

I 200 anni dell'utilizzo industriale del sito di Larderello: una geotermia sostenibile

“Le attività di controllo di ARPAT”

Dott. Simone Magi
Dott. Alessandro Bagnoli
Dott. Luca Sbrilli

7 Maggio 2018
Auditorium dell'Area della Ricerca del CNR di Pisa
(Via Moruzzi, 1 – 56124 Pisa)

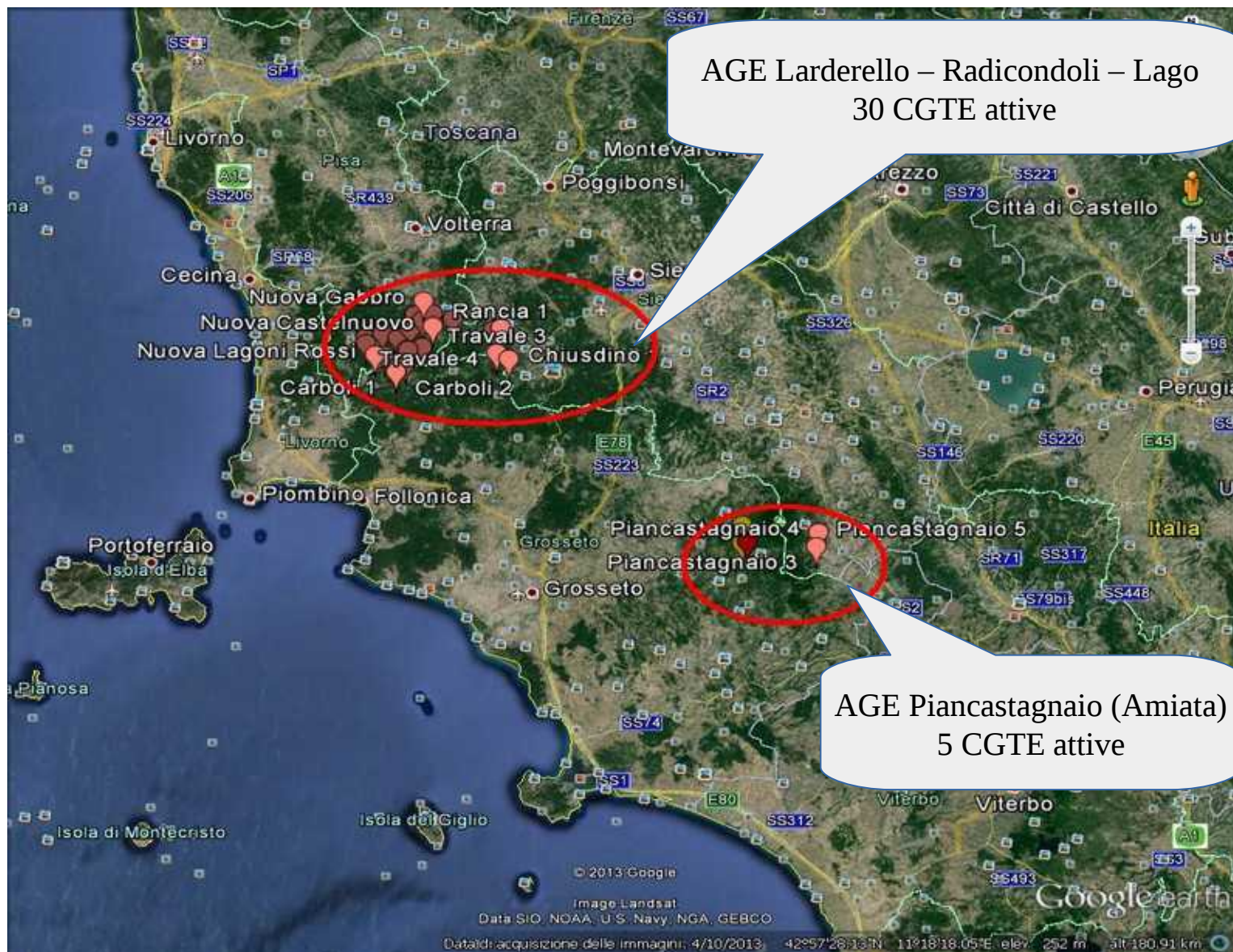
Controlli alle emissioni



In Toscana sono attive 35 centrali (36 gruppi produttivi totali), gestite da ENEL Green Power, dislocate in quattro Aree territoriali o AGE (Larderello, Radicondoli, Lago, Piancastagnaio).

La coltivazione dei fluidi geotermici in Toscana produce una quantità di energia elettrica pari a circa il 35% del fabbisogno elettrico regionale.





Una centrale geotermoelettrica (CGTE) sfrutta il fluido geotermico, composto da una miscela di acqua liquida, vapore e gas. Esclusivamente la componente di vapore e gas viene sfruttata dalla turbina di centrale, per trasformare il calore del fluido in energia meccanica e successivamente in energia elettrica.

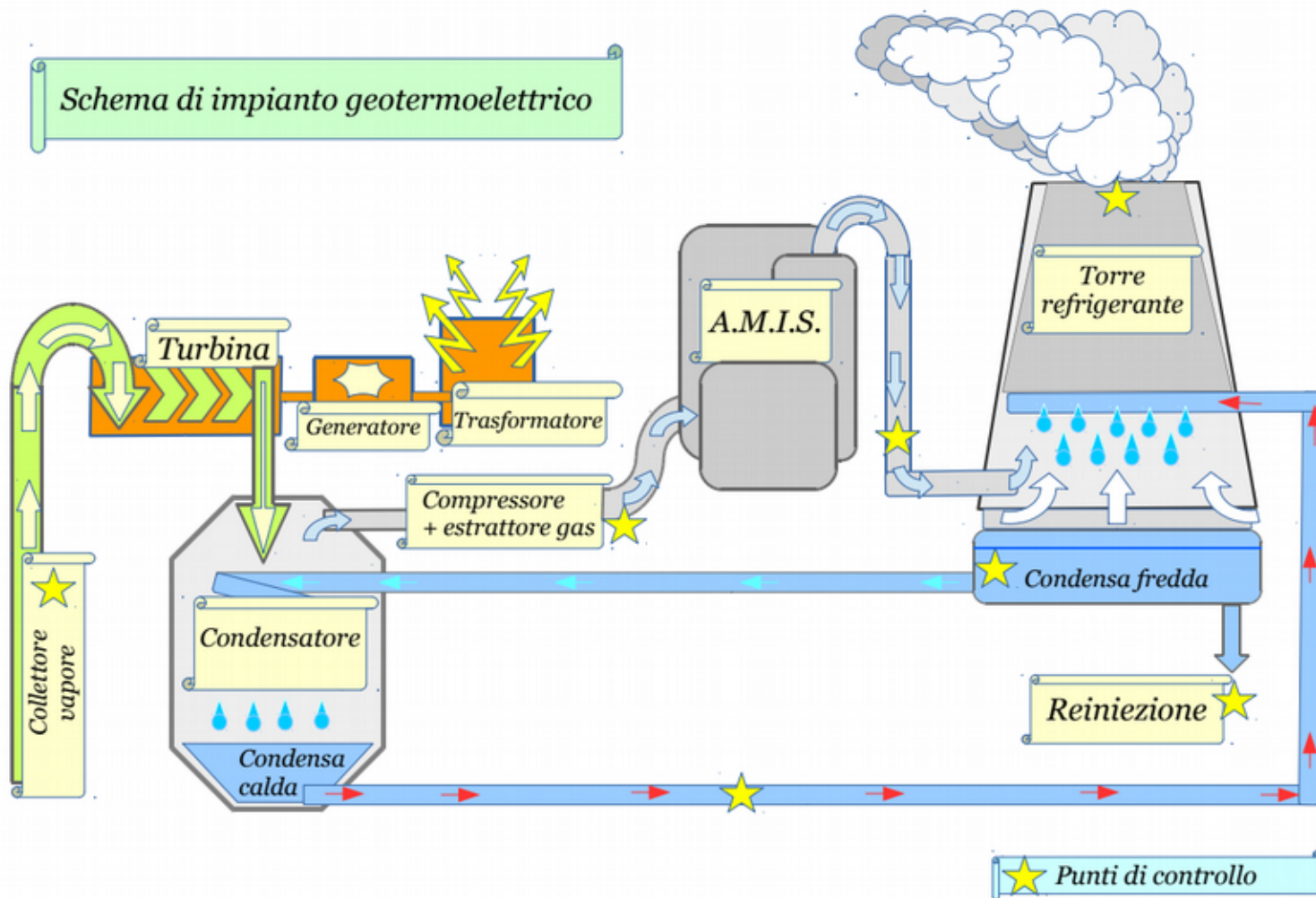


CGTE con torri a tiraggio naturale

CGTE con torri a tiraggio indotto

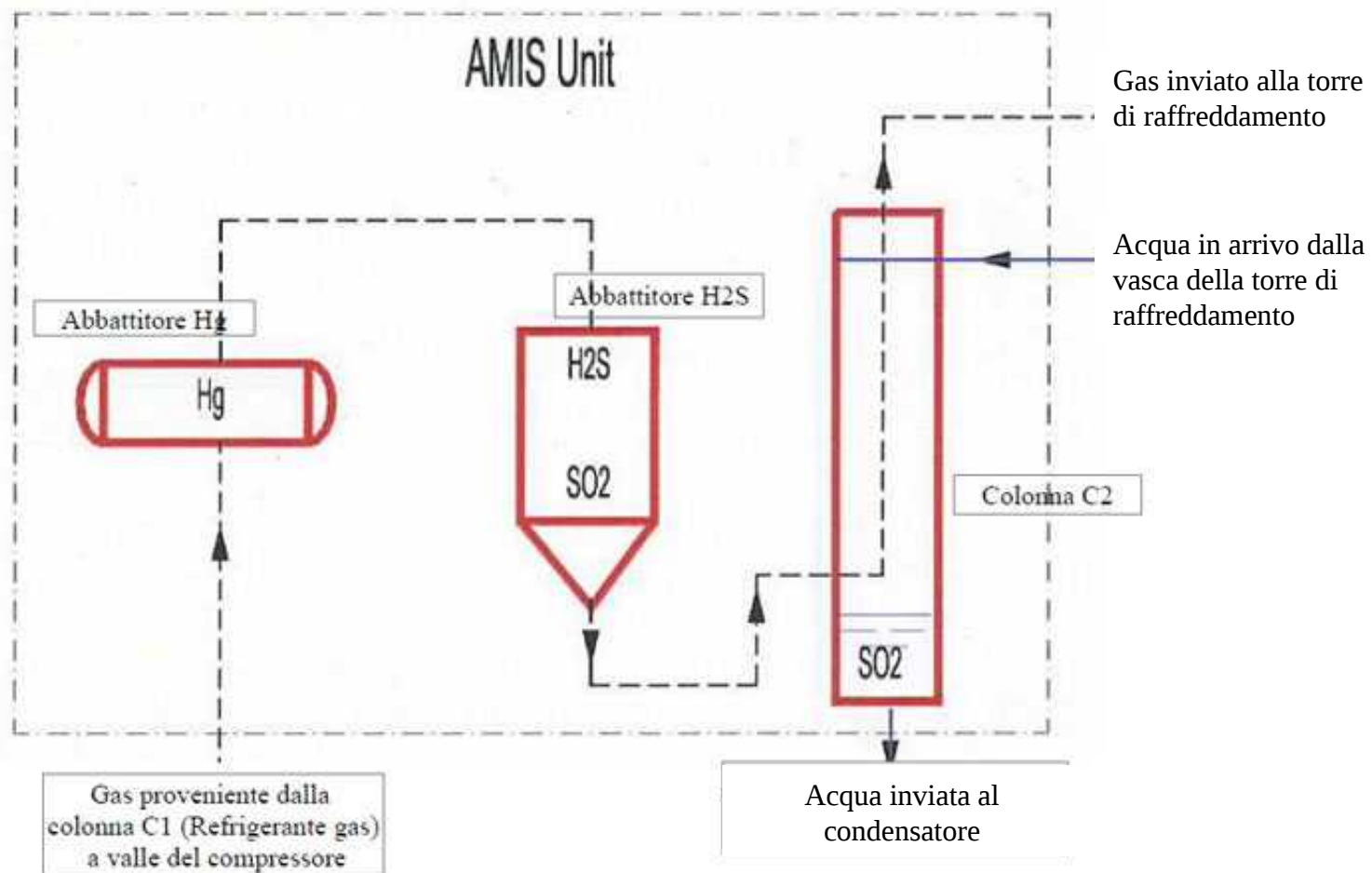


Schema di impianto geotermoelettrico



Correnti di processo emissive:

- Aeriforme in emissione dalla Torre evaporativa
- Gas in uscita AMIS (a regime, inviata alla base della torre e allontanata con l'aeriforme).





