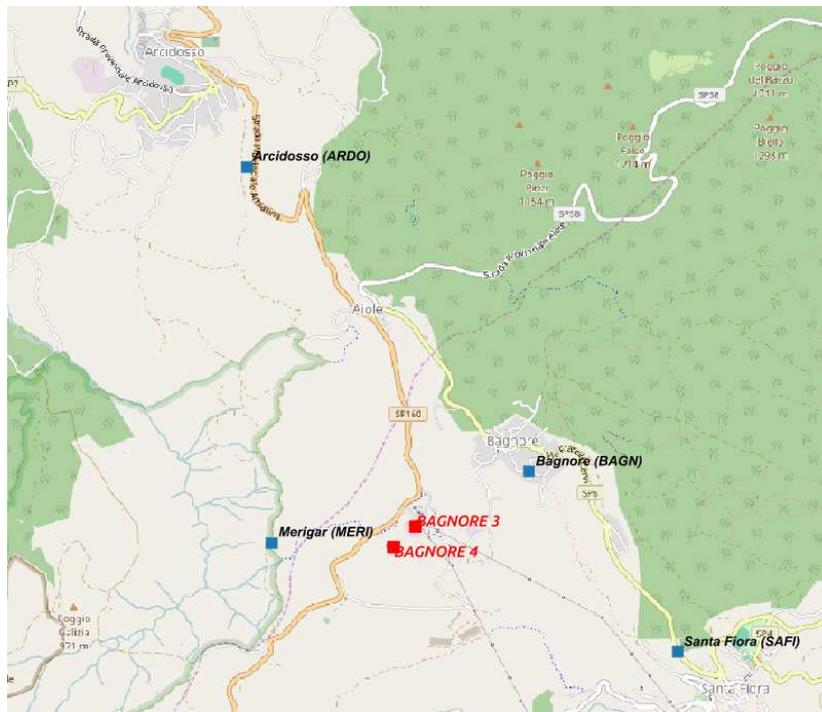


Fig. 1: ubicazione delle CGTE di Bagnore 3 e Bagnore 4 e delle SQA di Arcidosso (ARCI), Bagnore (BAGN), Santa Fiora (SAFI) e Merigar (MERI)

Le quattro stazioni di monitoraggio ENEL ubicate nei Comuni di Arcidosso e Santa Fiora presidiano le centrali produttive di Bagnore 3 e Bagnore 4. In località Bagnoli, nel Comune di Arcidosso è presente dal maggio 2013, salvo una breve pausa per manutenzione nel dicembre 2014, il mezzo mobile ARPAT Geo1.

Su richiesta della Regione Toscana e dei Comuni interessati, nel settembre 2016 è stata avviata la pubblicazione sul web di un bollettino mensile con lo scopo di rendere pubblici i livelli di idrogeno solforato registrato nell'intera area amiatina ([Bollettino della qualità dell'aria nella zona geotermica del Monte Amiata](#)).

I dati rilevati in quest'area, anche dopo la messa in esercizio della nuova centrale Bagnore 4, si sono assestati sui valori più bassi di tutta la Regione.

L'esame dei dati disponibili permette di affermare che, pur essendosi verificati ripetuti superamenti della soglia olfattiva che possono aver determinato disturbi alla popolazione, i dati registrati dalle 4 centraline di monitoraggio ENEL e dei 2 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 (150, 100 e 20 µg/m<sup>3</sup>).

#### 4.1.1 Media mobile calcolata su 24 ore

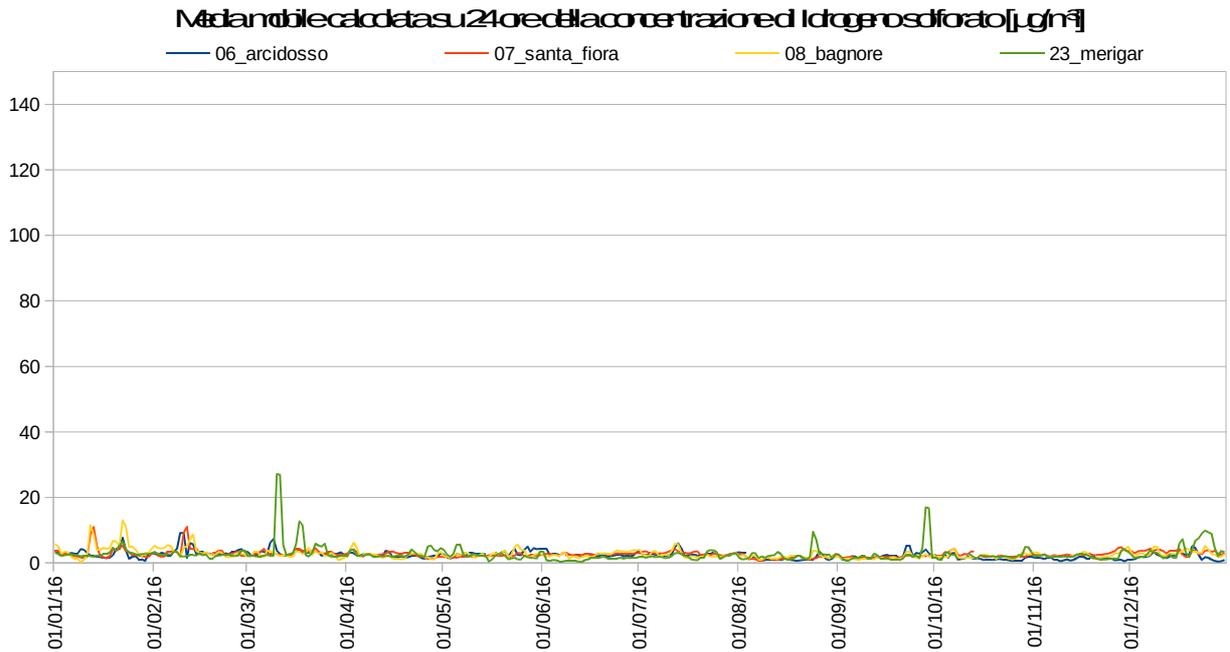


Grafico del massimo giornaliero, nel 2016, della media mobile calcolata su 24 ore (Valore di riferimento =  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )

#### 4.1.2 Media mobile calcolata su 14 giorni

Grafico del massimo giornaliero, nel 2016, della media mobile calcolata su 14 giorni (Valore di riferimento =  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )

#### 4.1.3 Media mobile calcolata su 90 giorni

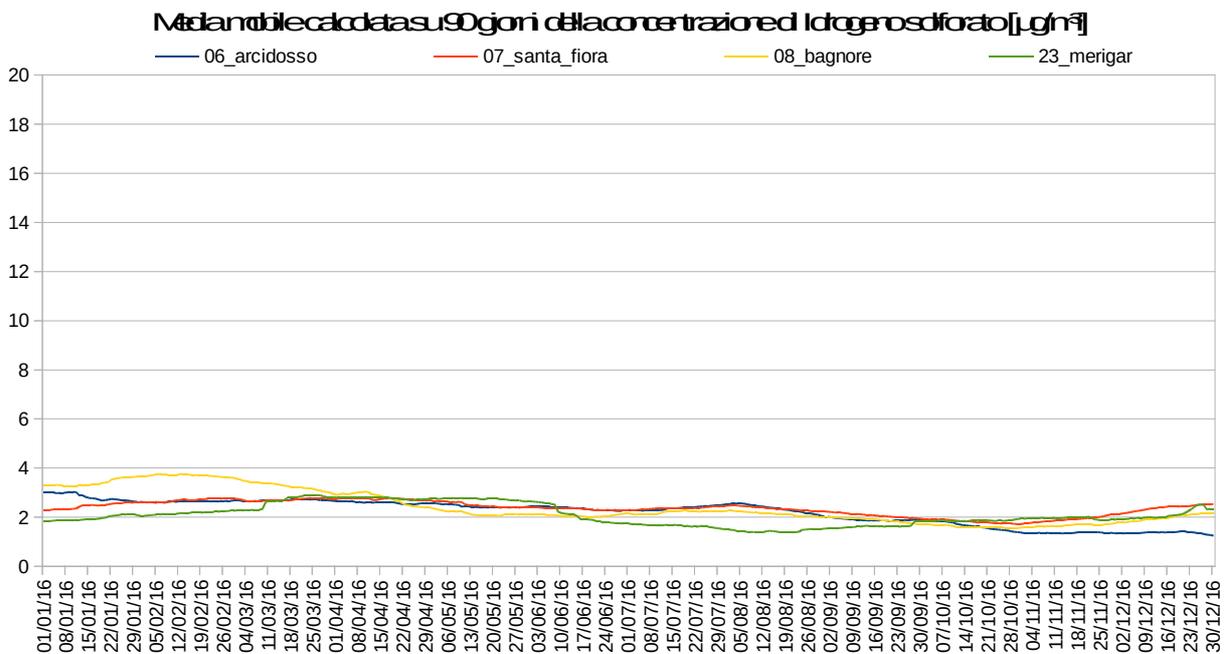
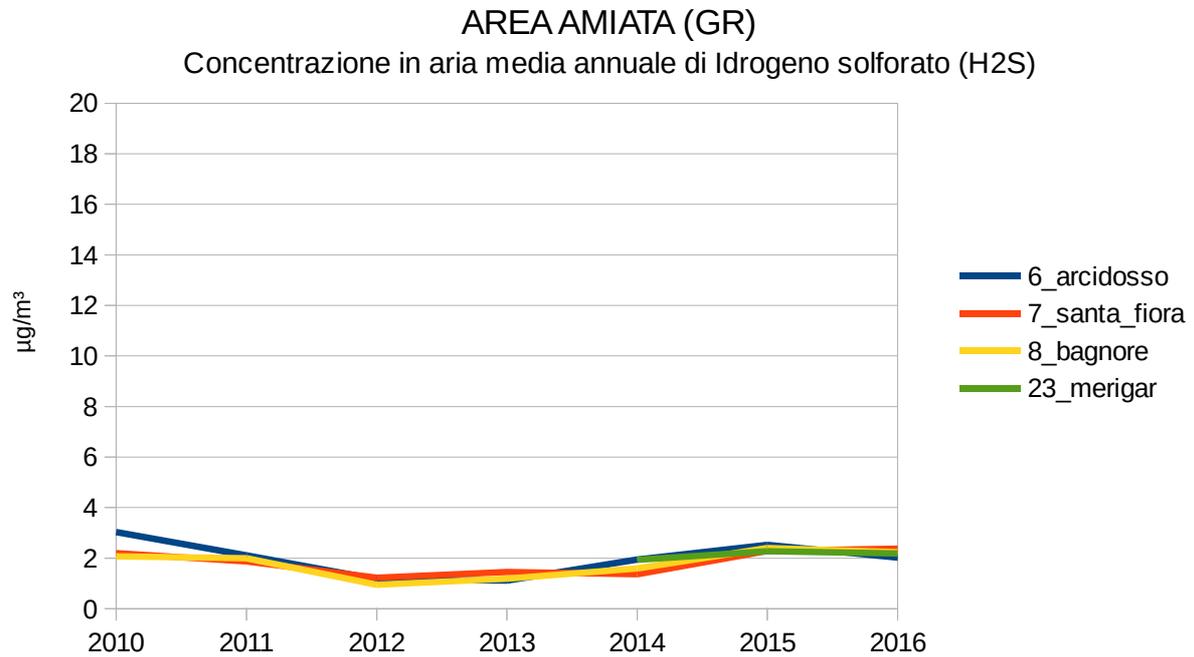


Grafico del massimo giornaliero, nel 2016, della media mobile calcolata su 90 giorni (Valore di riferimento =  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )

#### 4.1.4 Media annuale (2010-2016)

I dati storici relativi alla concentrazione di H<sub>2</sub>S in aria mostrano, per il periodo preso in esame, una situazione di sostanziale stazionarietà della concentrazione di idrogeno solforato in aria.



## 4.2 Stazioni Q.A. di Piancastagnaio e Piancastagnaio 2

Le due stazioni di monitoraggio ENEL 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)

Dopo le criticità riconducibili all'esercizio della vecchia Centrale PC2, si osserva una tendenza al miglioramento, che tuttavia deve essere ancora perseguita con continuità.

Si rammenta che, in seguito alla richiesta dei Comuni interessati, nel settembre 2016 è stata avviata la pubblicazione sul web di un bollettino mensile con lo scopo di rendere pubblici i livelli di idrogeno solforato registrato nell'intera area amiatina ([Bollettino della qualità dell'aria nella zona geotermica del Monte Amiata](#)).

Nel periodo dalla seconda metà di maggio fino ai primi giorni di agosto 2016, il mezzo ARPAT GEO2 è stato affiancato alla Centralina ENEL PICA, per verificarne la funzionalità. I risultati del confronto sono presentati nei paragrafi successivi.

Anche in questa area, 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 2 centraline di monitoraggio ENEL e dal mezzo mobile ARPAT si sono sempre mantenuti al di sotto dei valori di riferimento per la tutela sanitaria.

#### 4.2.1 Media mobile calcolata su 24 ore

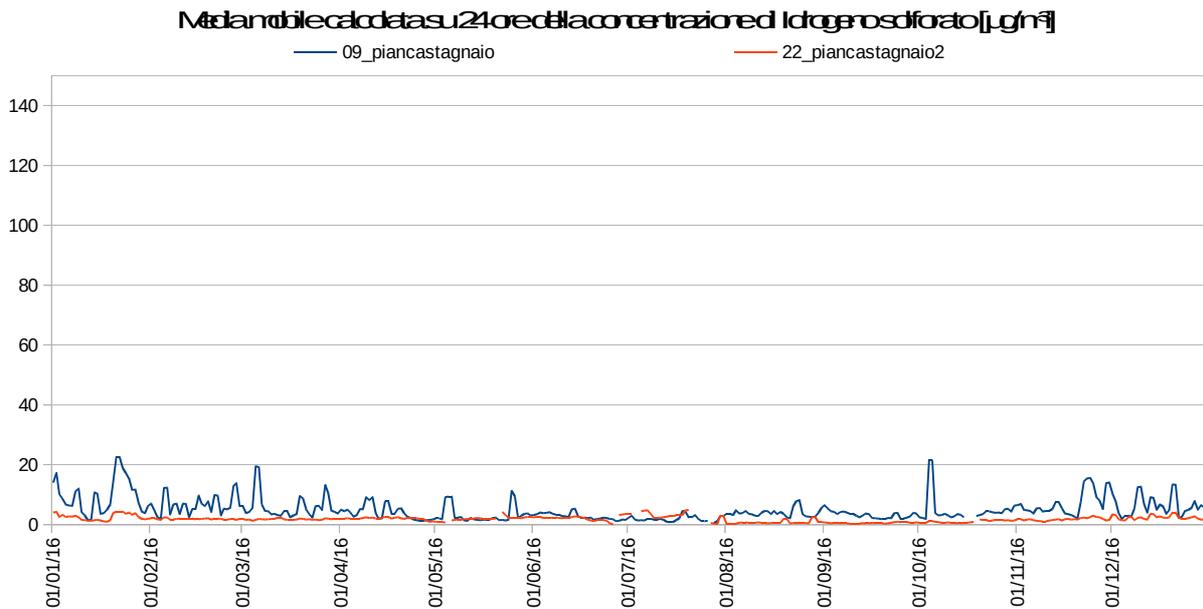


Grafico del massimo giornaliero, nel 2016, della media mobile calcolata su 24 ore (Valore di riferimento =  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )

#### 4.2.2 Media mobile calcolata su 14 giorni

Grafico del massimo giornaliero, nel 2016, della media mobile calcolata su 14 giorni (Valore di riferimento =  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )

#### 4.2.3 Media mobile calcolata su 90 giorni

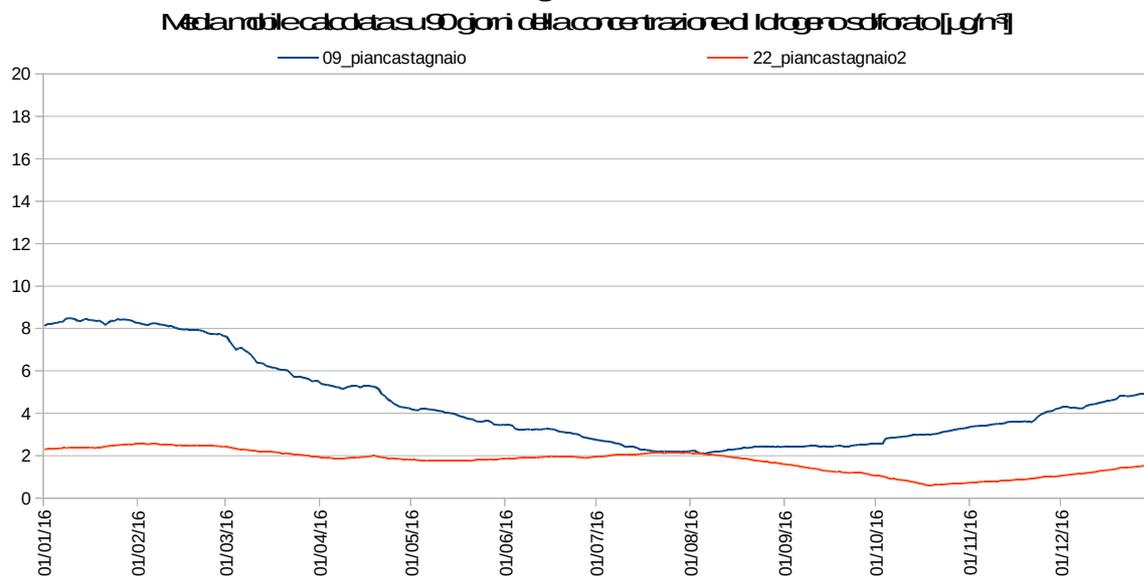
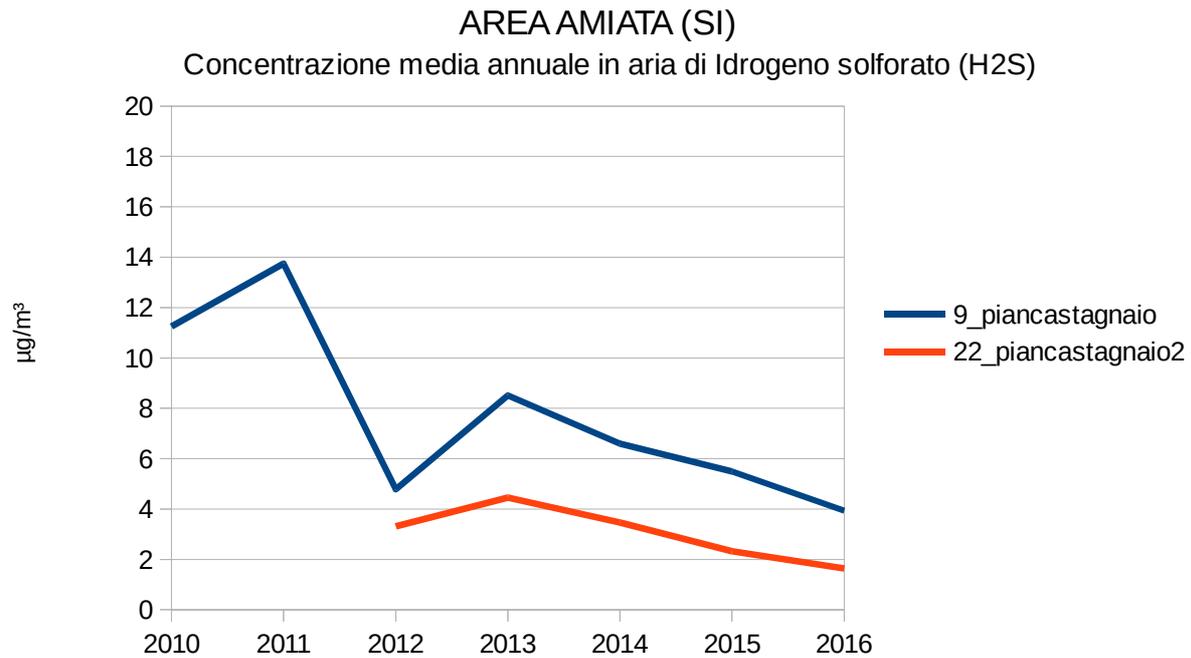


Grafico del massimo giornaliero, nel 2016, della media mobile calcolata su 90 giorni (Valore di riferimento =  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )

#### 4.2.4 Media annuale (2010-2016)

I dati storici relativi alla concentrazione di  $\text{H}_2\text{S}$  in aria mostrano un progressivo miglioramento del parametro, certamente da relazionare alla dismissione degli impianti più vecchi e all'ammodernamento effettuato da ENEL GP sulla rete vapore.



### 4.3 Stazioni Q.A. di Canneto, Lustignano, Serrazzano

Le tre SQA 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, Lagoni Rossi, Cornia 2 e La Prata.

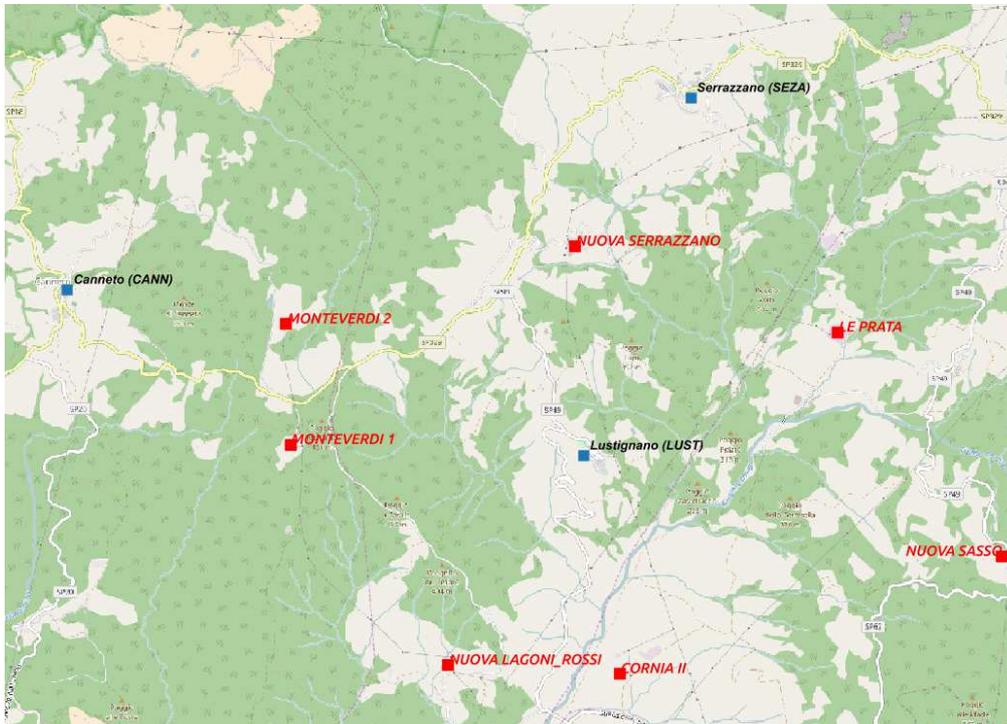


Fig.3: ubicazione delle diverse CGTE dell'area e delle tre SQA di Canneto (CANN), Serrazzano (SEZA) e Lustignano (LUST)

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

Il completamento del piano di installazione degli AMIS<sup>1</sup> nelle Centrali dell'area tradizionale, avvenuto nel 2015, ha portato un'evidente riduzione della concentrazione in aria di H<sub>2</sub>S.

Nel mese di novembre si sono verificati vari fuori servizio dell'AMIS di Cornia 2, Nuova Monterotondo e Le Prata.

Nel 2016 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 3 centraline di monitoraggio ENEL si sono sempre mantenuti al di sotto dei valori di riferimento per la tutela sanitaria.

1 AMIS – impianto abbattimento mercurio e Idrogeno Solforato

### 4.3.1 Media mobile calcolata su 24 ore

Media mobile calcolata su 24 ore della concentrazione di Idrogeno solforato [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]

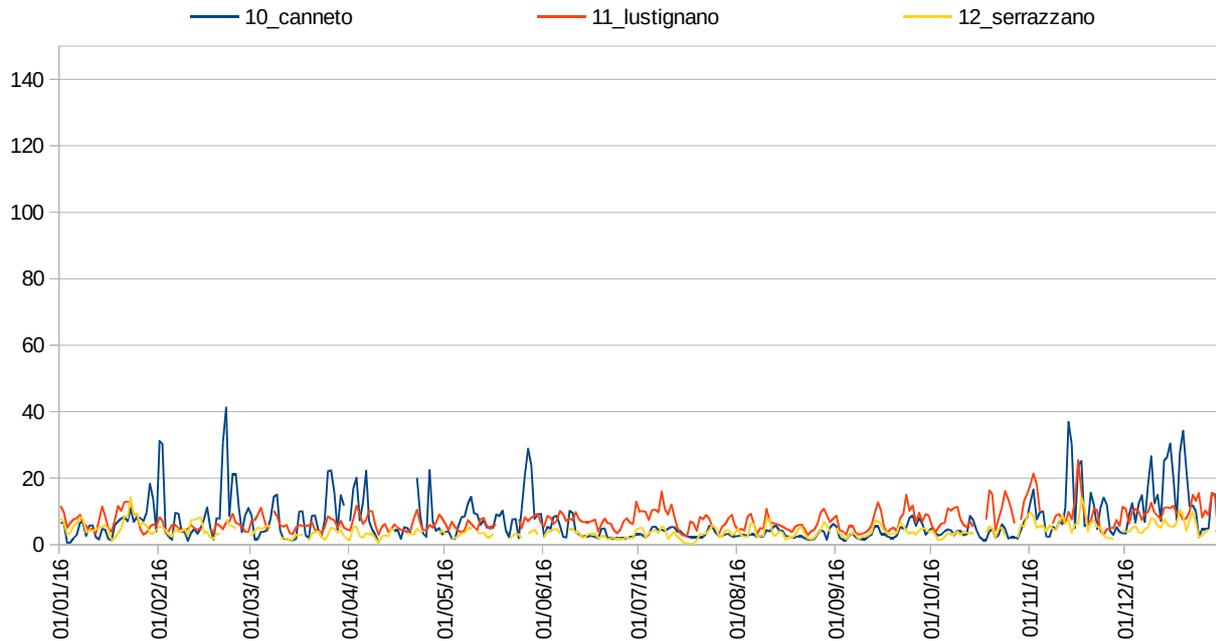


Grafico del massimo giornaliero, nel 2016, della media mobile calcolata su 24 ore (Valore di riferimento =  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )

### 4.3.2 Media mobile calcolata su 14 giorni

Media mobile calcolata su 14 giorni della concentrazione di Idrogeno solforato [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]

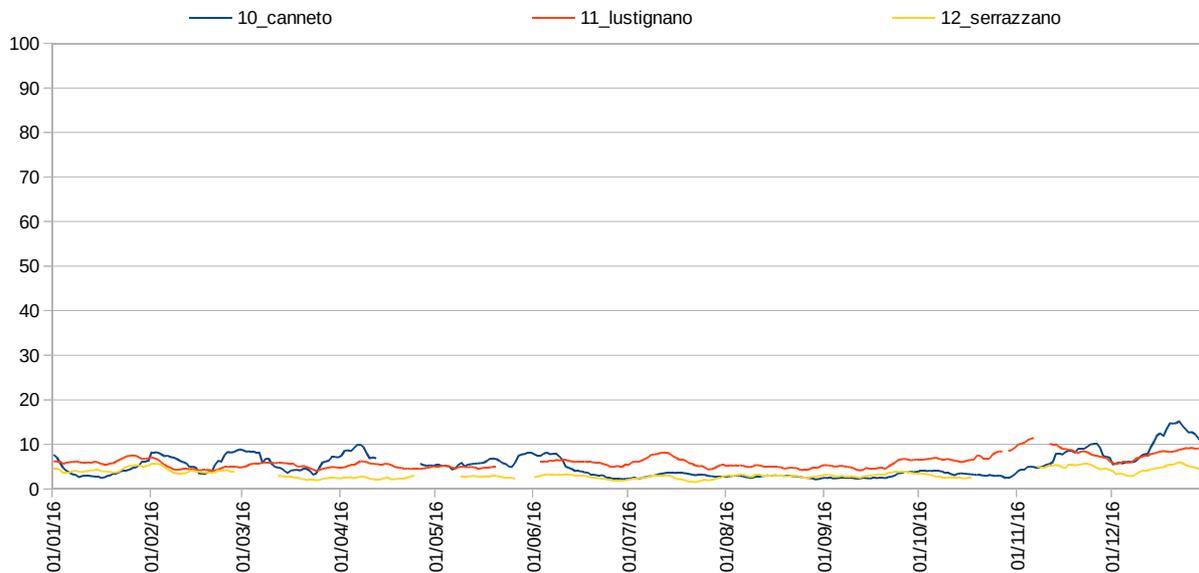


Grafico del massimo giornaliero, nel 2016, della media mobile calcolata su 14 giorni (Valore di riferimento =  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )

### 4.3.3 Media mobile calcolata su 90 giorni

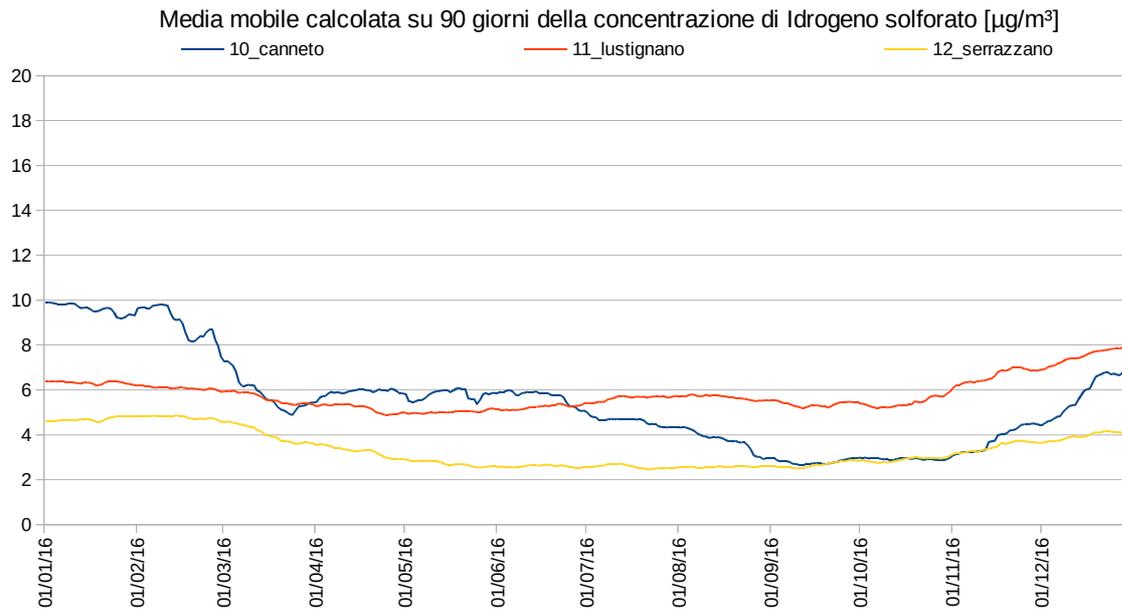
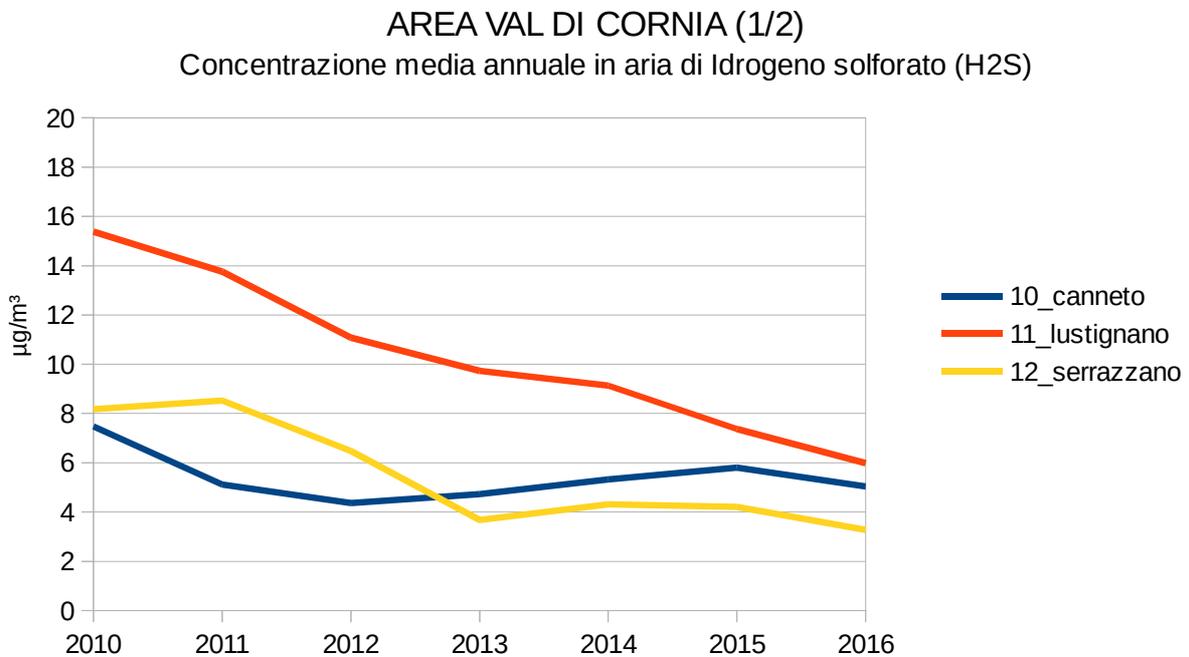


Grafico del massimo giornaliero, nel 2016, della media mobile calcolata su 90 giorni.

### 4.3.4 Media annuale (2010-2016)

I dati storici relativi alla concentrazione di  $\text{H}_2\text{S}$  in aria confermano la tendenza di progressivo miglioramento del parametro, dovuto, in buona misura, al completamento del piano di installazione del sistema AMIS presso le Centrali dell'area tradizionale.



## 4.4 Stazioni Q.A. di Sasso Pisano e Monterotondo Marittimo

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

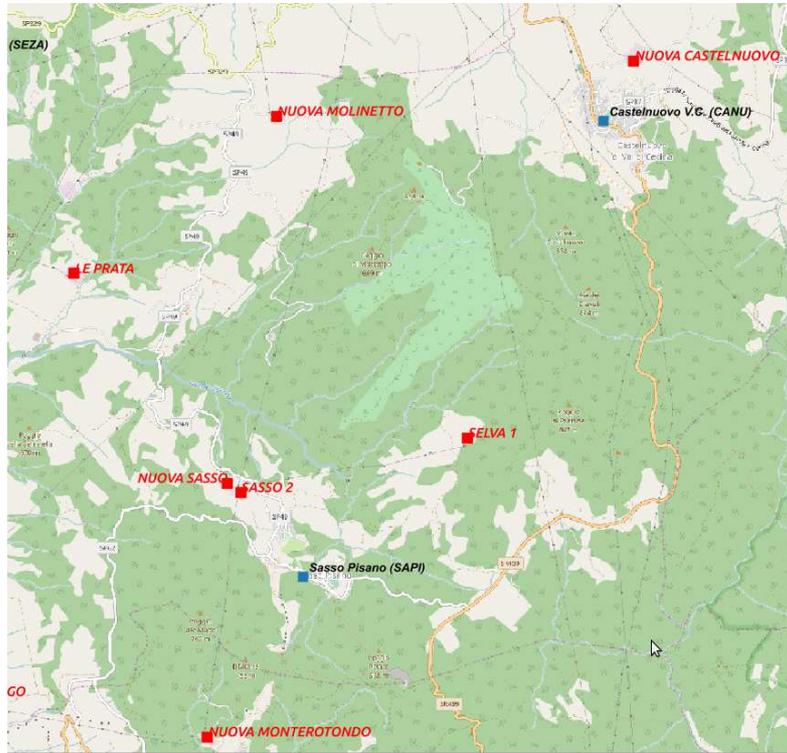


Fig.4: Ubicazione delle diverse CGTE dell'area e delle due SQA di Sasso Pisano (SAPI) e Monterotondo Marittimo (MORO)

Le due 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, Sasso2 e Nuova Sasso, Carboli 1 e 2.

Il completamento del piano di installazione degli AMIS nelle Centrali dell'area tradizionale ha portato una visibile riduzione della concentrazione in aria di H<sub>2</sub>S.

Nel 2016 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 2 centraline di monitoraggio ENEL si sono sempre mantenuti al di sotto dei valori di riferimento per la tutela sanitaria.

Nella stazione di Sasso Pisano i dati registrati nel mese di marzo e maggio 2016 potrebbero essere stati condizionati dal malfunzionamento del convertitore H<sub>2</sub>S/SO<sub>2</sub>, che è stato sostituito il giorno 15 giugno, comportando una sottostima della media annuale 2016.

#### 4.4.1 Media mobile calcolata su 24 ore

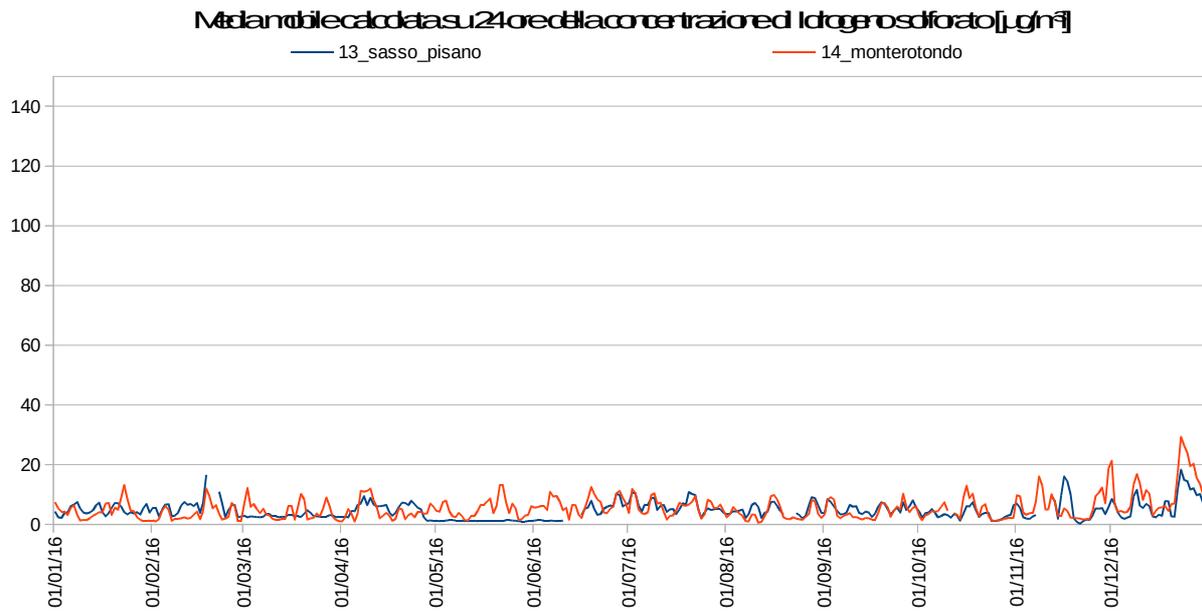


Grafico del massimo giornaliero, nel 2016, della media mobile calcolata su 24 ore (Valore di riferimento =  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )

#### 4.4.2 Media mobile calcolata su 14 giorni

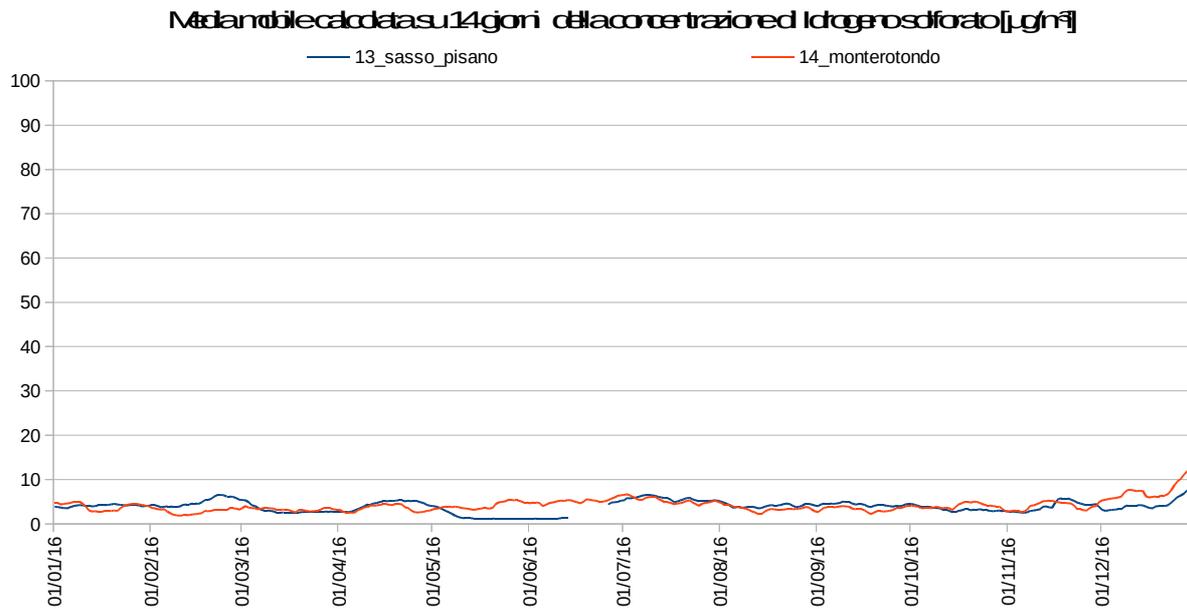


Grafico del massimo giornaliero, nel 2016, della media mobile calcolata su 14 giorni (Valore di riferimento =  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )

### 4.4.3 Media mobile calcolata su 90 giorni

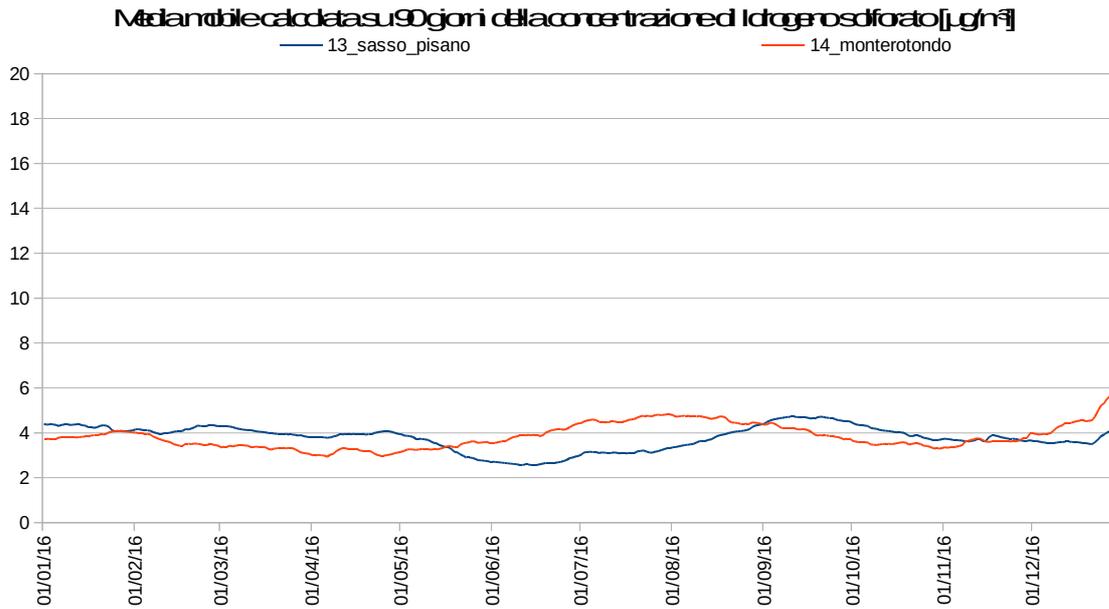


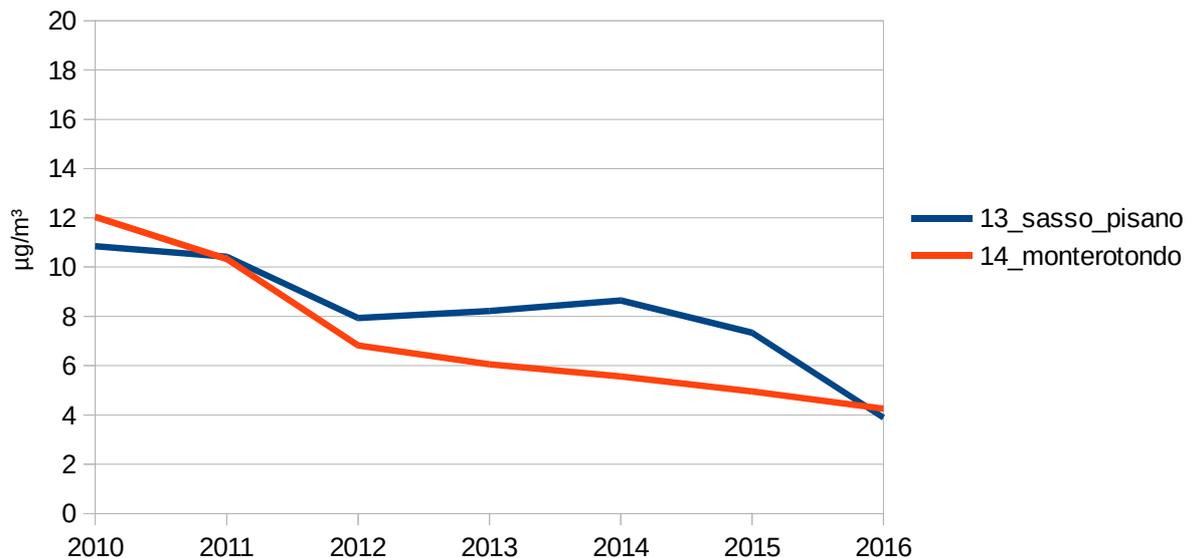
Grafico del massimo giornaliero, nel 2016, della media mobile calcolata su 90 giorni (Valore di riferimento =  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )

### 4.4.4 Media annuale (2010-2016)

I dati storici relativi alla concentrazione di  $\text{H}_2\text{S}$  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.

#### AREA VAL DI CORNIA (2/2)

Concentrazione media annuale in aria di Idrogeno solforato ( $\text{H}_2\text{S}$ )



## 4.5 Stazioni Q.A. di Larderello, Castelnuovo e Montecerboli

Le tre stazioni Qualità Aria di Castelnuovo, Montecerboli e Lardello son ubicate in prossimità delle centrali di 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 2016 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 3 centraline di monitoraggio ENEL si sono sempre mantenuti al di sotto dei valori di riferimento per la tutela sanitaria.

I valori superiori a quelli ordinari registrati nella prima parte dell'anno nella Stazione di Larderello per la media mobile su 90 giorni sono presumibilmente imputabili ai fuori servizio AMIS registrati nella Centrale Vallesecolo 2 mese di novembre 2016 e nella Centrale Farinello nel mese di dicembre 2016.

I valori anomali registrati da queste stazioni negli ultimi mesi dell'anno sono dovuti alla revisione di Farinello e alla fermata dell'AMIS di Gabbro a fine Novembre.

Alla luce delle differenze di rilevate durante le ultime due stagioni invernali tra le due stazioni fisse ARPAT e ENEL, nel periodo dal 2/11/2016 fino al 24/01/2017, il mezzo ARPAT GEO2 è stato affiancato alla Centraline di Montecerboli, per verificarne la funzionalità. I risultati del confronto sono presentati nei paragrafi successivi.

### 4.5.1 Media mobile calcolata su 24 ore

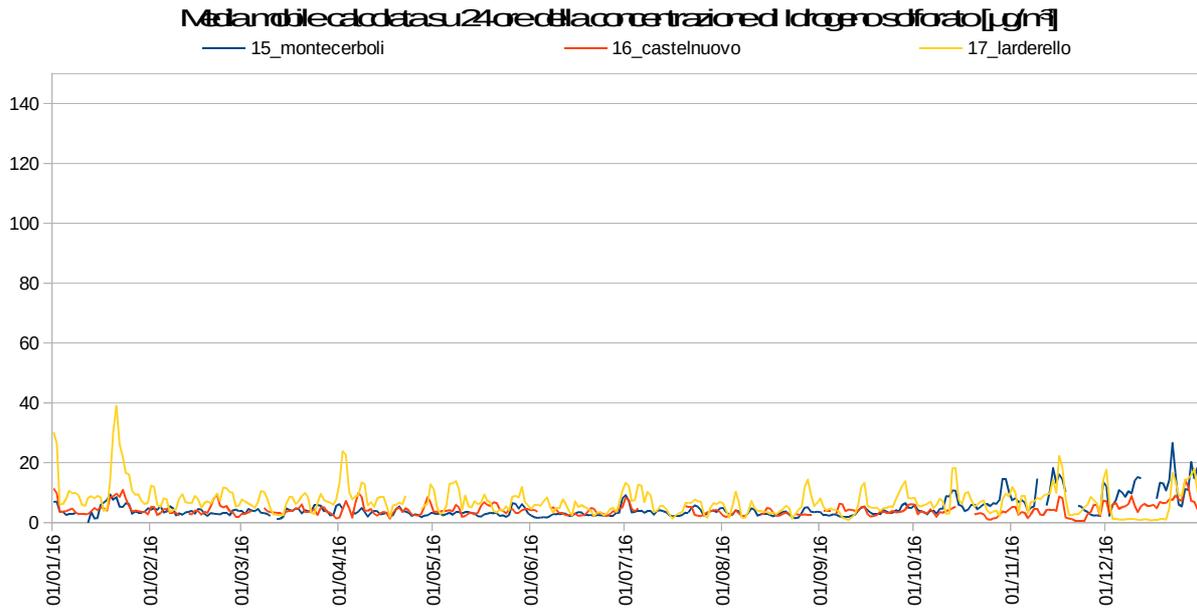


Grafico del massimo giornaliero, nel 2016, della media mobile calcolata su 24 ore (Valore di riferimento =  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )

### 4.5.2 Media mobile calcolata su 14 giorni

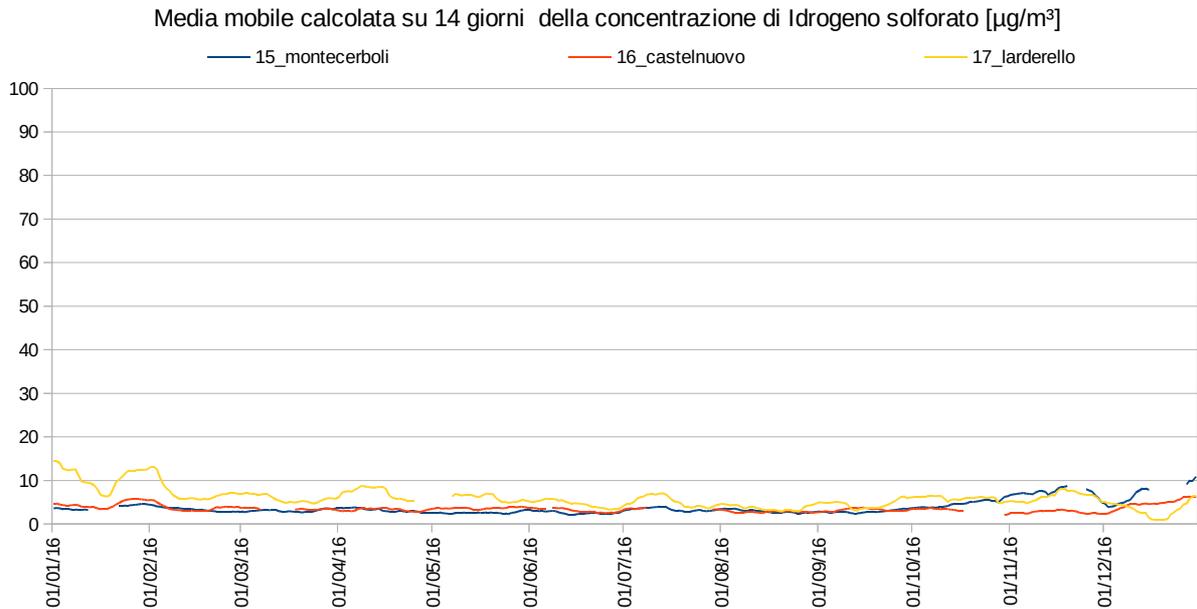


Grafico del massimo giornaliero, nel 2016, della media mobile calcolata su 14 giorni (Valore di riferimento =  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )

### 4.5.3 Media mobile calcolata su 90 giorni

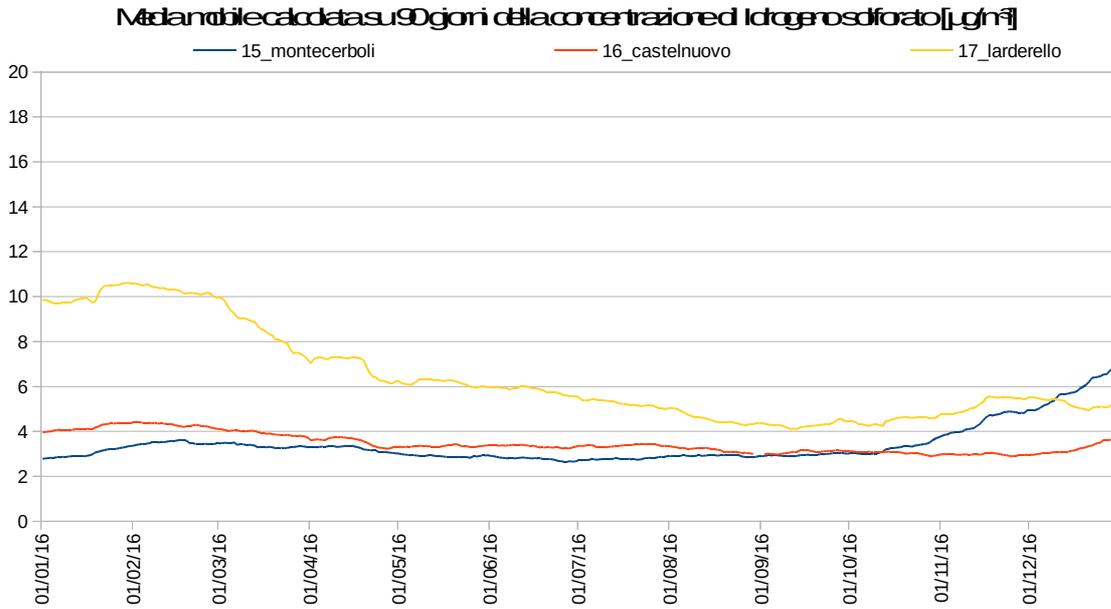
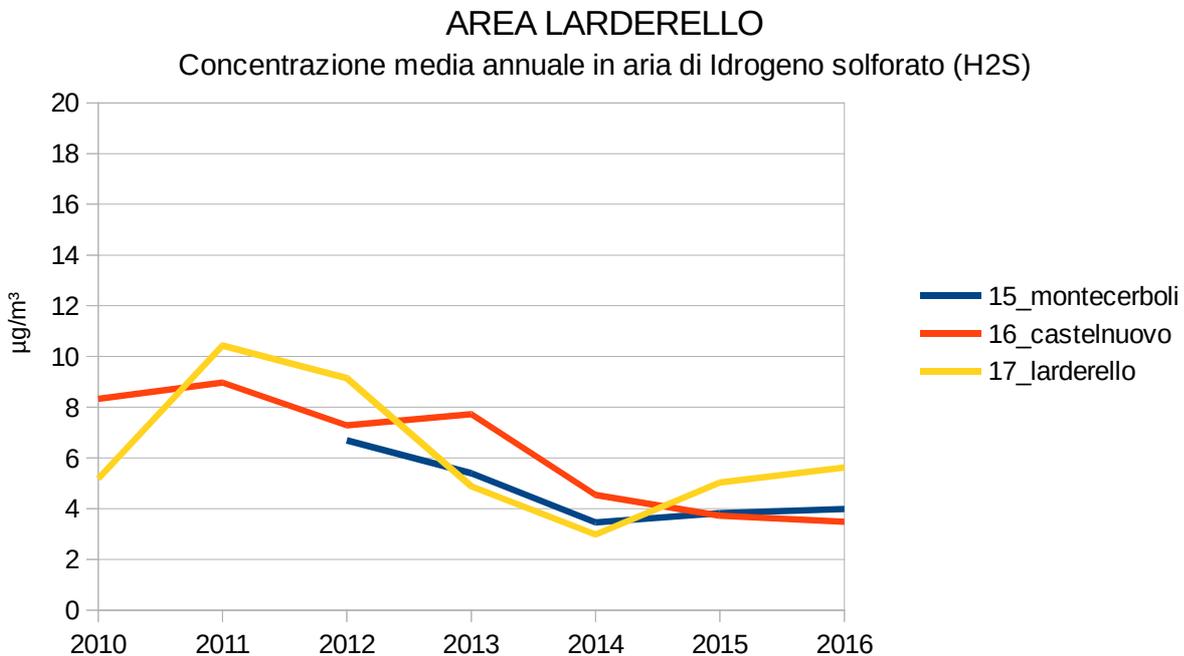


Grafico del massimo giornaliero, nel 2016, della media mobile calcolata su 90 giorni (Valore di riferimento =  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )

### 4.5.4 Media annuale (2010-2016)

I dati storici relativi alla concentrazione media di  $\text{H}_2\text{S}$  in aria confermano condizioni di sostanziale stazionarietà del parametro.