Impianto AMIS

Ciascuna CGTE è dotata di sistema di abbattimento, denominato AMIS, per il mercurio (Hg) e l'idrogeno solforato (H_2S) presenti nel gas incondensabile in uscita dal compressore.

L'efficienza di abbattimento è molto alta, 97-99% per H_2S e il 90-95 % per Hg (da 90 kg/h a 0,2 kg/h per H_2S ; da 1,2 kg/h a 0,7 g/h per Hg)

Campionamenti per il controllo in una centrale geotermoelettrica:

Collettore gas:

Composizione gas (H_2S CO_2 CH_4 N_2 CO O_2 He H_2) (EPA 3C -1996)

Ammoniaca (UNICHIM 632)

**Determinazione di ammoniaca ed idrogeno solforato in condensa
(Misure di portata)***

Scarico compressore ed uscita AMIS:

Composizione gas (H_2S CO_2 CH_4 N_2 CO O_2 He H_2) + Umidità

Ammoniaca (UNICHIM 632)

Determinazione di Hg e As (Se+Sb)

Misure di portata

H_2S e SO_2 con analizzatore di gas portatile (solo in uscita AMIS)

Torre di raffreddamento:

Determinazione di Hg e As (Se+Sb) (D.D. Reg.Tosc. 9721 26/09/2016)

Determinazione di NH_3 e H_2S (UNICHIM 632 - 634)

(Campionamento Drift)*

Misure di portata

Acque di condensa

**Ingresso torre refrigerante, vasca torre, scarico colonna C2 AMIS, vasca di
reiniezione**



Un controllo completo impiega 2-3 gg. lavorativi, durante i quali vengono prelevati circa 40 campioni, tra liquidi e gassosi, per la determinazione dei parametri chimici, sia nelle acque di condensa che nell'aeriforme emesso in atmosfera.

Vengono inoltre effettuate misure fisiche nei diversi settori impiantistici (temperatura, pressione dei condotti, flussi, velocità del fluido, pressione differenziale del fluido).



Il quadro normativo nazionale di riferimento è, lo stesso previsto per le emissioni, quello del 152:2006, parte quinta “Norme in materia di tutela della qualità dell'aria e di riduzione delle emissioni in atmosfera”, titolo primo “Prevenzione e limitazione delle emissioni in atmosfera di impianti e attività”. Sostituisce il DPR 203 1988 (attuativo delle direttive europee)

“Gli effluenti gassosi negli impianti che utilizzano i fluidi geotermici devono essere dispersi mediante torri refrigeranti e camini di caratteristiche adatte. Per ciascuno dei due tipi di emissione i valori di emissione minimi e massimi sono riferiti agli effluenti gassosi umidi e intesi come media oraria su base mensile (paragrafo 3, sezione 2, all. I, parte IV della Parte V)”

H ₂ S	70 - 100 mg/Nm ³ per un flusso di massa uguale o superiore a 170 kg/h
As (come sali disciolti nell'acqua trascinata)	1 - 1,5 mg/Nm ³ per un flusso di massa uguale o superiore a 5 g/h
Hg (come sali disciolti nell'acqua trascinata)	0,2 - 0,4 mg/Nm ³ per un flusso di massa uguale o superiore a 1 g/h

La **Regione Toscana** ha previsto limiti alle emissioni più restrittivi con la **Delibera n.344 del 22/03/2010**.

Tabella 4.1 - Valori di emissione in flusso di massa

Descrizione	H ₂ S Kg/h	Hg g/h	SO ₂ g/h
Uscita impianto AMIS	3 (*)	2	200
Uscita dalla centrale a tiraggio naturale fino a 20 MW	10	4	
Uscita dalla centrale a tiraggio naturale > 20 MW	20	8	
Uscita dalla centrale a tiraggio indotto fino a 20 MW	30	10	
Uscita dalla centrale a tiraggio indotto fino tra 20 e 60 MW	80	15	
Uscita dalla centrale a tiraggio indotto > 60 MW	100	20	

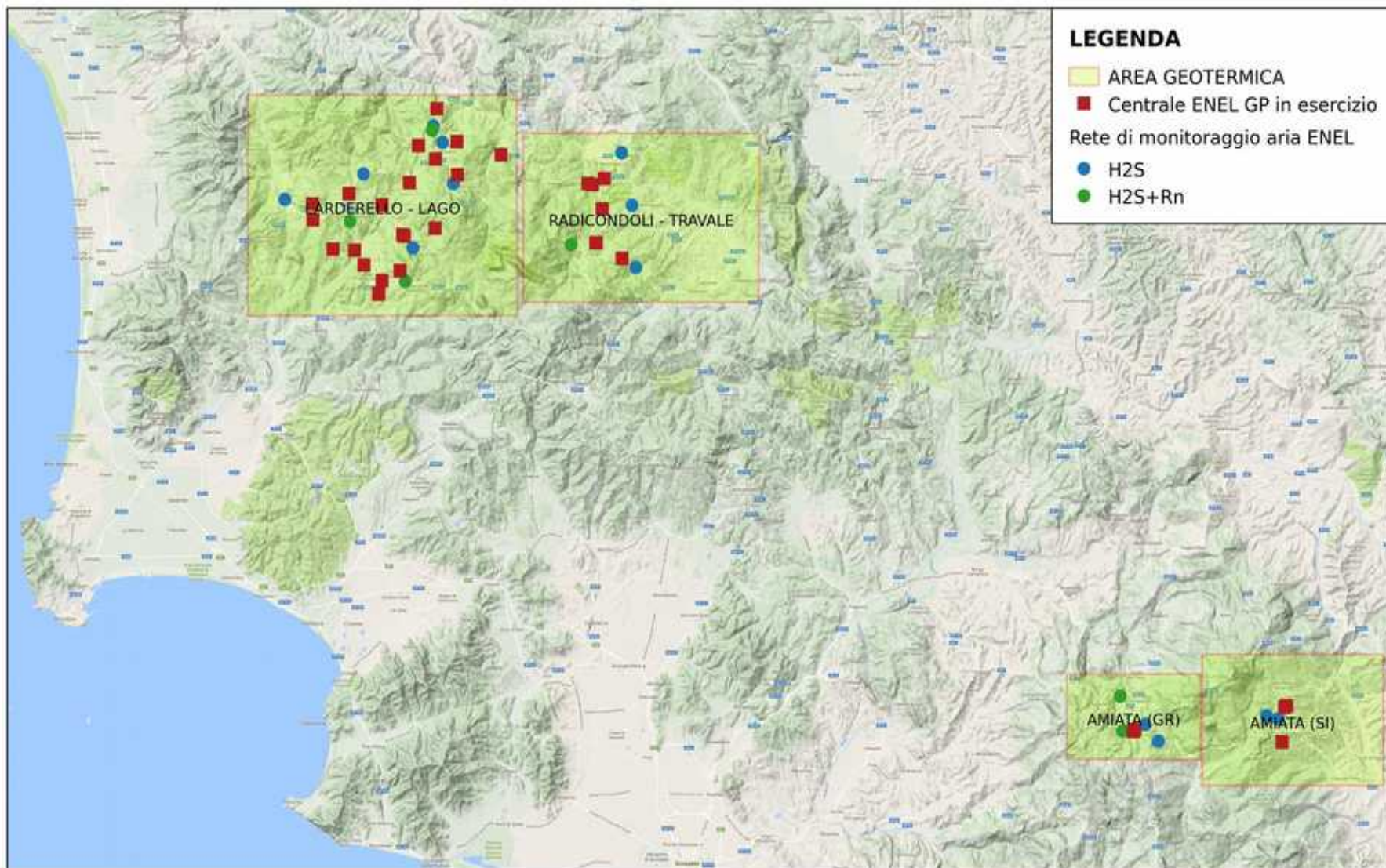
(*) = In caso di superamento di tale valore, il limite si considera comunque rispettato se la percentuale di abbattimento dell'impianto AMIS, per H₂S, è maggiore del 97%.

In considerazione delle quote emissive delle centrali di Enel Green Power ed al probabile sviluppo della geotermia anche in altre regioni, sarebbe auspicabile che i limiti stabiliti a livello regionale, venissero applicati a livello nazionale previa modifica del Dlgs. 152:2006



Il monitoraggio della qualità dell'aria

Inquadramento aree Centrali geotermiche toscane



Il monitoraggio della qualità dell'aria nelle aree geotermiche avviene tramite stazioni automatiche fisse e mobili:

- 1 stazione di qualità aria ARPAT (ubicata a Montecerboli e facente parte della rete regionale (H_2S – PM_{10} – O_3 – NO – NO_2 – NO_x))
- 2 mezzi mobili ARPAT GEO1 e GEOS (H_2S e Hg)
- 18 staz. rete di rilevamento della qualità dell'aria ENEL (tutte H_2S di cui n.6 Radon)

Altri inquinanti monitorati nelle zone geotermiche tramite campagne specifiche sono:

- mercurio (Hg)
- ammoniaca (NH_3)
- arsenico (As)
- boro (B)
- antimonio (Sb)
- polveri fini (PM_{10})
- RADON

Criteri e valori di riferimento

Parametro	Concentrazione	Riferimento individuato
Idrogeno Solforato (H ₂ S)	150 µg/m ³ (media 24 ore)	DGRT 344 del 22/03/2010 (WHO Guidelines ed. 2000)
	100 µg/m ³ (>1-14d – media)	DGRT 344 del 22/03/2010 (WHO-IPCS)
	20 µg/m ³ (>90d – media)	DGRT 344 del 22/03/2010 (WHO-IPCS)
Mercurio (Hg)	0,2 µg/m ³ (media annuale)	DGRT 344 del 22/03/2010 (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 in siti contaminati-aggiornata a novembre 2007.
Ammoniaca (NH ₃)	170 µg/m ³ (media 24 ore)	DGRT 344 del 22/03/2010 (Valore di 17 mg/m ³ riferito al TLV-TWA (Time Weighted Average) dello ACGIH(American Conference of Governmental Industrial Hygienists) ridotto di un valore di confidenza=100).
	70 µg/m ³ (>1-14d – media)	DGRT 344 del 22/03/2010 (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 in siti contaminati.
Radon (Rn)	200 Bq/m ³ (media annuale)	Raccomandazione 90/143/Euratom per edifici di nuova costruzione (indoor)
Particolato (PM ₁₀)	50 µg/m ³ (media giornaliera)	L'allegato XI D.Lgs.155/2010 e s.m.i. fissa un numero massimo dei superamenti annuali (35) della concentrazione media giornaliera di 50 µg/m ³ .
	40 µg/m ³ (media annuale)	Allegato XI D.Lgs.155/2010 e s.m.i.