## 4.6 Stazioni Q.A. di Belforte, Travale, Montalcinello e Chiusdino

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

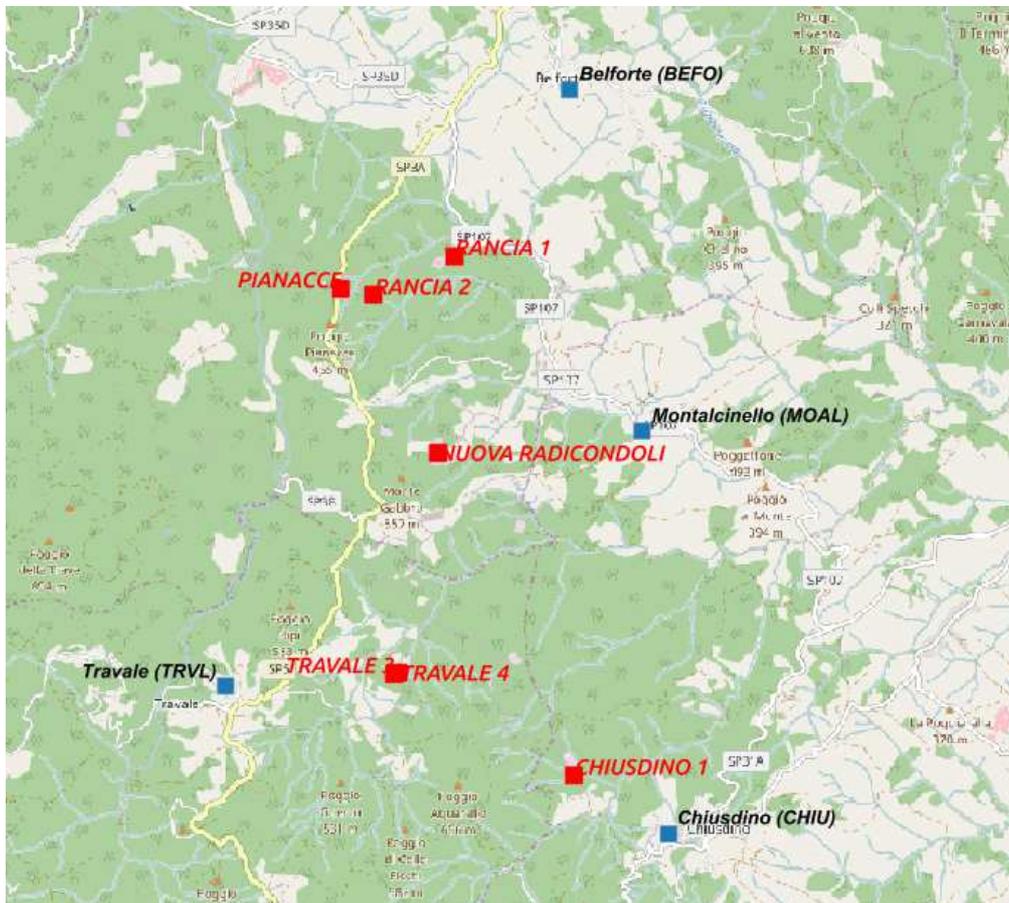


Fig.6: ubicazione delle diverse CGTE dell'area, delle quattro SQA di Belforte (BEFO), Montalcinello (MOAL), Travale (TRVL) e Chiusdino (CHIU).

Nel 2016 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 si sono sempre mantenuti al di sotto dei valori di riferimento per la tutela sanitaria.

I valori al di sopra di quelli ordinari registrati nella Stazione di Chiusdino negli ultimi due mesi dell'anno sono da correlarsi con i fuori servizio dell'AMIS della Centrale di Chiusdino, regolarmente comunicati da ENEL.

#### 4.6.1 Media mobile calcolata su 24 ore

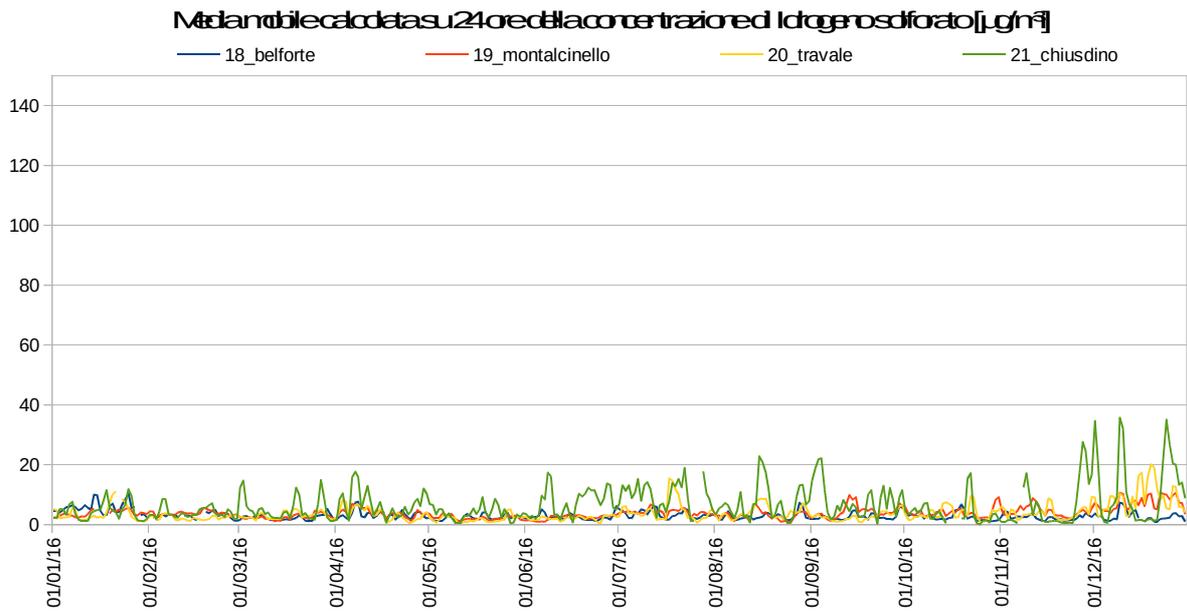


Grafico del massimo giornaliero, nel 2016, della media mobile calcolata su 24 ore (Valore di riferimento =  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )

#### 4.6.2 Media mobile calcolata su 14 giorni

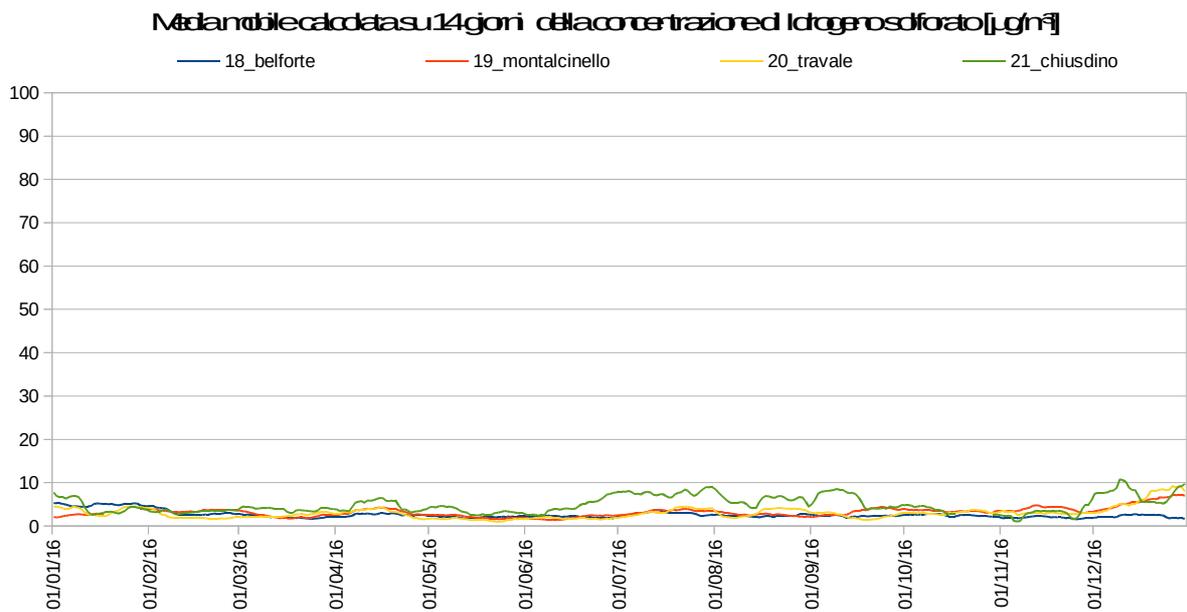


Grafico del massimo giornaliero, nel 2016, della media mobile calcolata su 14 giorni (Valore di riferimento =  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )

### 4.6.3 Media mobile calcolata su 90 giorni

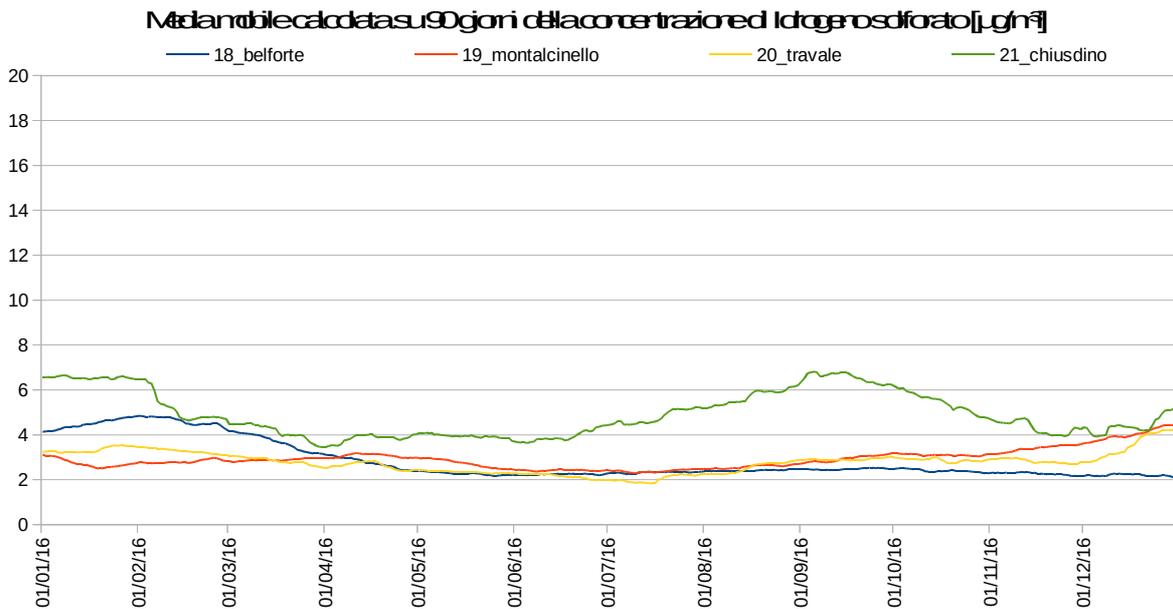
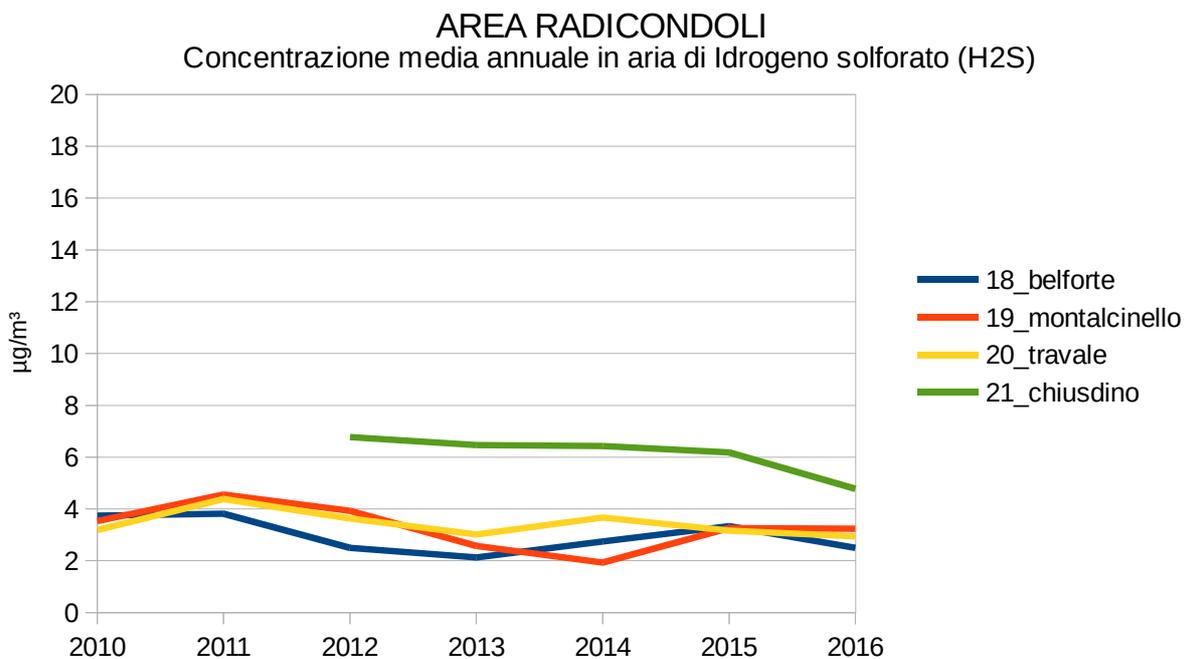


Grafico del massimo giornaliero, nel 2016, della media mobile calcolata su 90 giorni (Valore di riferimento =  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )

### 4.6.4 Media annuale (2010-2016)

Il grafico della media annuale della concentrazione di  $\text{H}_2\text{S}$  in aria registrata negli ultimi 7 anni, grazie all'introduzione nel 2012 degli AMIS nelle Centrali di Rancia 1-2 e Chiusdino, mostra un leggero miglioramento. Le concentrazioni relative alle stazioni di Belforte, Montalcinello e Travale sono modeste, mentre valori di entità maggiore, comunque accettabili, sono registrati per la stazione di Chiusdino.