Monitoraggi ARPAT per la QA

ARPAT ha iniziato a condurre i primi monitoraggi dal 1997, con l'utilizzo di un laboratorio mobile dislocato in varie postazioni nel territorio geotermico regionale.

Dall'Aprile 2000 è stato aggiunto un ulteriore laboratorio mobile (GEO1), dotato di strumentazione per la misura in continuo dell'acido solfidrico.

Da Gennaio 2003 è operativa una cabina, per la misura in continuo dell' H_2S , ubicata nella postazione fissa in loc. Montecerboli, Pomarance (PI).

Nel 2012 il mezzo mobile GEOS è stato messo in gestione al Settore Geotermia.

Dal 2014 entrambi i laboratori mobili GEO1 e GEOS sono stati attrezzati per la misura in continuo del mercurio gassoso.

Mezzi mobili ARPAT

I mezzi **Geo1** e **Geo2** sono impiegati per:

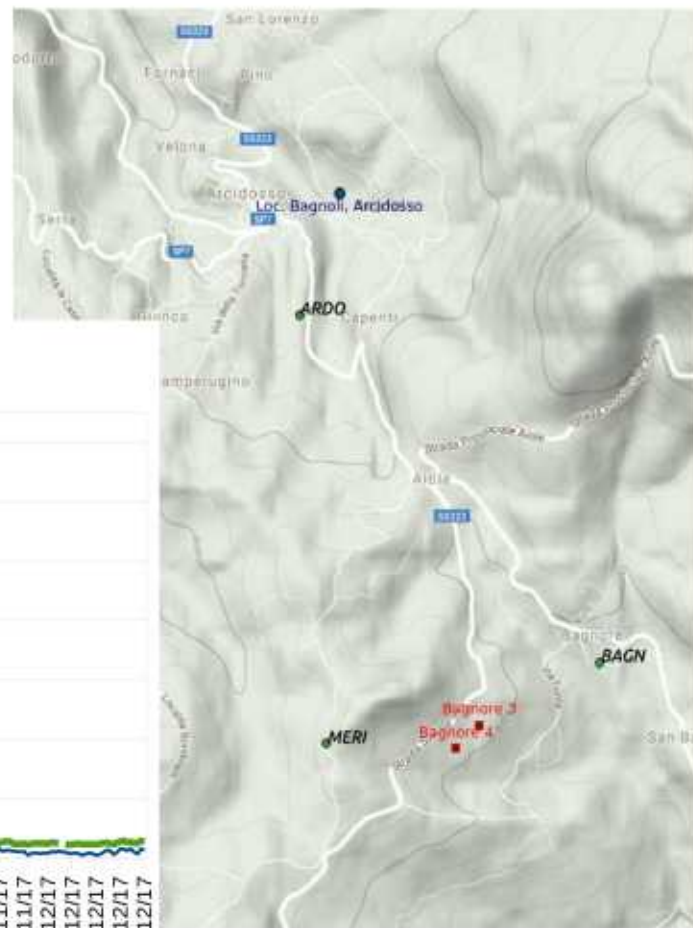
- verificare i dati relativi all' H_2S forniti dalle Stazioni di Qualità dell'aria (SQA) gestite da Enel.
- monitorare aree non servite da stazioni fisse;
- la rilevazione del mercurio (Hg).

Negli ultimi anni i mezzi sono stati impiegati prevalentemente nelle aree dell'Amiata.

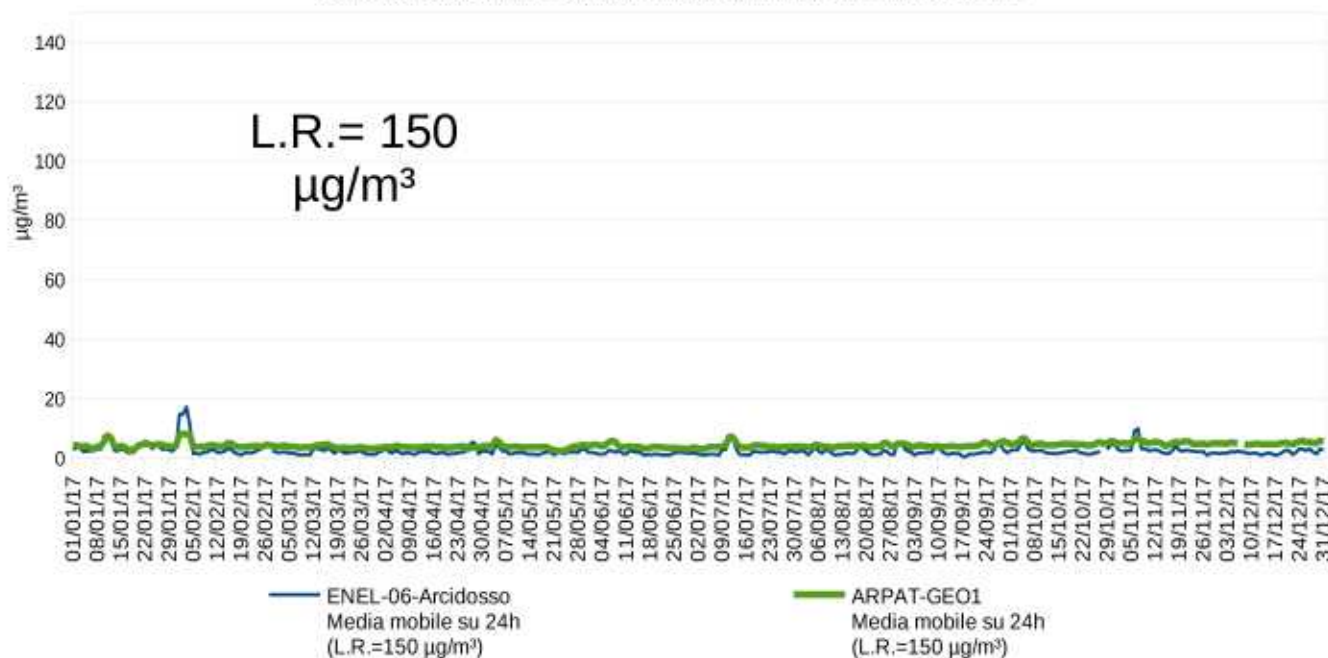
Il controllo di ARPAT dei dati elaborati dalla rete di rilevazione di ENEL si attua anche attraverso l'accesso tramite VPN alla banca dati.

GEO 1: Monitoraggio 2017 in loc. Bagnoli, Arcidosso (GR)

Su richiesta del Comune di Arcidosso, dal 8 maggio 2013, il mezzo GEO1 di ARPAT è ubicato nella frazione "Bagnoli" (Arcidosso) per verificare i livelli di H₂S anche in tale località, dove si trova tuttora, fatta salva la breve pausa dal 01 al 18 dicembre 2014, dovuta alla manutenzione del mezzo.



Arcidosso, Loc. Bagnoli - ARPAT GEO1
 Massimo giornaliero della media mobile su 24 ore di H₂S in aria

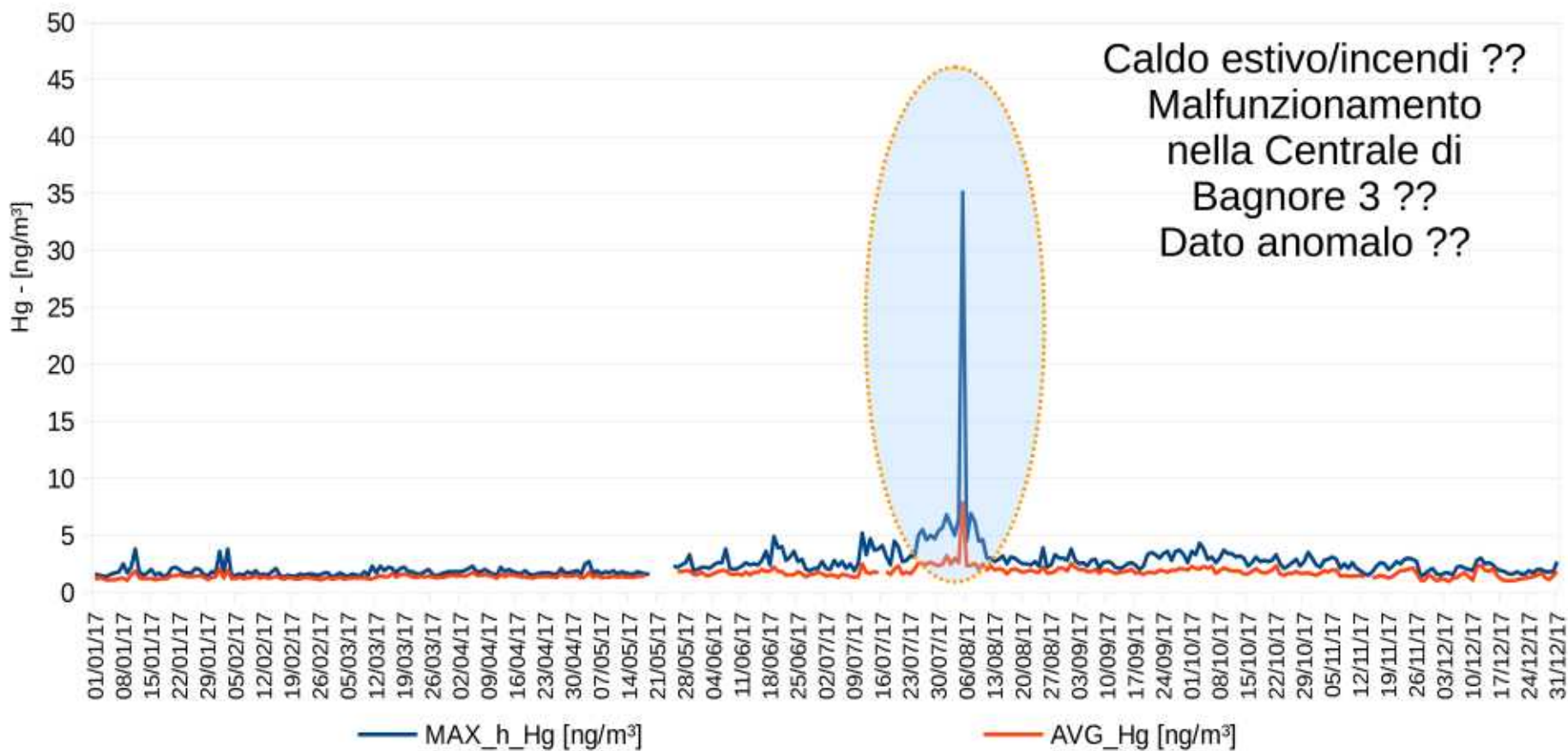


Mercurio gassoso (Hg)

- I valori assunti dall'indicatore concentrazione media del periodo risultano notevolmente inferiori al valore di riferimento MRLs della ATSDR (pari a 200 ng/m³ su media annuale).
- I valori rilevati sono anche notevolmente inferiori al valore guida WHO-OMS (pari a 1000 ng/m³).

ARPAT - GEO1 - c/o Arcidosso, Località Bagnoli

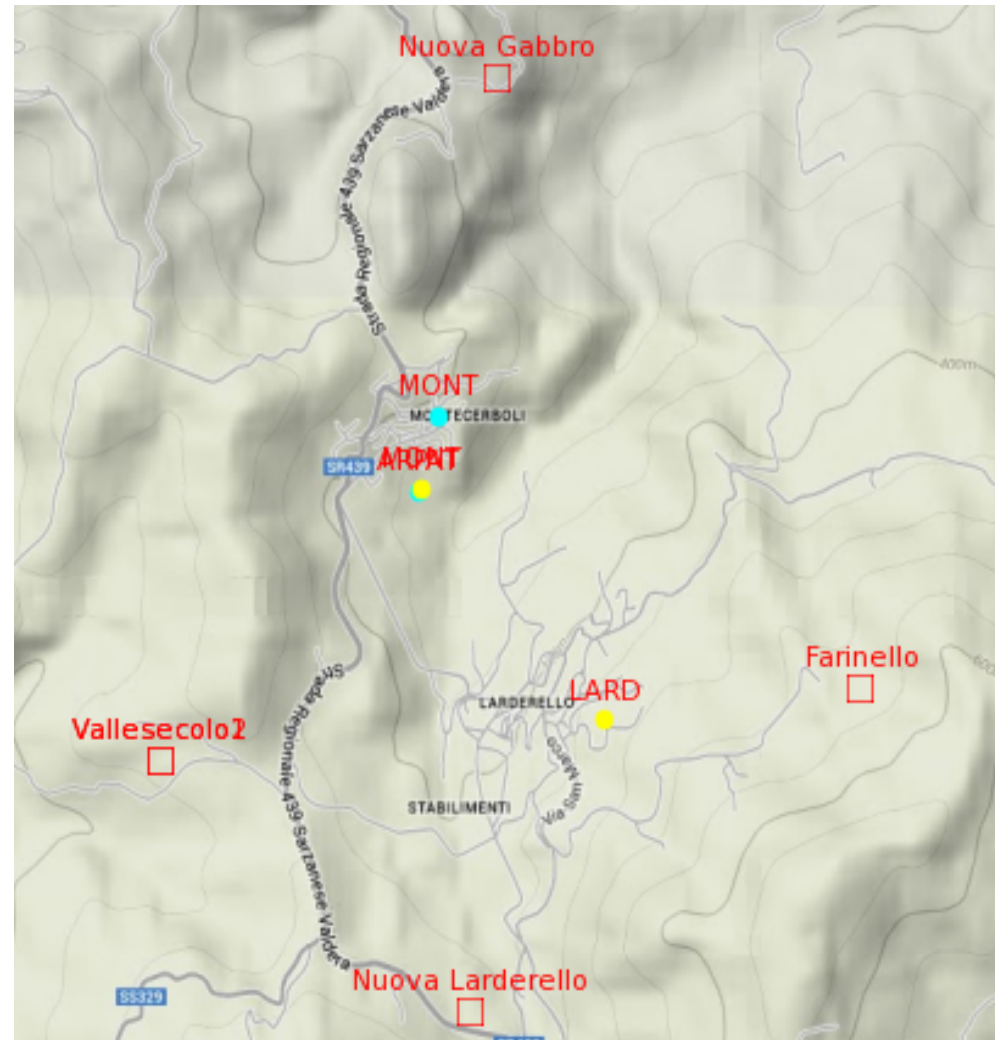
 Monitoraggio Hg - Limite=200 ng/m³ (come media annuale)



Postazione fissa di Montecerboli

La stazione fissa di Montecerboli è di proprietà della Provincia di Pisa e fa parte della rete pubblica di monitoraggio della Qualità dell'Aria, che è gestita, per conto della Regione, da ARPAT tramite il Dipartimento provinciale di Pisa, in base al DGRT n° 1025 del 06/12/2010.

Per l' H_2S dati rilevati da ARPAT confermano il rispetto dei 3 limiti sulle medie mobili e un sostanziale accordo con i dati rilevati da ENEL GP.

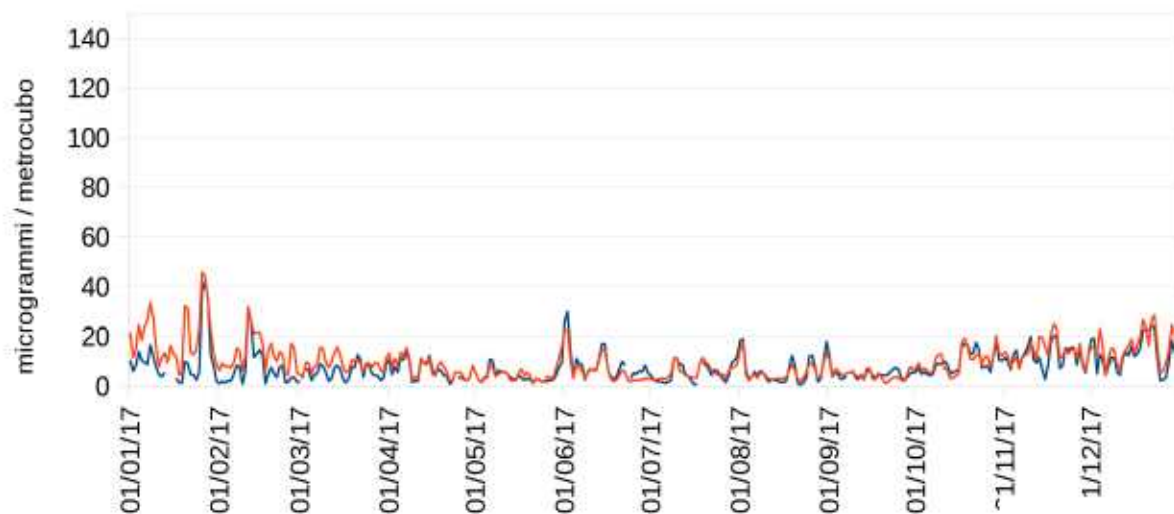


Postazione fissa di Montecerboli

Montecerboli

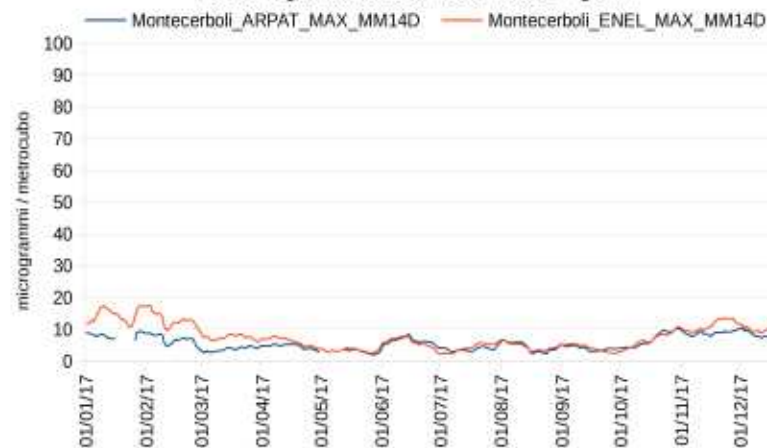
Max giornaliero della media mobile su 24 ore

— Montecerboli_ARPAT_MAX_MM24H — Montecerboli_ENEL_MAX_MM24H



Montecerboli

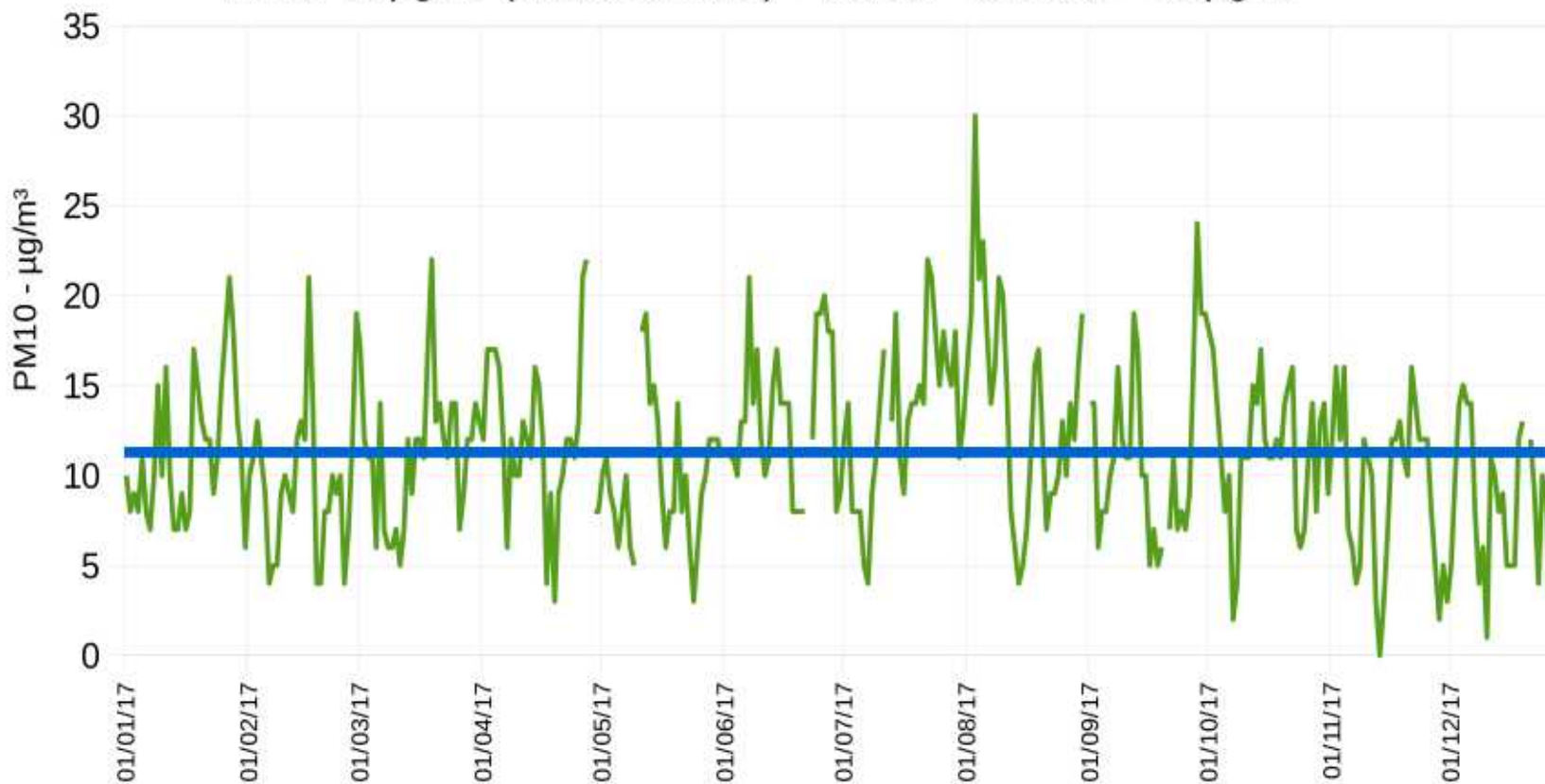
Massimo giornaliero della media mobile 14 giorni



Postazione fissa di Montecerboli

PM10 - concentrazione giornaliera in aria

Limiti: $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (media annuale) + max N° 35 valori $> 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$



Monitoraggio NH₃

Nel 2015 e nel 2016 ARPAT ha effettuato un monitoraggio per l'NH₃ con campionatori passivi nell'area circostante la Centrale di Bagnore.