## PARTE TERZA

### 5 MEZZI ARPAT E CONFRONTO CON DATI ENEL

Come anticipato nei paragrafi precedenti, per valutare la correttezza dei dati forniti da ENEL ARPAT effettua ogni anno specifiche campagne brevi di misura, i cui dati sono confrontati con i valori rilevati dalle stazioni di monitoraggio ENEL.

Un primo confronto tra dati ENEL e quelli di ARPAT è effettuato in corrispondenza della postazione di Montecerboli, di tipo fisso e ricompresa nella rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria, ubicata in adiacenza alla postazione ENEL n.15 (MONT).

Ulteriori controlli sono stati effettuati grazie ai mezzi mobili ARPAT GEO1 e GEO2 (o GEOS): il primo, GEO1, su richiesta del Comune di Arcidosso, si trova, dal mese di maggio del 2013, nel Comune di Arcidosso in località Bagnoli; si è verificata solo una sola breve pausa, effettuata nel dicembre 2014, dovuta alla necessità di effettuare la manutenzione del mezzo.

Il mezzo GEO2 invece è stato affiancato nel periodo 12/05/2016-04/08/2016 alla postazione ENEL di Piancastagnaio (PICA) e dal 2/11/2016 fino al 24/01/2017 alle postazioni, sia di ARPAT che di ENEL, di Montecerboli. Per il resto dell'anno il mezzo Geo2 è stato impegnato per altre attività istituzionali di ARPAT, non di competenza di questo Settore.

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	01/01/2016	31/12/2016	-
Amiata_GR	Arcidosso (GR)	Loc. Bagnoli	01/01/2016	31/12/2016	GEO1
Amiata_SI	Piancastagnaio (SI)	Piancastagnaio, C/O ENEL PICA	12/05/2016	04/08/2016	GEO2
Larderello_PI	Pomarance (PI)	Postazione fissa di Montecerboli	02/11/2016	24/01/2017	GEO2

Per i due mezzi mobili GEO 1 e GEO 2, 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.

#### 5.1 Stazione fissa ARPAT di Pomarance (PI), Loc. Montecerboli

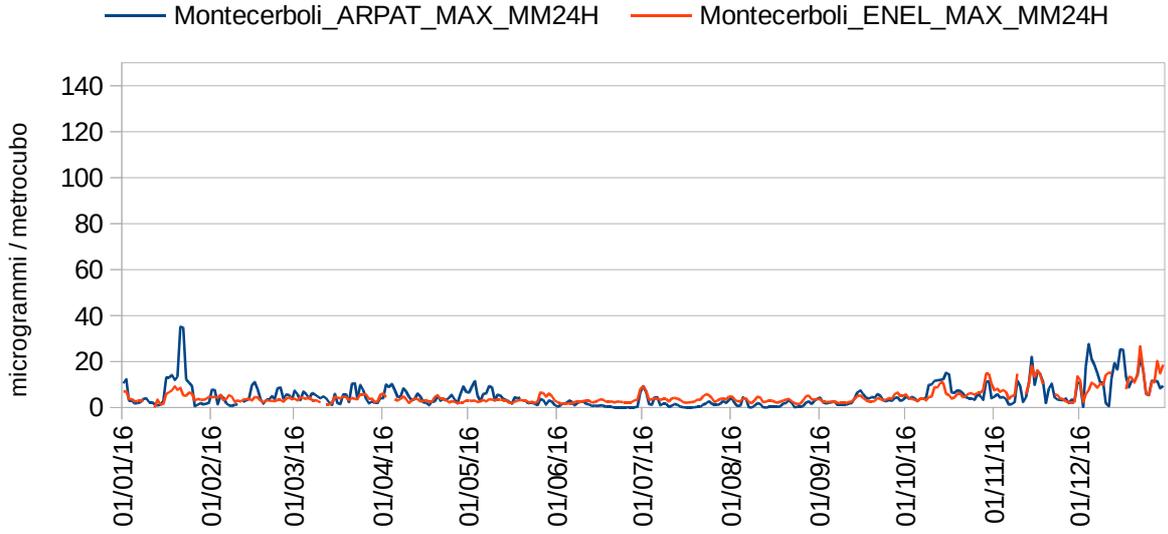
La stazione fissa di Montecerboli fa parte della rete pubblica di monitoraggio della Qualità dell'Aria, che è gestita, in base al DGRT n° 1025 del 06/12/2010, per conto della Regione da ARPAT tramite il Settore Centro Regionale Tutela Qualità dell'Aria (CRTQA).

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 O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> e PM<sub>10</sub>, anche di H<sub>2</sub>S.

Di seguito si riportano i grafici elaborati dai dati ricavati dalla stazione fissa ARPAT per il massimo giornaliero delle medie mobili rispettivamente calcolate su 24 ore, 14 giorni e 90 giorni, messi a confronto con gli analoghi rilevati dalla stazione di ENEL.

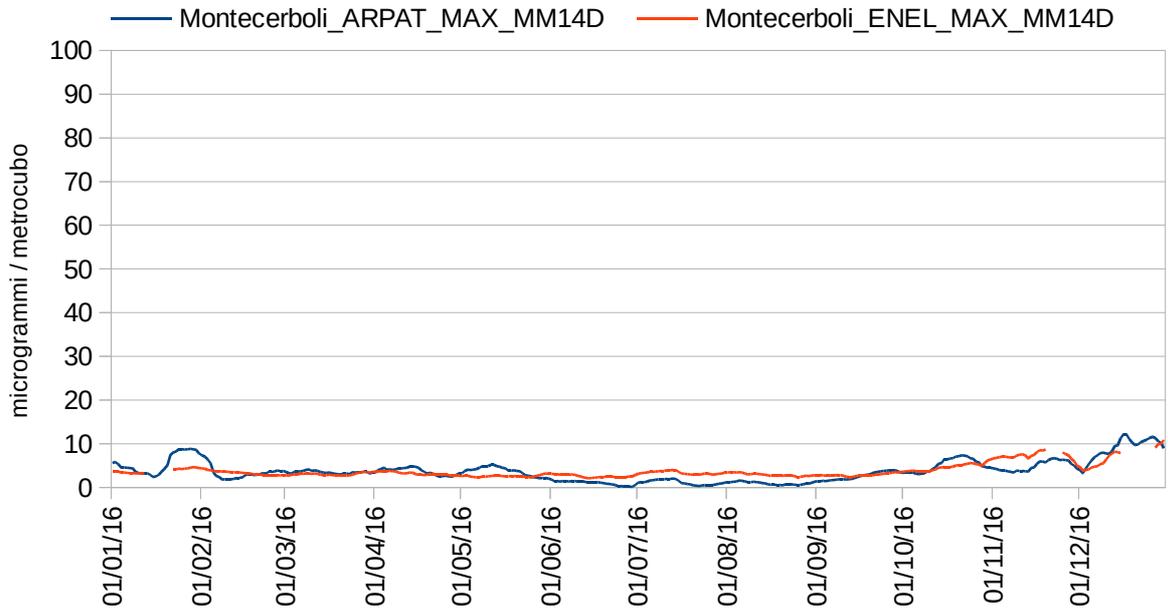
### Montecerboli

Max giornaliero della media mobile su 24 ore



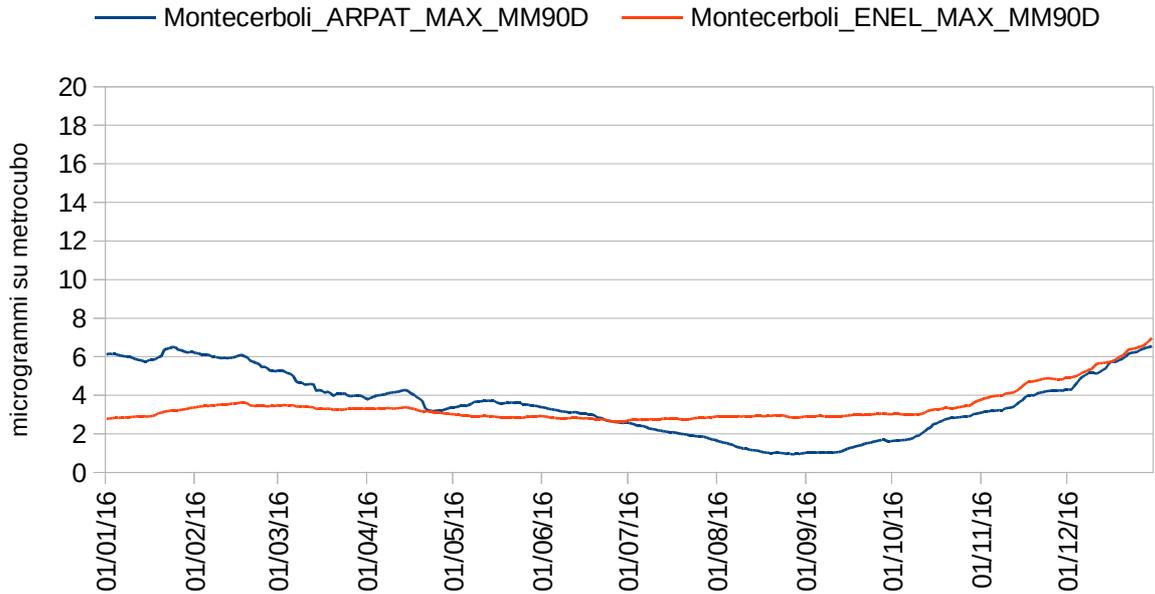
### Montecerboli

Massimo giornaliero della media mobile 14 giorni



## Montecerboli

Massimo giornaliero della media mobile 90 giorni



La differenza tra i dati rilevati dalle due centraline, osservata negli anni precedenti durante i mesi invernali, è andata progressivamente riducendosi fino a registrare valori sostanzialmente analoghi, come confermato dai dati registrati dal mezzo GEO2 durante l'affiancamento effettuato dal 2/11/2016 al 24/01/2017, meglio esaminati nello paragrafo specifico di questo Report.

Non è stato possibile capire la causa delle differenze di rilevazione constatate durante le ultime due stagioni invernali che, come già indicato, possono essere imputate in parte all'incertezza di misura legata alla sensibilità strumentale, soprattutto tenendo presente che le concentrazioni misurate sono basse e vicine al limite di rilevabilità strumentale, in parte alle condizioni climatiche avverse dei mesi invernali (temperatura, umidità, vento, pioggia, etc.).

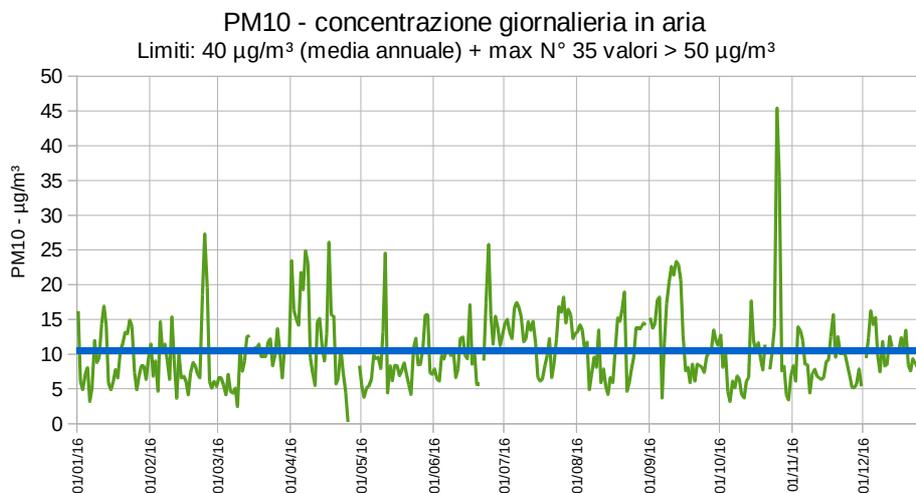
In conclusione si ritiene comunque opportuno sottolineare che entrambe le stazioni di rilevamento registrano valori inferiori ai limiti di riferimento individuati nelle Linee Guida del WHO.