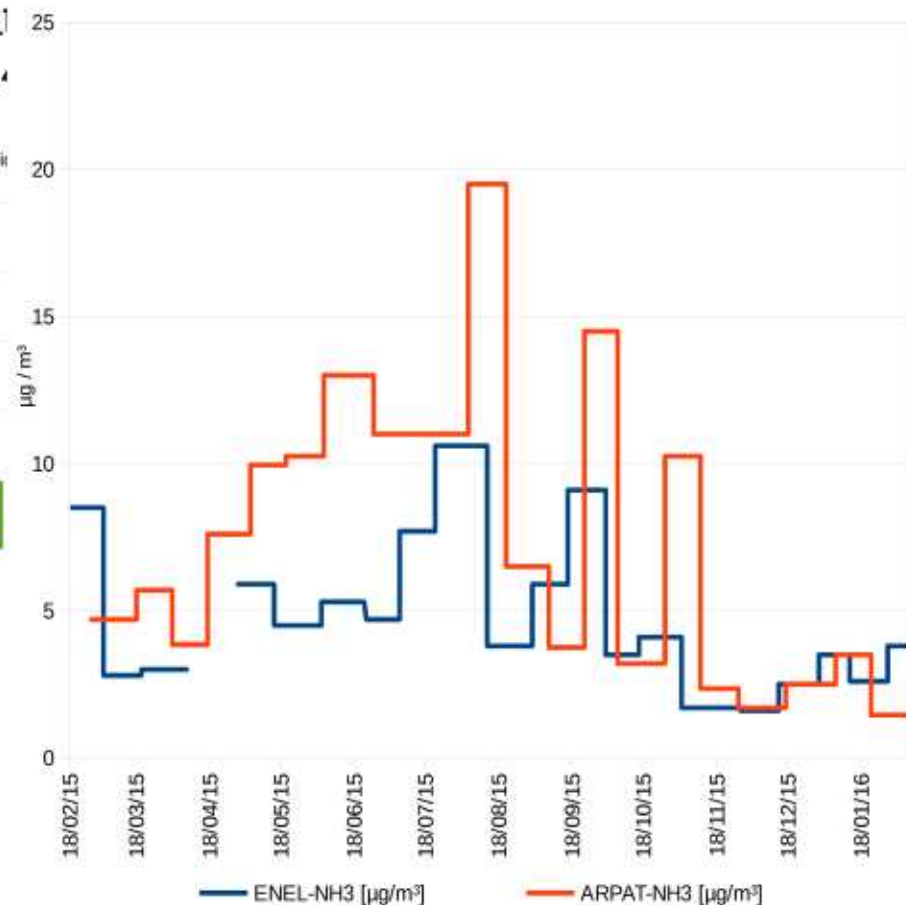
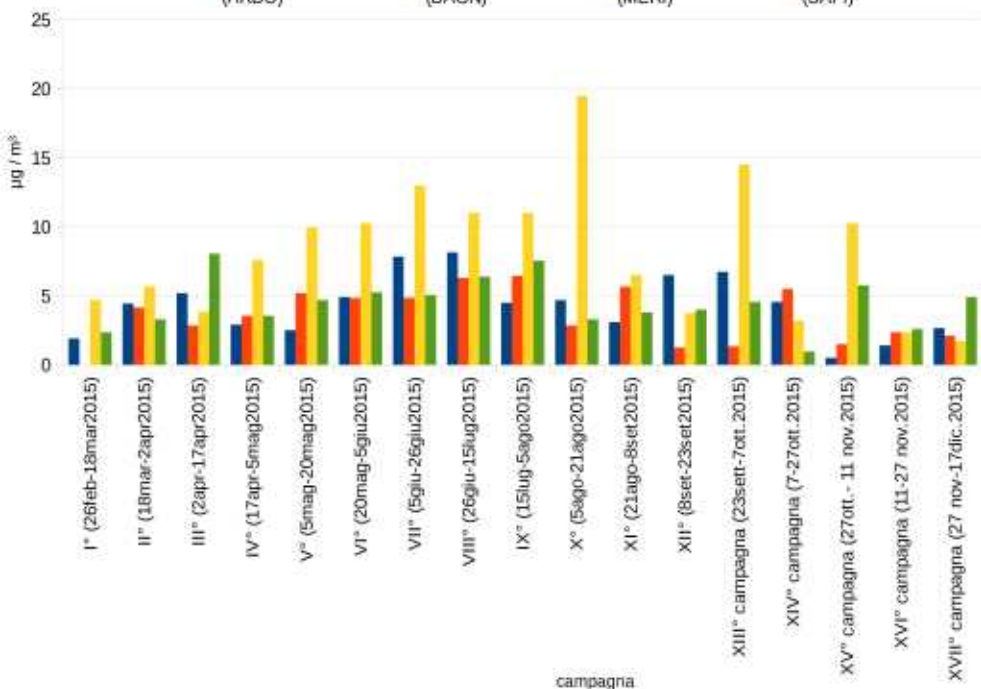
Di seguito il confronto tra i dati rilevati da ENEL e da ARPAT:

Loc. Merigar - Monitoraggio Ammoniaca (NH₃) con campionatori passivi
 confronto tra valori rilevati da ENEL e da ARPAT

Valori di Riferimento (MRLs, elaborati da ARPAT)

NH₃ - Monitoraggio ARPAT con campionatori passivi

■ Stazione di Arcidosso (ARDO)
 ■ Stazione di Bagnore (BAGN)
 ■ Stazione di Merigar (MERI)
 ■ Stazione di Santa Fi (SAFI)



In seguito alla richiesta dei Comuni di Arcidosso, Santaflora e Piancastagnaio, ARPAT ha pubblicato mensilmente, da sett. 2016 a dic. 2017 un bollettino, per verificare la concentrazione di idrogeno solforato in aria, come già fatto durante la fase di cantiere e di avvio della Centrale di Bagnore 4.

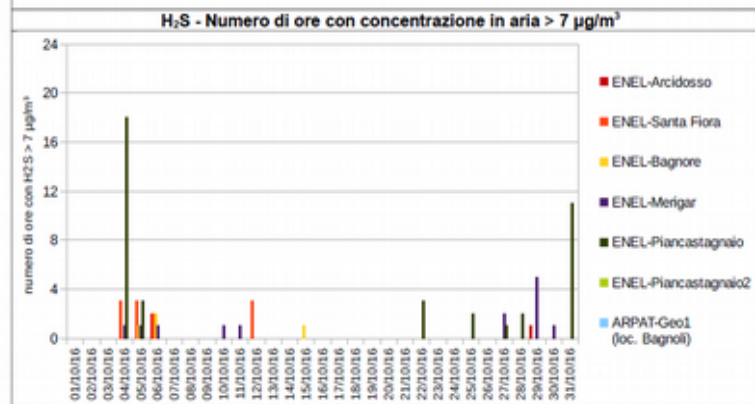
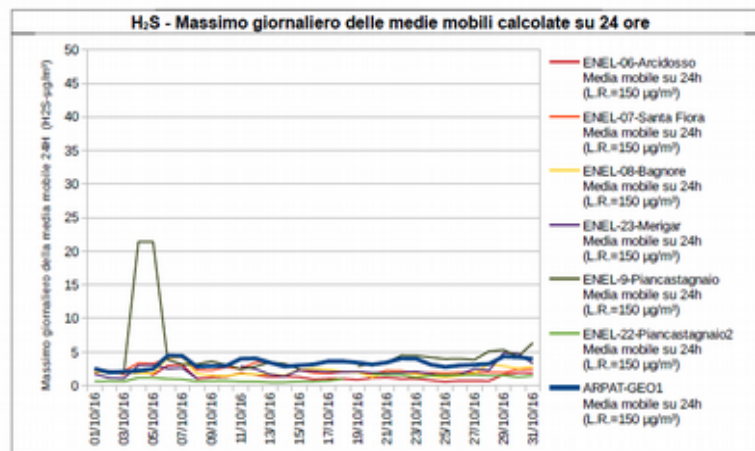
Il controllo è stato effettuato impiegando i mezzi mobili ARPAT presenti nella zona, integrati con i dati forniti dalla rete di rilevamento ENEL GP (Arcidosso, Bagnore, Santa Fiora, Merigar, Piancastagnaio, Piancastagnaio2).

Nel loro complesso sono quindi state impiegate sempre almeno 7 stazioni di rilevamento, ubicate attorno alle Centrali di Bagnore e Piancastagnaio, potendo così a rilevare fenomeni emissivi a bassa quota al variare delle diverse condizioni di vento.

I bollettini sono stati resi a disponibili sul sito istituzionale di ARPAT .

DATI DELLE STAZIONI DI MONITORAGGIO NELL'AREA AMIATINA (ARCIDOSSO, SANTA FIORA, BAGNORE, MERIGAR, PIANCASTAGNAIO E PIANCASTAGNAIO2)

Periodo: Ottobre 2016



Nel mese di Ottobre 2016, nelle stazioni monitorate e dai dati in nostro possesso, il limite di riferimento indicato dalle Linee Guida del WHO (150 µg/m³) è stato sempre rispettato. Potrebbero essersi verificate molestie olfattive, a causa del superamento della soglia di percezione dell'H₂S, ad Arcidosso i giorni 6 e 29; a Santa Fiora nei giorni 4, 5, 6 e 12; a Bagnore i giorni 5, 6 e 15; a Merigar nei giorni 4, 5, 6, 10, 11, 27, 29 e 30; a Piancastagnaio nei giorni 4, 5, 22, 25, 27, 29 e 30. Tali superamenti possono essere correlati alla manutenzione programmata al gruppo 2 di Bagnore 4 e ai ripetuti blocchi AMIS di Piancastagnaio 5. Per approfondimenti: consultare la pagina del sito Web di ARPAT relativo alla geotermia.

SQA ENEL GP: Idrogeno Solforato (H₂S) – Andamento storico Medie annuali e percentuale concentrazioni > 7 µg/m³

Concentrazione H ₂ S in aria	H ₂ S – Media annuale in µg/m ³									Percentuale concentrazioni > 7 µg/m ³							
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
10_canneto	7,47	5,11	4,37	4,72	5,33	5,81	5,04	3,49		28,1%	19,8%	16,5%	19,0%	23,7%	16,2%	13,9%	10,6%
11_lustignano	15,38	13,76	11,07	9,72	9,14	7,37	5,98	6,38		64,0%	55,9%	51,1%	49,2%	49,7%	30,9%	28,7%	30,3%
12_serrazzano	8,17	8,52	6,48	3,67	4,31	4,21	3,28	4,38		36,8%	35,5%	26,3%	14,8%	17,3%	15,4%	8,9%	16,9%
13_sasso_pisano	10,84	10,42	7,93	8,22	8,65	7,34	3,89	6,03		46,0%	50,5%	40,4%	40,8%	45,6%	37,9%	13,3%	30,8%
14_monterotondo	12,04	10,33	6,81	6,06	5,56	4,95	4,26	5,87		47,1%	43,2%	29,9%	27,7%	26,8%	21,1%	15,9%	25,9%
15_montecerboli	ND	ND	6,69	5,39	3,46	3,82	3,98	7,45		ND	ND	34,2%	20,9%	14,0%	11,5%	10,4%	34,4%
16_castelnuovo	8,33	8,97	7,28	7,72	4,54	3,72	3,48	4,56		45,7%	44,6%	35,7%	42,9%	18,0%	9,6%	8,3%	16,2%
17_larderello	5,19	10,43	9,14	4,88	2,97	5,03	5,63	6,13		22,0%	47,1%	47,1%	19,7%	7,3%	17,8%	24,7%	27,8%
18_belforte	3,74	3,82	2,5	2,13	2,75	3,34	2,50	2,52		10,7%	13,9%	8,9%	5,5%	6,3%	8,4%	3,4%	4,9%
19_montalcinello	3,53	4,56	3,93	2,58	1,93	3,27	3,24	2,82		14,7%	19,7%	17,7%	6,4%	3,6%	8,4%	6,2%	7,4%
20_travale	3,19	4,39	3,63	3,02	3,67	3,17	2,95	4,28		11,6%	18,5%	14,7%	9,7%	12,2%	7,4%	6,9%	13,8%
21_chiusdino	ND	ND	6,78	6,46	6,43	6,18	4,78	5,25		ND	ND	22,8%	23,0%	18,9%	22,5%	17,5%	18,7%
6_arcidosso	3,03	2,11	1,16	1,11	1,95	2,53	2,02	1,99		10,9%	7,2%	0,6%	0,9%	2,9%	2,6%	1,3%	2,1%
7_santa_fiora	2,2	1,87	1,23	1,46	1,37	2,29	2,38	2,27		3,0%	3,6%	1,0%	1,4%	0,4%	0,9%	1,2%	1,0%
8_bagnore	2,07	1,99	0,96	1,19	1,59	2,4	2,24	1,71		5,8%	4,7%	0,6%	0,5%	0,9%	1,6%	2,0%	0,7%
23_merigar	ND	ND	ND	NS	1,94	2,28	2,18	1,98		ND	ND	ND	NS	1,3%	2,3%	3,3%	2,1%
9_piancastagnaio	11,25	13,75	4,78	8,52	6,6	5,5	3,93	4,00		36,3%	40,2%	13,9%	26,1%	21,7%	17,1%	11,2%	10,4%
22_piancastagnaio2	ND	NS	3,31	4,45	3,47	2,33	1,64	1,83		ND	NS	7,9%	15,2%	8,0%	0,8%	0,4%	1,2%