Di seguito si riporta una tabella riepilogativa dei valori orari della concentrazione di Idrogeno solforato ( $H_2S$ ) rilevati da ARPAT nel 2016, messi a raffronto con quelli della vicina stazione ENEL:

Stazioni fisse in Loc.Montecerboli, Pomarance (PI)	Arpat	Enel	Note
data inizio monitoraggio $H_2S$	01/01/16	01/01/16	
data fine monitoraggio	31/12/16	31/12/16	
giorni monitoraggio	366	366	
ore	8784	8784	
ore valide	8326	8245	
numero superamenti WHO-OMS	0	0	
media del periodo [ $\mu g/m^3$ ]	3,67	3,98	
max media mobile su 24h [ $\mu g/m^3$ ]	35,09	30,19	Lim=150 $\mu g/m^3$
max concentrazione media giornaliera [ $\mu g/m^3$ ]	34,67	22,48	
numero giorni con concentrazione media >7	56	34	
n°ore con concentrazione >7	1155	859	
massima oraria del periodo [ $\mu g/m^3$ ]	93,3257	80,92	

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

Di seguito si riporta il grafico giornaliero delle concentrazioni di PM10 in aria rilevate dalla centralina di monitoraggio ARPAT a Montecerboli, dove con linea blu orizzontale è stato indicato il valore medio dei dati registrati e da cui si deduce il rispetto dei limiti vigenti:



## 5.2 Mezzo ARPAT GEO 1

In considerazione dell'ampliamento della area produttiva di Bagnore, negli ultimi anni il mezzo mobile GEO1 ha effettuato alcuni monitoraggi di lungo periodo nell'area di Arcidosso. Nella figura sono riportate le posizioni delle centrali geotermoelettriche di Bagnore 3 e Bagnore 4 (quadrato rosso), l'attuale localizzazione del mezzo mobile ARPAT Geo1 (cerchio verde- in loc. Bagnoli) e delle stazioni QA di ENEL (quadrati celeste).

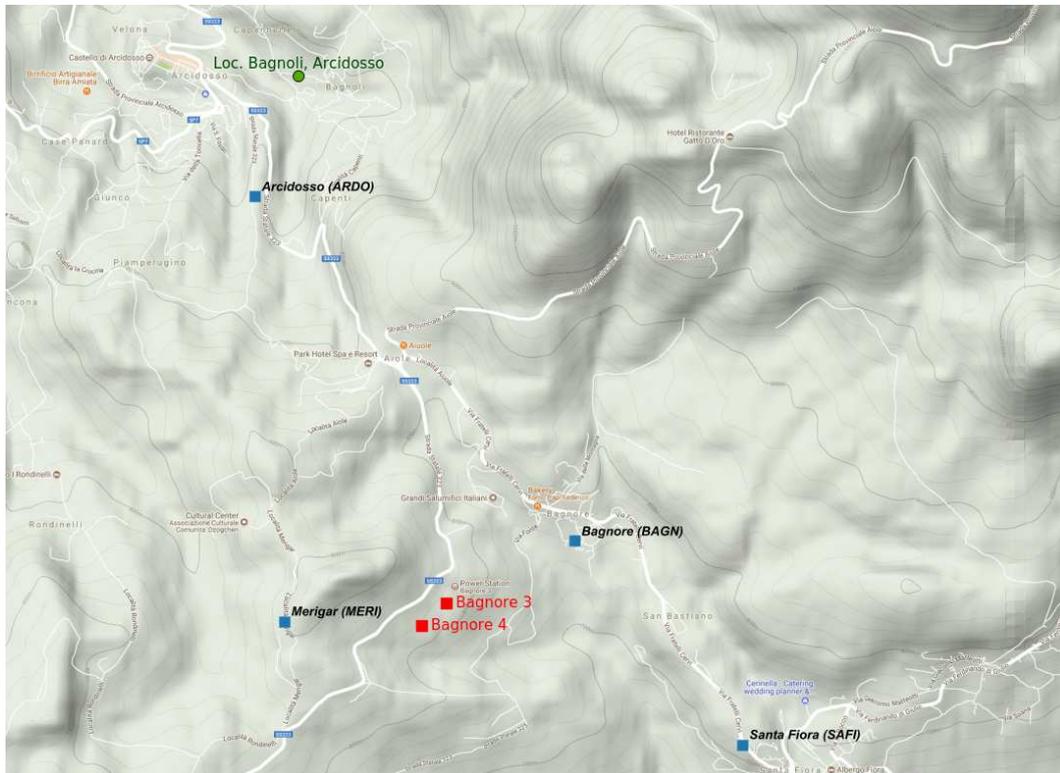


Fig. 07: Area Bagnore: CGTE ENEL (rosso), SQA (celeste) e la postazione del mezzo ARPAT GEO1 (verde)

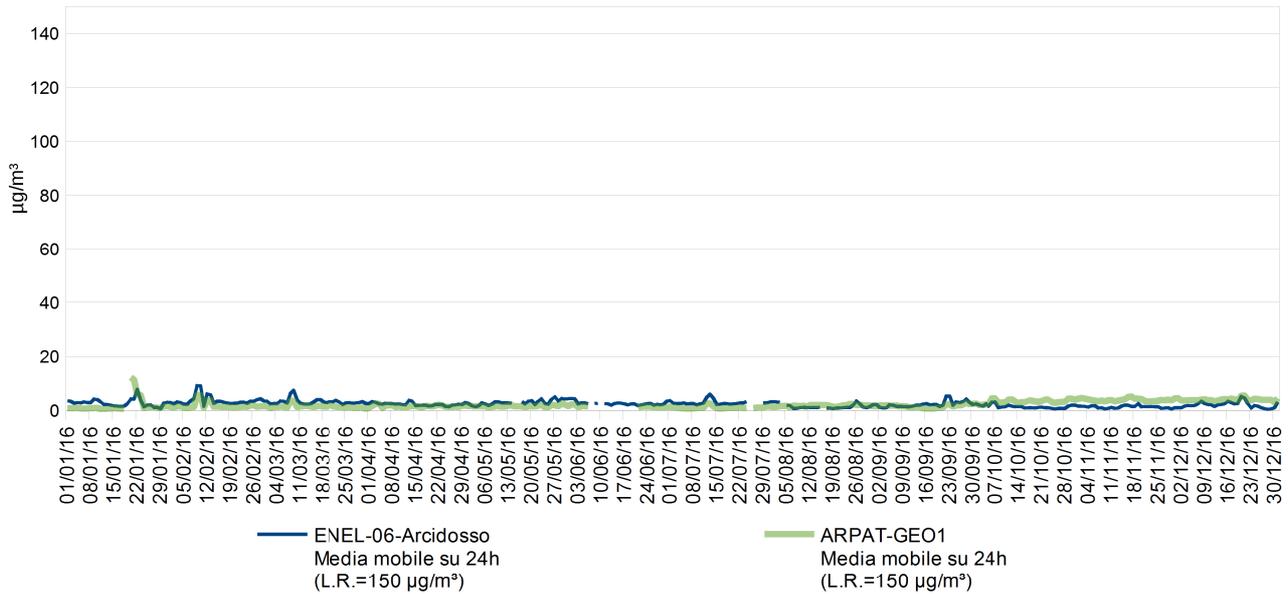
In data 8 maggio 2013, su richiesta del Comune di Arcidosso, il mezzo GEO1 di ARPAT è stato spostato nella frazione "Bagnoli" (Arcidosso) per verificare i livelli di  $H_2S$  anche in tale località. Con riferimento a un intervento manutentivo programmato, il GEO1 è stato rimosso in data 01 dicembre 2014 e riposizionato, nel medesimo sito, in data 18 dicembre 2014, dove staziona tuttora.

### 5.2.1 Monitoraggio 2016 in località Bagnoli, Arcidosso (GR)

I dati rilevati dal mezzo ARPAT nel 2016 sono stati messi a confronto con i dati registrati dalla stazione di qualità dell'aria ENEL di Arcidosso, non molto distante e ubicata a circa 1000 m a sud rispetto alla postazione del mezzo Geo1.

## Arcidosso, Loc. Bagnoli - ARPAT GEO1

Massimo giornaliero della media mobile su 24 ore di H2S in aria



L'esame del grafico mostra come le due stazioni di monitoraggio abbiano un andamento simile, ampiamente inferiore al limite di riferimento di 150 µg/m<sup>3</sup>, con la stazione di ARPAT che rileva valori di entità poco inferiori alla centralina ENEL nella prima metà dell'anno e leggermente superiori nella seconda metà dell'anno.

La tabella sottostante riporta una sintesi dei dati rilevati nel 2016 in località Bagnoli:

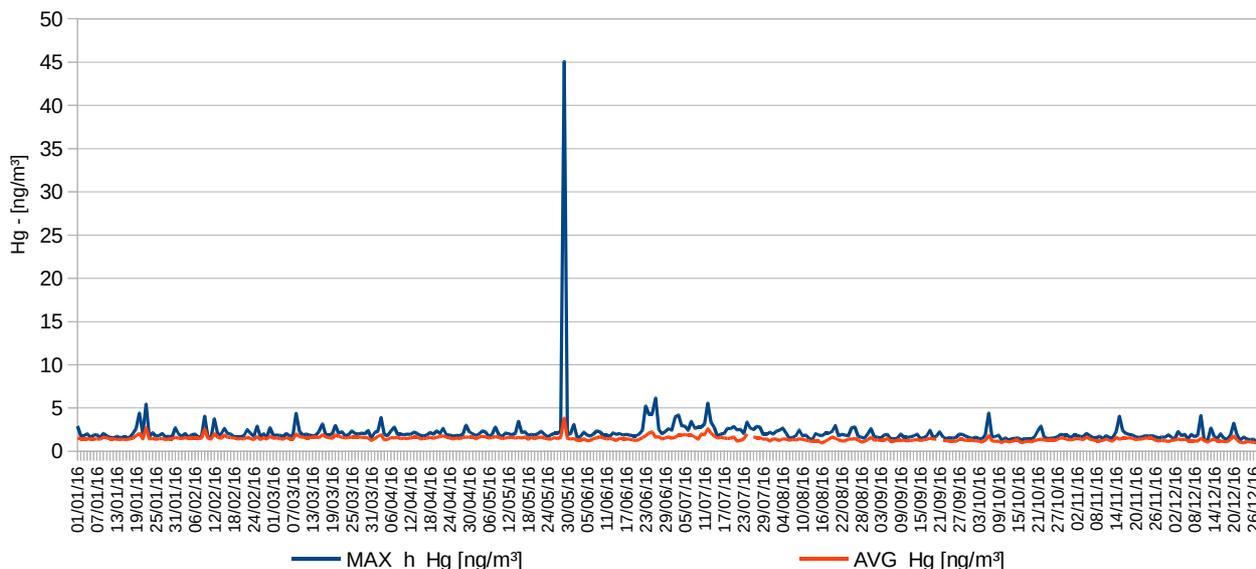
Loc. Bagnoli (Arcidosso, GR)	ARPAT Geo1	ENEL 6 (ARCI)	Note
data inizio monitoraggio	01/01/16	01/01/16	
data fine monitoraggio	31/12/16	31/12/16	
giorni monitoraggio	366	366	
ore	8784	8784	
ore valide	7858	8404	
numero superamenti WHO-OMS	0	0	
media del periodo [µg/m <sup>3</sup> ]	1,88	2,02	
max media mobile su 24h [µg/m <sup>3</sup> ]	12,32	9,17	Lim=150 µg/m <sup>3</sup>
max concentrazione media giornaliera [µg/m <sup>3</sup> ]	11,8	9,12	
numero giorni con concentrazione media >7	1	1	
n°ore con concentrazione >7	58	110	
massima oraria del periodo [µg/m <sup>3</sup> ]	126,076	33,74	

Come si può osservare durante tutto il 2016 non si sono rilevati superamenti dei valori suggeriti nelle Linee guida redatte dal World Health Organization, Regional Office for Europe (WHO).

Pur essendo ubicate in due postazioni distinte, il monitoraggio svolto da ARPAT conferma la validità e le analogie con il monitoraggio effettuato da ENEL nella postazione di Arcidosso (ARCI) circa il rispetto dei limiti di cautela sanitaria.

Il mezzo GEO1 effettua anche il monitoraggio della concentrazione di mercurio gassoso (Hg) in aria. Di seguito si riporta il grafico relativo alla massimo valore orario (HG\_MAX\_h) e la media giornaliera (HG\_AVG\_d) calcolati giorno per giorno:

ARPAT - GEO1 - c/o Arcidosso, Località Bagnoli  
Monitoraggio Hg - Limite=200 ng/m<sup>3</sup> (come media annuale)



Pur non essendo stato possibile accertare la causa del picco orario registrato a maggio 2016, non potendo nemmeno escludere l'ipotesi di dato anomalo, dal grafico sopra riportato è possibile verificare agevolmente il rispetto del limite di riferimento individuato, pari a 200 ng/m<sup>3</sup> come media annuale.

### 5.3 Mezzo ARPAT GEO 2

Nel 2016 il mezzo GEO2 ha effettuato per il Settore Geotermia i seguenti due monitoraggi:

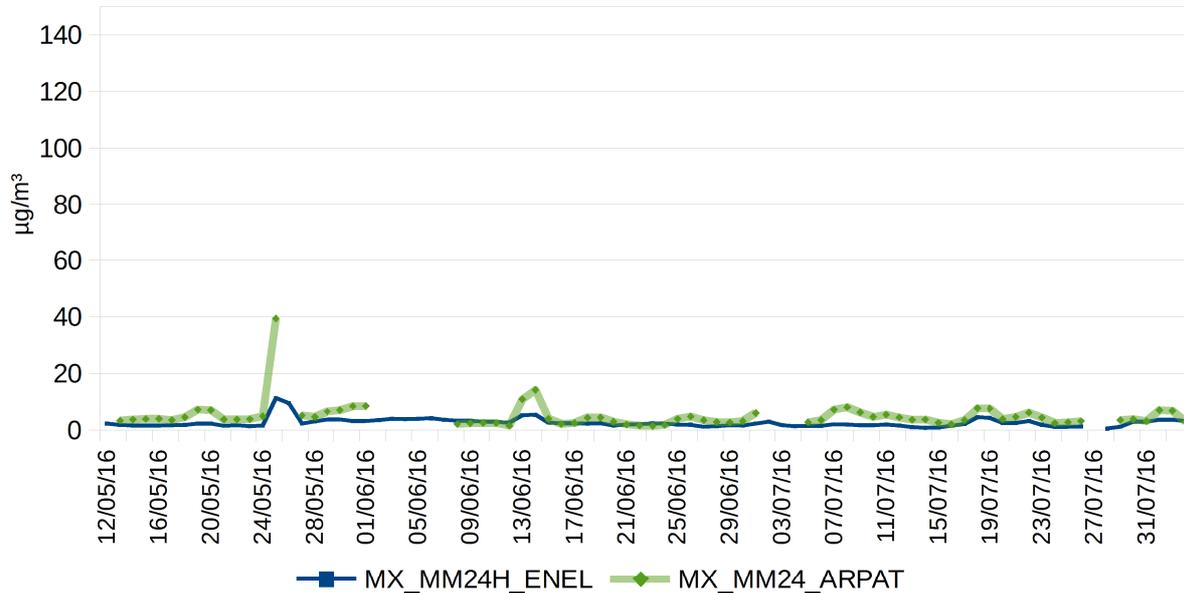
- 12/05 al 4/8/2017 – Piancastagnaio (SI) c/o Stazione ENEL PICA;
- 2/11 -24/01/2017 – Montecerboli (PI) c/o Stazione ENEL MONT.