ND = Dati non disponibili

NS = Dati non significativi, in quanto la data di messa in servizio della centralina, non permette di avere una distribuzione uniforme sull'anno.

nmn Valori ricavati su una frazione ritenuta significativa dell'intero anno (21_chiusdino: 1/3/2012; 15_montecerboli: 19/04/2012)

SQA ENEL GP: Idrogeno Solforato (H₂S)

Rete di rilevazione ENEL (GP)

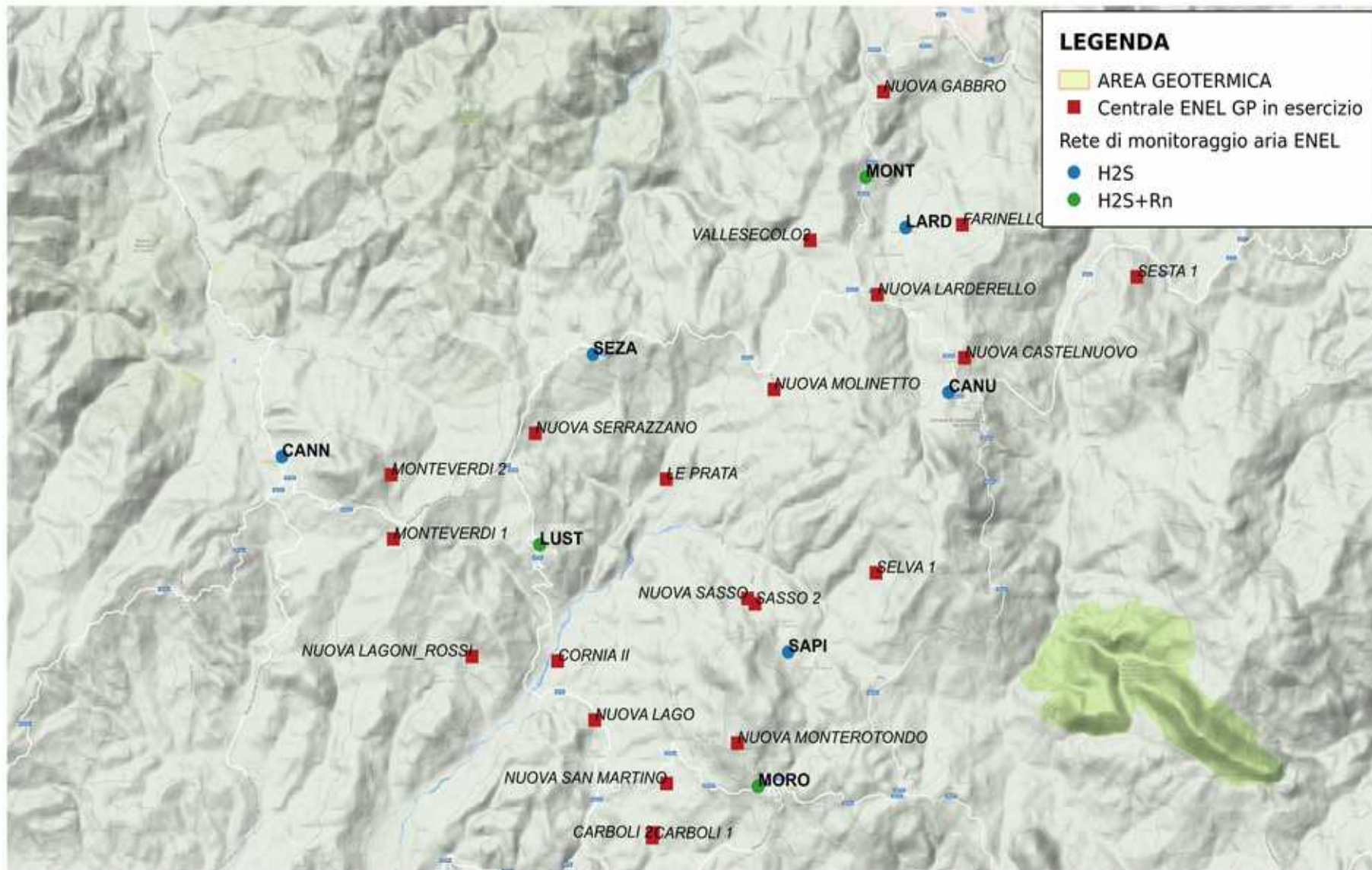
H ₂ S in aria. Max annuale di:		Media mobile su 24 ore (µg/m ³)								Media mobile su 14 giorni (µg/m ³)								Media mobile su 90 giorni (µg/m ³)							
		L.R. = 150 µg/m ³								L.R. = 100 µg/m ³								L.R. = 20 µg/m ³							
stazione		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
10_canneto	CANN	63,82	82,95	33,39	24,28	32,19	66,33	41,2	29,79	20,05	25,50	9,17	9,37	21,46	20,56	15,18	10,81	10,50	8,52	7,25	6,44	12,47	9,85	9,89	8,12
11_lustignano	LUST	48,13	56,81	67,56	73,32	30,36	35,45	25,43	35,9	40,00	26,63	27,91	22,74	17,84	19,50	11,44	12,37	19,43	18,52	16,50	12,70	13,40	10,97	7,92	8,14
12_serrazzano	SEZA	38,28	61,67	35,35	24,43	25,73	17,9	14,24	19,97	17,11	20,17	13,95	11,51	9,24	8,57	5,98	9,15	13,08	13,59	13,34	9,46	5,78	6,37	4,87	6,41
13_sasso_pisano	SAPI	54,56	57,49	46,11	36,34	33,27	21,01	18,32	30,72	27,17	21,69	16,49	19,19	15,16	12,95	8,76	11,25	16,72	13,80	9,90	10,13	11,55	9,96	4,72	7,12
14_monterotondo	MORO	52,72	61,16	41,17	34,65	26,86	19,7	29,34	25,67	29,94	26,92	18,99	14,06	10,35	10,20	13,23	13,80	17,62	15,07	10,46	9,35	7,27	6,83	6,03	7,27
15_montereboli	MONT	ND	ND	30,72	31,38	16,23	21,33	30,19	45,68	ND	ND	14,16	17,07	7,46	11,09	12,11	17,53	ND	ND	8,16	10,83	5,54	6,58	7,22	11,90
16_castelnuovo	CANU	24,97	41,13	28,62	41,79	24,79	11,36	14,18	19,2	13,75	17,58	12,40	13,23	9,77	5,24	6,48	9,54	10,31	12,64	9,49	11,25	8,10	4,57	4,41	6,92
17_larderello	LARD	44,87	52,58	44,53	32,01	15,14	38,96	39,03	48,85	11,68	22,60	15,94	11,37	6,64	14,69	14,47	16,27	7,23	18,37	16,86	8,36	4,36	9,63	10,61	9,10
18_belforte	BEFO	22,78	35,20	14,92	15,40	20,99	13,96	10,39	13,52	18,20	11,58	5,58	4,43	7,83	5,94	5,29	4,23	5,16	6,88	5,04	2,95	3,87	4,30	4,84	3,26
19_montalcinello	MOAL	13,90	28,48	22,31	70,28	8,88	21,54	10,77	16	12,80	17,98	9,64	15,12	3,67	7,26	7,25	6,57	5,39	8,45	6,38	5,29	2,33	4,47	4,44	4,45
20_travale	TRAV	19,78	33,50	17,43	38,54	18,18	12,65	20,16	18,75	6,67	13,37	7,63	11,12	7,93	5,09	9,19	9,28	3,92	6,07	5,46	4,92	5,58	3,91	4,28	5,33
21_chiudino	CHIU	ND	ND	45,76	47,02	77,96	56,15	35,76	59,98	ND	ND	14,96	20,11	18,07	15,53	10,80	12,28	ND	ND	11,09	12,49	10,15	8,64	6,81	6,80
06_arcidosso	ARCI	29,87	14,41	13,11	8,39	24,28	14,2	9,17	17,26	9,06	5,69	2,60	1,99	6,99	4,31	3,28	5,19	4,20	3,29	2,72	1,59	3,45	3,28	3,03	2,55
07_santa_fiora	SAFI	22,15	11,38	6,53	7,93	4,75	8,34	11,01	7,73	5,78	4,43	2,62	2,50	3,23	3,20	3,49	4,45	4,09	2,57	2,24	1,99	2,31	2,62	2,79	3,10
08_bagnore	BAGN	23,34	10,32	16,33	4,07	8,69	6,71	13,03	11,64	6,35	4,16	2,93	2,53	4,33	4,23	5,43	3,03	3,23	2,74	2,24	1,99	3,07	3,29	3,76	2,44
23_merigar	MERI	ND	ND	ND	NS	11,59	12,52	27,09	24,39	ND	ND	ND	NS	4,03	4,10	5,55	4,64	ND	ND	ND	NS	2,47	2,93	2,90	2,66
09_piancastagnaio	PICA	68,35	89,25	59,87	61,54	57,87	34,63	22,62	48,52	22,11	35,23	14,23	21,97	25,64	14,46	9,30	8,18	14,69	17,35	11,49	15,06	11,31	8,04	8,49	5,01
22_piancastagnaio2	PICA2	ND	NS	22,59	32,83	30,77	6,25	4,96	11,39	ND	NS	10,08	10,65	7,83	4,07	3,28	4,66	ND	NS	5,32	7,13	4,36	3,57	2,55	2,62

* = Massimo determinato con i dati disponibili ad ottobre 2016

ND = Dati non disponibili

NS = Dati non significativi, in quanto la data di messa in servizio della centralina,
Non permette di avere una distribuzione uniforme sull'anno.