Si fa presente che per il resto dell'anno il mezzo GEO2 non è stato gestito da questo Settore, in quanto impiegato da ARPAT per altre attività istituzionali.

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

### 5.3.1 Monitoraggio in località Piancastagnaio (SI). Periodo 11/05 al 4/8/2016

Piancastagnaio, c/o ENEL PICA - ARPAT GEO2  
Massimo giornaliero della media mobile su 24 ore di H2S in aria

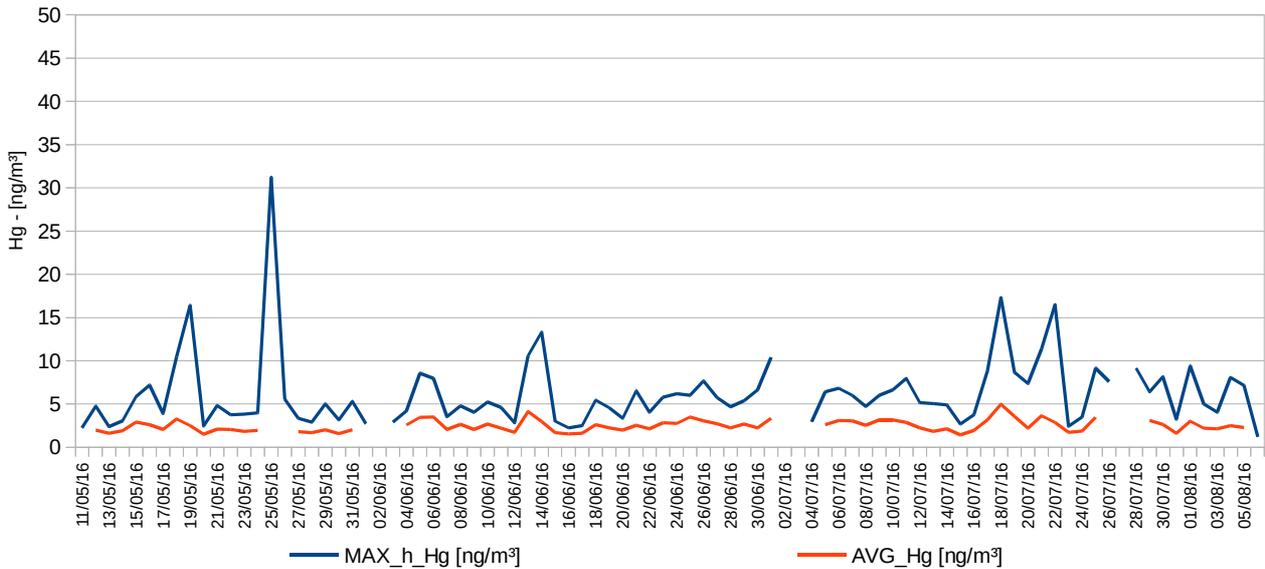


Dal grafico è possibile osservare una sostanziale coerenza tra dati registrati dal mezzo ARPAT e la stazione di monitoraggio della qualità dell'aria di ENEL "PICA". La tabella sottostante riporta una sintesi dei dati rilevati durante il monitoraggio:

Piancastagnaio (SI), c/o ENEL PICA	ARPAT Geo2	ENEL 9 (PICA)	Note
data inizio monitoraggio	12/05/16	12/05/16	
data fine monitoraggio	05/08/16	05/08/16	
giorni monitoraggio	86	85	
ore	2037	2037	
ore valide	1688	1940	
numero superamenti WHO-OMS	0	0	
media del periodo [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	4,06	2,15	
max media mobile su 24h [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	39,41	11,28	Lim=150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
max concentrazione media giornaliera [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	52,42	10,95	
numero giorni con concentrazione media >7	6	1	
n°ore con concentrazione >7	188	37	
massima oraria del periodo [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	143,776	32,76	

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

ARPAT GEO2 - Piancastagnaio c/o ENEL PICA  
 Monitoraggio Hg - Limite=200 ng/m<sup>3</sup> (come media annuale)

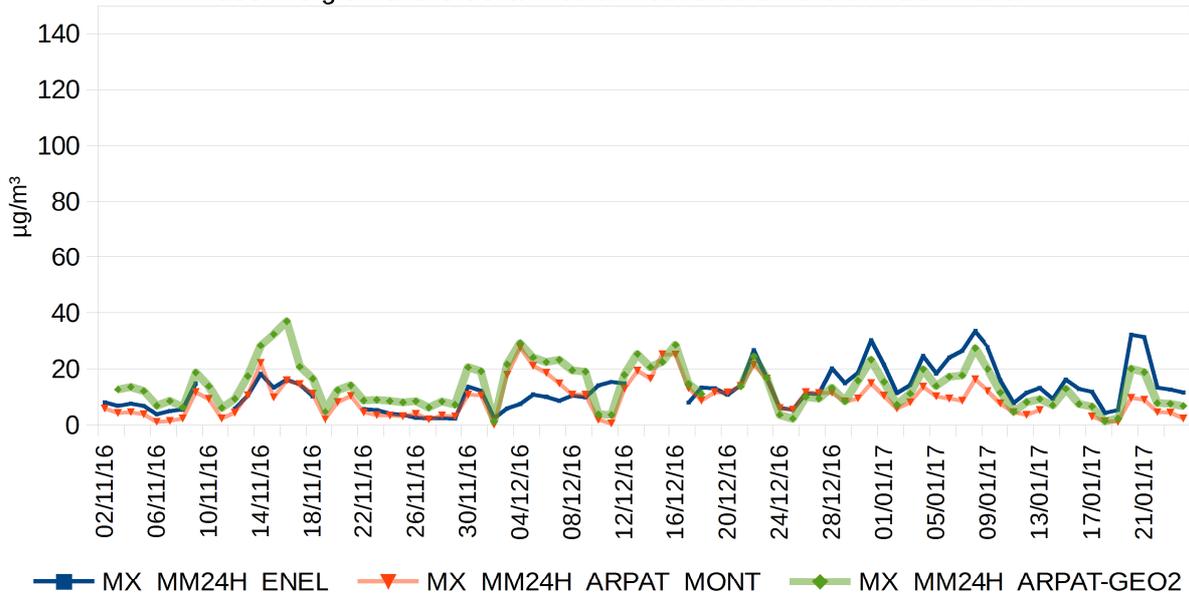


Come è possibile osservare tutti i valori orari rilevati si mantengono ampiamente al di sotto del valore limite di 200 ng/m<sup>3</sup>, indicato però come media annuale dei dati disponibili.

### 5.3.2 Monitoraggio a Pomarance (PI) Loc. Montecerboli (PI). 2/11/2016-24/01/2017

A seguito delle differenze registrate tra le stazioni fisse di ARPAT e di ENEL, ubicate a Montecerboli, nei mesi invernali della stagione 2016-2017 il mezzo GEO2 è stato posizionato affiancato alle due Centrali al fine di verificarne l'andamento.

Loc. Montecerboli, c/o SQA - ARPAT GEO2  
 Massimo giornaliero della media mobile su 24 ore di H2S in aria



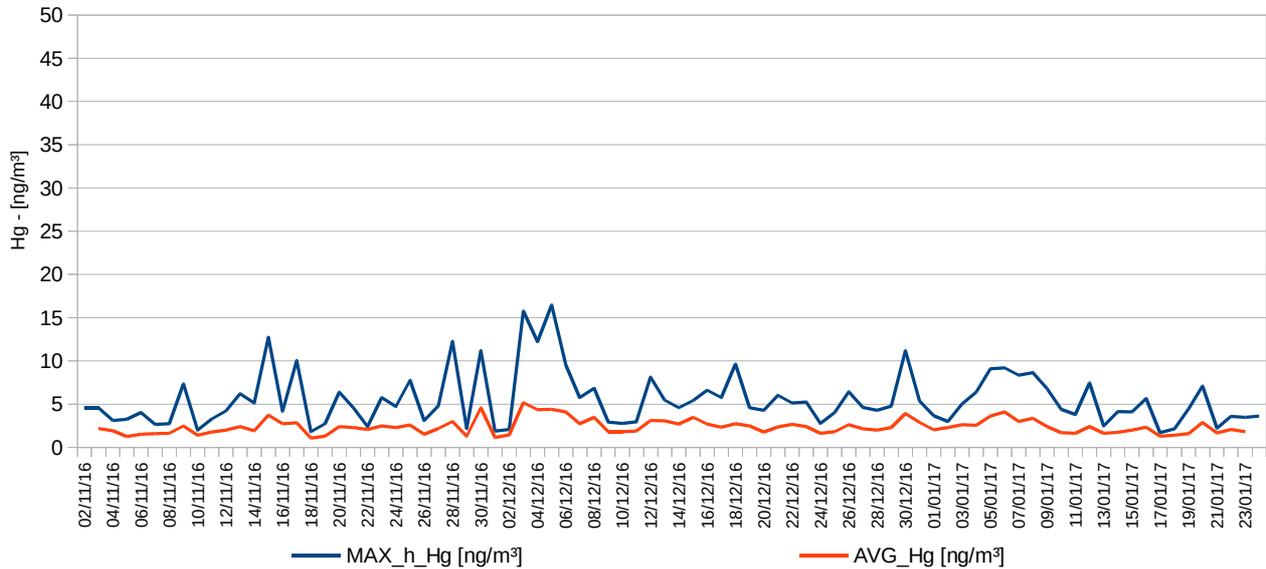
Dal grafico è possibile osservare una sostanziale coerenza tra dati registrati dal mezzo ARPAT e le due stazioni di monitoraggio fisse di ARPAT e di ENEL (MONT). La tabella sottostante riporta una sintesi dei dati rilevati:

Pomarance (PI), Loc. Montecerboli, c/o ENEL MONT / ARPAT Montecerboli	ARPAT Geo2	ENEL (MONT)	Note
data inizio monitoraggio	02/11/16	02/11/16	
data fine monitoraggio	24/01/17	24/01/17	
giorni monitoraggio	84	83	
ore	1989	1989	
ore valide	1819	1725	
numero superamenti WHO-OMS	0	0	
media del periodo [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	10,14	9,86	
max media mobile su 24h [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	36,89	33,42	Lim=150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
max concentrazione media giornaliera [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	32,31	31,56	
numero giorni con concentrazione media >7	50	44	
n°ore con concentrazione >7	731	766	
massima oraria del periodo [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	157,807	92,96	

Dai dati sopra sintetizzati, si può confermare la sostanziale validità dei dati elaborati da ENEL e l'assenza, nel corso del 2016, di valori superiori ai valori di riferimento suggeriti dal WHO per le medie mobili calcolate su 24 ore, 15 giorni e 90 giorni della concentrazione di Idrogeno Solforato.

Il mezzo GEO2 è attrezzato anche per la misura della concentrazione in aria di mercurio gassoso (Hg). Il grafico relativo ai dati rilevati durante le due campagne sopra dette è il seguente:

ARPAT GEO2 - Montecerboli c/o ENEL MONT  
Monitoraggio Hg - Limite=200 ng/m<sup>3</sup> (come media annuale)



Come è possibile osservare, tutti i valori orari rilevati si mantengono ampiamente al di sotto del valore limite di 200 ng/m<sup>3</sup>, da valutarsi però come media annuale dei dati disponibili.

## 6 CONCLUSIONI

Funzionalità stazioni QA di ENEL. Sulla base delle verifiche a campione effettuate attraverso i mezzi mobili, GEO1 e GEO2, e dei dati rilevati presso la postazione fissa ubicata a Montecerboli, lo scrivente Settore ritiene che le concentrazioni in aria di idrogeno solforato rilevate da ENEL GREEN POWER nel corso del 2016, come sintetizzate nelle tabelle di sintesi dei capitoli precedenti, possano ritenersi rappresentative della qualità dell'aria nelle aree geotermiche toscane.

Nel 2015 ENEL ha effettuato l'upgrade/manutenzione degli impianti AMIS nelle Centrali dell'area tradizionale di Farinello, Nuova Lago, Nuova Monterotondo, Nuova San Martino, Travale 3 e Vallesecolo 1-2. Sono stati installati gli AMIS nelle Centrali dell'area Geotermica di Lago che prima ne erano sprovviste: Monteverdi 1 e Monteverdi 2, Carboli 1, Carboli 2, Cornia 2 e Selva.

Gli effetti positivi di tale intervento sono tangibili attraverso i dati rilevati nel 2016 ed esposti nelle pagine precedenti.

Per finire sottolineiamo che nel 2016 non si è registrato alcun superamento dei valori di riferimento per la tutela sanitaria indicati dal World Health Organization per le medie mobili calcolate su 24 ore ( $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), su intervalli temporali da 2 a 14 giorni ( $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), e su intervalli temporali di 15-90 giorni ( $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Data: 21 / 08 / 2017

Stesura

Dott. Alessandro Bagnoli

Responsabile Stesura e approvazione

Dott. Ivano Gartner (\*)

*(\*) Documento informatico sottoscritto con firma elettronica qualificata così come definita all'art.1, co.1, lett. r) del D.Lgs 82/2005. L'originale informatico è stato predisposto e conservato presso ARPAT in conformità alle regole tecniche di cui all'art. 71 del D.Lgs 82/2005. Nella copia analogica la sottoscrizione con firma autografa è sostituita dall'indicazione a stampa del nominativo del soggetto responsabile secondo le disposizioni di cui all'art. 3 del D.Lgs 39/1993.*