AREA TRADIZIONALE



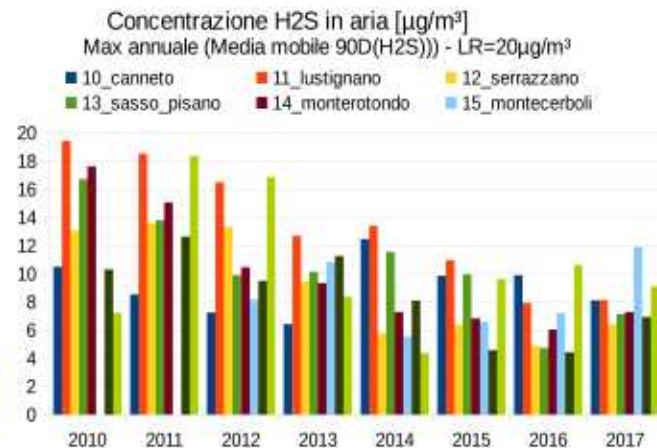
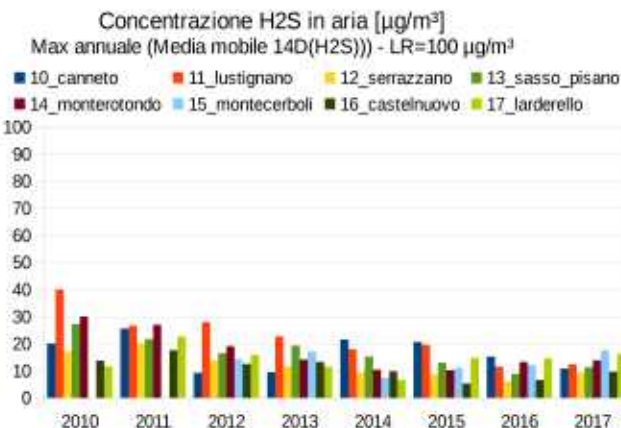
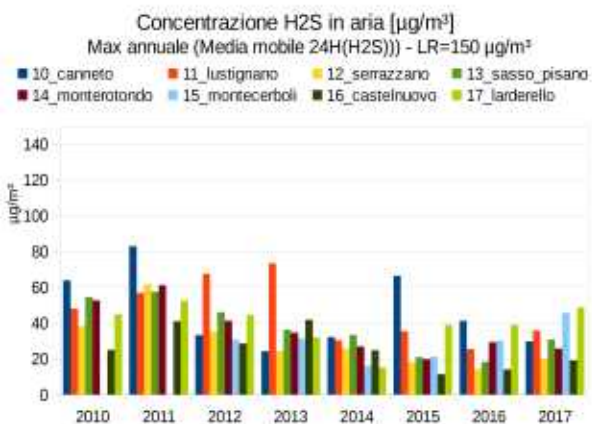
AREA TRADIZIONALE (PI)

H ₂ S in aria. Max annuale di:		Media mobile su 24 ore (µg/m ³)								Media mobile su 14 giorni (µg/m ³)								Media mobile su 90 giorni (µg/m ³)							
		L.R. = 150 µg/m ³								L.R. = 100 µg/m ³								L.R. = 20 µg/m ³							
stazione		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
10_canneto	CANN	63,82	82,95	33,39	24,28	32,19	66,33	41,2	29,79	20,05	25,50	9,17	9,37	21,46	20,56	15,18	10,81	10,50	8,52	7,25	6,44	12,47	9,85	9,89	8,12
11_lustignano	LUST	48,13	56,81	67,56	73,32	30,36	35,45	25,43	35,9	40,00	26,63	27,91	22,74	17,84	19,50	11,44	12,37	19,43	18,52	16,50	12,70	13,40	10,97	7,92	8,14
12_serrazzano	SEZA	38,28	61,67	35,35	24,43	25,73	17,9	14,24	19,97	17,11	20,17	13,95	11,51	9,24	8,57	5,98	9,15	13,08	13,59	13,34	9,46	5,78	6,37	4,87	6,41
13_sasso_pisano	SAPI	54,56	57,49	46,11	36,34	33,27	21,01	18,32	30,72	27,17	21,69	16,49	19,19	15,16	12,95	8,76	11,25	16,72	13,80	9,90	10,13	11,55	9,96	4,72	7,12
14_monterotondo	MORO	52,72	61,16	41,17	34,65	26,86	19,7	29,34	25,67	29,94	26,92	18,99	14,06	10,35	10,20	13,23	13,80	17,62	15,07	10,46	9,35	7,27	6,83	6,03	7,27
15_montecerboli	MONT	ND	ND	30,72	31,38	16,23	21,33	30,19	45,68	ND	ND	14,16	17,07	7,46	11,09	12,11	17,53	ND	ND	8,16	10,83	5,54	6,58	7,22	11,90
16_castelnuovo	CANU	24,97	41,13	28,62	41,79	24,79	11,36	14,18	19,2	13,75	17,58	12,40	13,23	9,77	5,24	6,48	9,54	10,31	12,64	9,49	11,25	8,10	4,57	4,41	6,92
17_larderello	LARD	44,87	52,58	44,53	32,01	15,14	38,96	39,03	48,85	11,68	22,60	15,94	11,37	6,64	14,69	14,47	16,27	7,23	18,37	16,86	8,36	4,36	9,63	10,61	9,10

* = Massimo determinato con i dati disponibili ad ottobre 2016

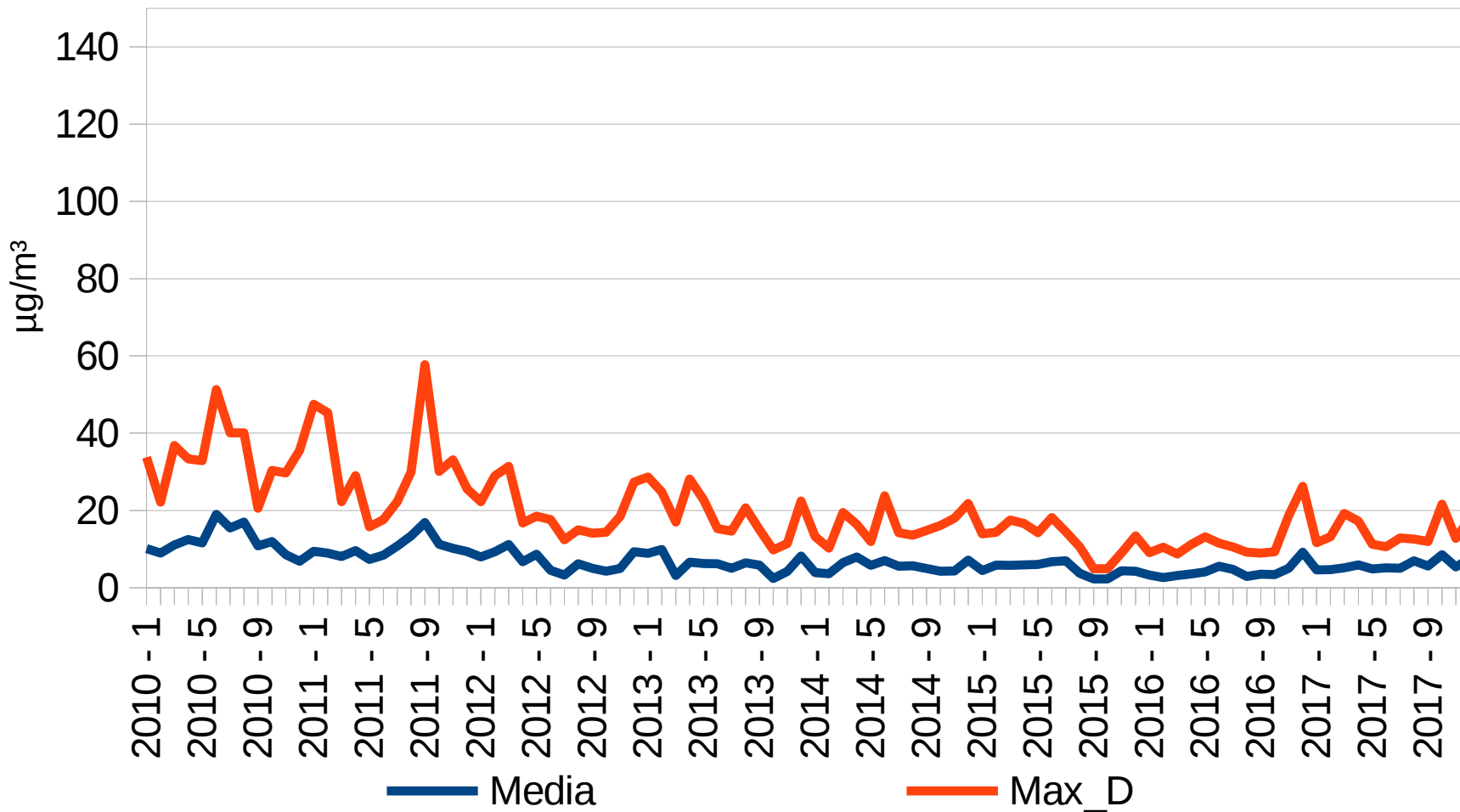
ND = Dati non disponibili

NS = Dati non significativi, in quanto la data di messa in servizio della centralina,
Non permette di avere una distribuzione uniforme sull'anno.



Stazione Larderello (17)

massima media giornaliera e media mensile



STRATEGIE DI MIGLIORAMENTO

- Ridurre il disturbo olfattivo causato dal H_2S ;
- Ridurre i periodi di blocco centrale e di fermo AMIS;
- Adottare strategie di interconnessione fra le centrali (e quando possibile fra gli impianti AMIS) che permettano di evitare, in caso di blocco centrale, lo sfioro dei fluidi geotermici non trattati in atmosfera;
- Migliorare l'efficienza e l'affidabilità degli impianti AMIS;
- Riduzione del Drift emesso dalla torre di raffreddamento.

Il monitoraggio della risorsa idrica

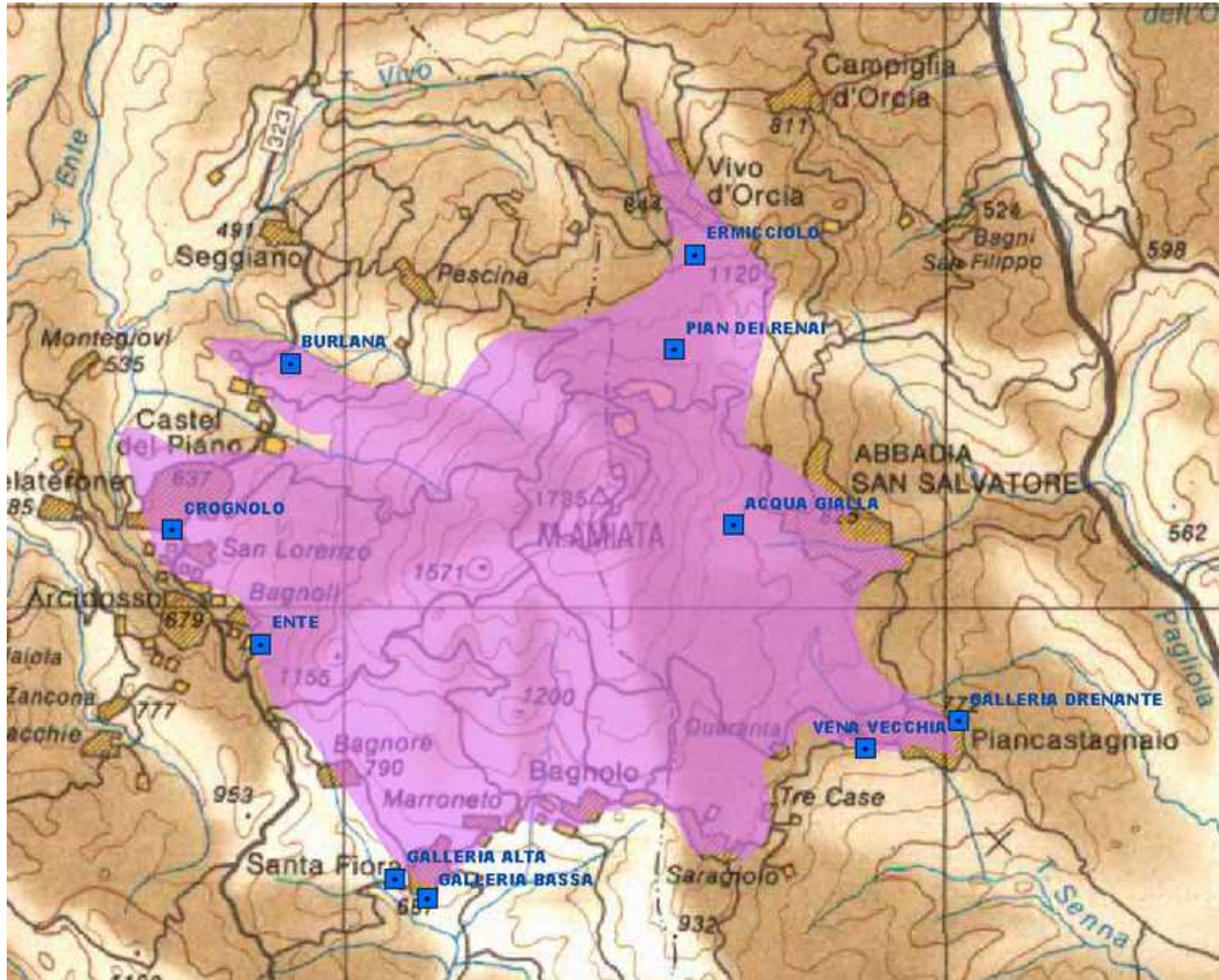
Il controllo della risorsa idrica superficiale e sotterranea da parte di ARPAT nella zona del Monte Amiata si articola in 2 ambiti:

Verifica del monitoraggio che effettua ENEL Greenpower, come previsto dalla pronuncia di compatibilità ambientale sul progetto relativo al "*Riassetto dell'Area geotermica di Piancastagnaio*", di cui alla Delibera della RT n. 229/2011, costituito da

- 8 stazioni di acque superficiali (PAS) localizzate nei comuni di Piancastagnaio e Santa Fiora,
- 9 stazioni di acque di falda (PAF),
4 piezometri, Pz6, Pz7, Pz4 e Pz9,

Piano di monitoraggio delle acque sotterranee promosso dalla Regione Toscana in ottemperanza al D.lgs. 152/99 sulle sorgenti adiacenti a Monte Amiata, dal 2002 al 2016.

I dati , dal 2002 al 2016, che si riferiscono, al piano di monitoraggio delle acque sotterranee promosso dalla Regione Toscana in ottemperanza al d.lgs. 152/99 *sono stati elaborati statisticamente con lo scopo di evidenziare, in maniera oggettiva, la presenza di generali andamenti monotonici (stazionario /incremento/decremento) valutati da regressione parametrica e/o non parametrica (Mann Kendall).*



Per ogni campione, l'analisi statistica è stata condotta sui seguenti parametri

- ARSENICO,
- CONDUCIBILITA',
- PH,
- SOLTATI
- CLORURI

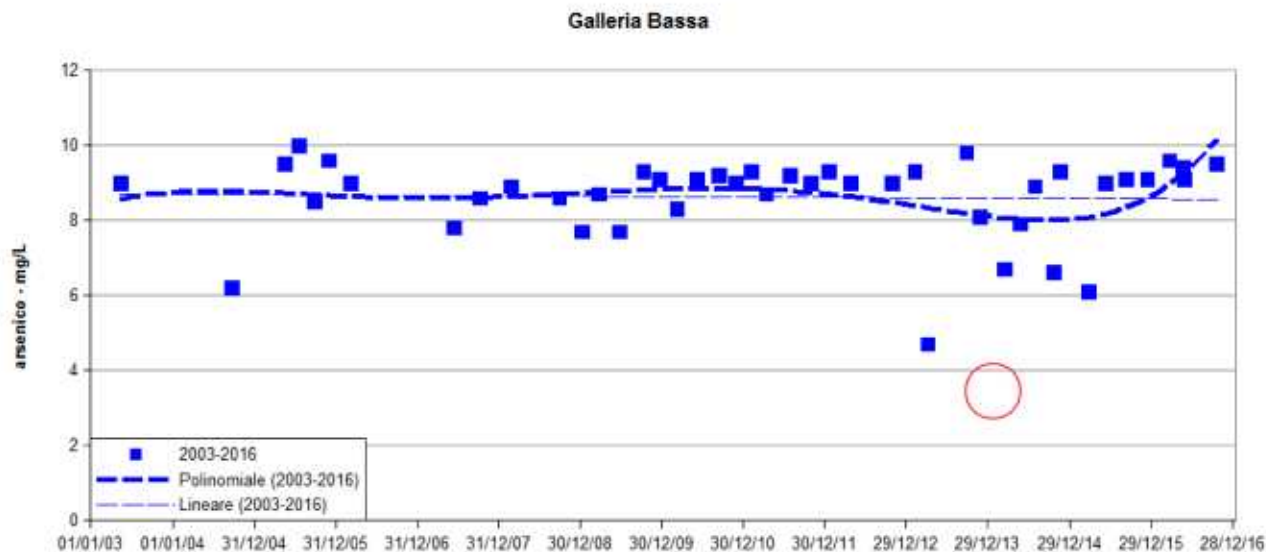
OBIETTIVO :

Lo scopo dell'elaborazione statistica è stato quello di valutare, in termini oggettivi, l'andamento nel tempo (tendenza o trend) delle concentrazioni rilevate nelle acque, al fine di individuare un eventuale incremento o diminuzione statisticamente significativi.

SORGENTE GALLERIA BASSA - SANTA FIORA

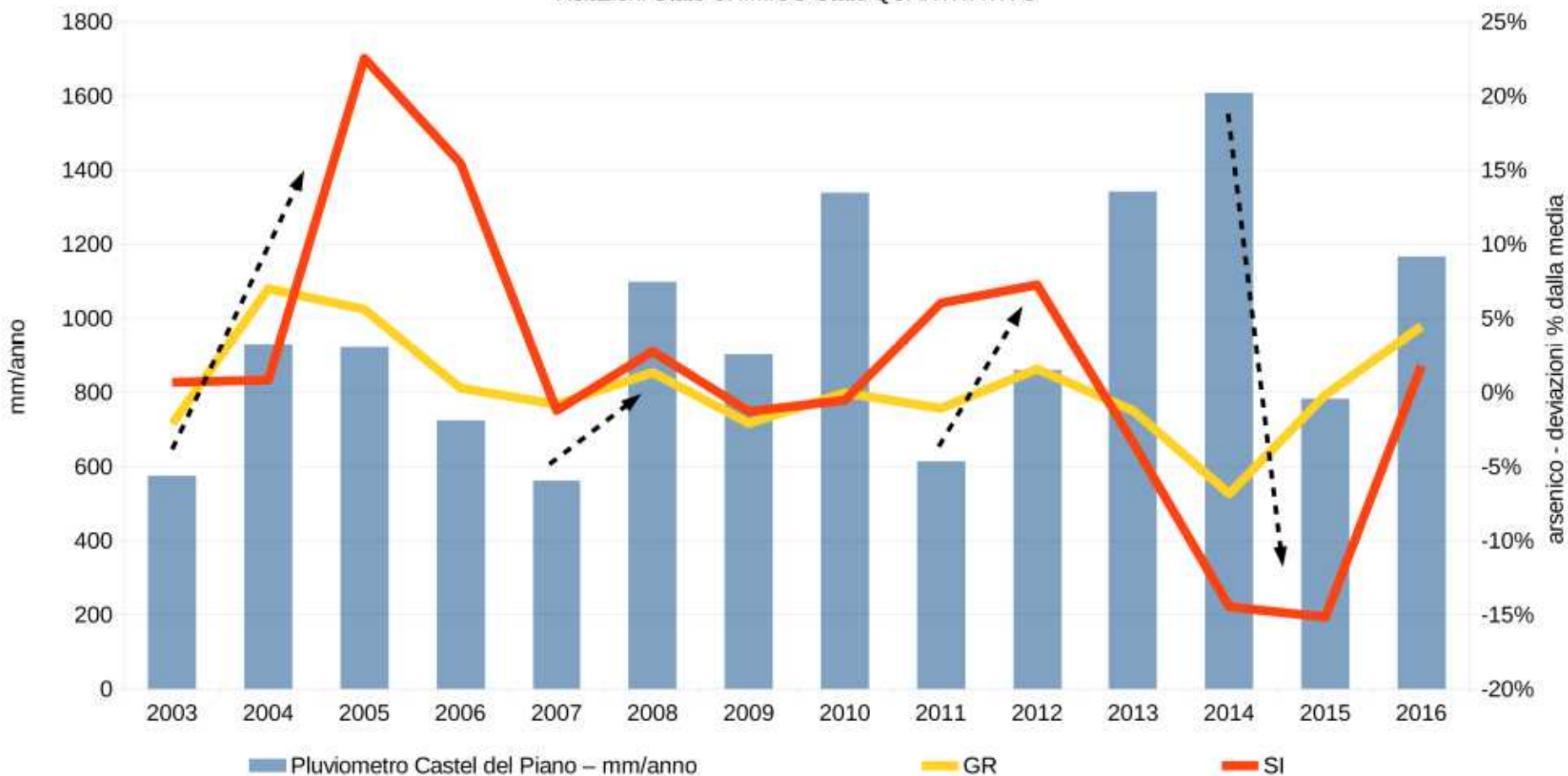
data	As µg/L	data	As µg/L	Statistica descrittiva	2003-2016
14/05/03	9	28/07/11	9,2	NumObs	44
23/09/04	6,2	28/10/11	9	Minimum	4,7
17/05/05	9,5	16/01/12	9,3	Maximum	10
22/07/05	10	26/04/12	9	Mean	8,625
28/09/05	8,5	29/10/12	9	Median	9
01/12/05	9,6	05/02/13	9,3	Variance	1,193
09/03/06	9	04/04/13	4,7*	SD scarto tipo	1,092
14/06/07	7,8	25/09/13	9,8	tipo	0,445
09/10/07	8,6	26/11/13	8,1	Skewness Asimmetria	-1,836
26/02/08	8,9	13/03/14	6,7	Kurtosis	3,464
29/09/08	8,6	22/05/14	7,9	CV (Coeff. Di Variazione)	0,127
09/01/09	7,7	29/07/14	8,9	Outlier (Rosner - Dixon)	SI
23/03/09	8,7	22/10/14	6,6	Normalità (Test Shapiro-Wilks)	NO
24/06/09	7,7	19/11/14	9,3		
09/10/09	9,3	25/03/15	6,1		
22/12/09	9,1	10/06/15	9		
09/03/10	8,3	08/09/15	9,1		
07/06/10	9,1	14/12/15	9,1		
14/09/10	9,2	22/03/16	9,6		
29/11/10	9	20/05/16	9,4		

Assenza di Trend: La statistica non parametrica del test di Mann Kendall indica assenza di trend; le probabilità di un trend in incremento non sono significative risultando $p = 0,137 > \alpha = 0,05$, in tal modo non è possibile rifiutare l'ipotesi nulla. La statistica parametrica della regressione, verificata la distribuzione normale dei residui con l'esclusione del dato outlier di $4,7 \mu\text{g/L}$ fornisce probabilità di trend ancor meno significative con $p = 0,83 > 0,05$.

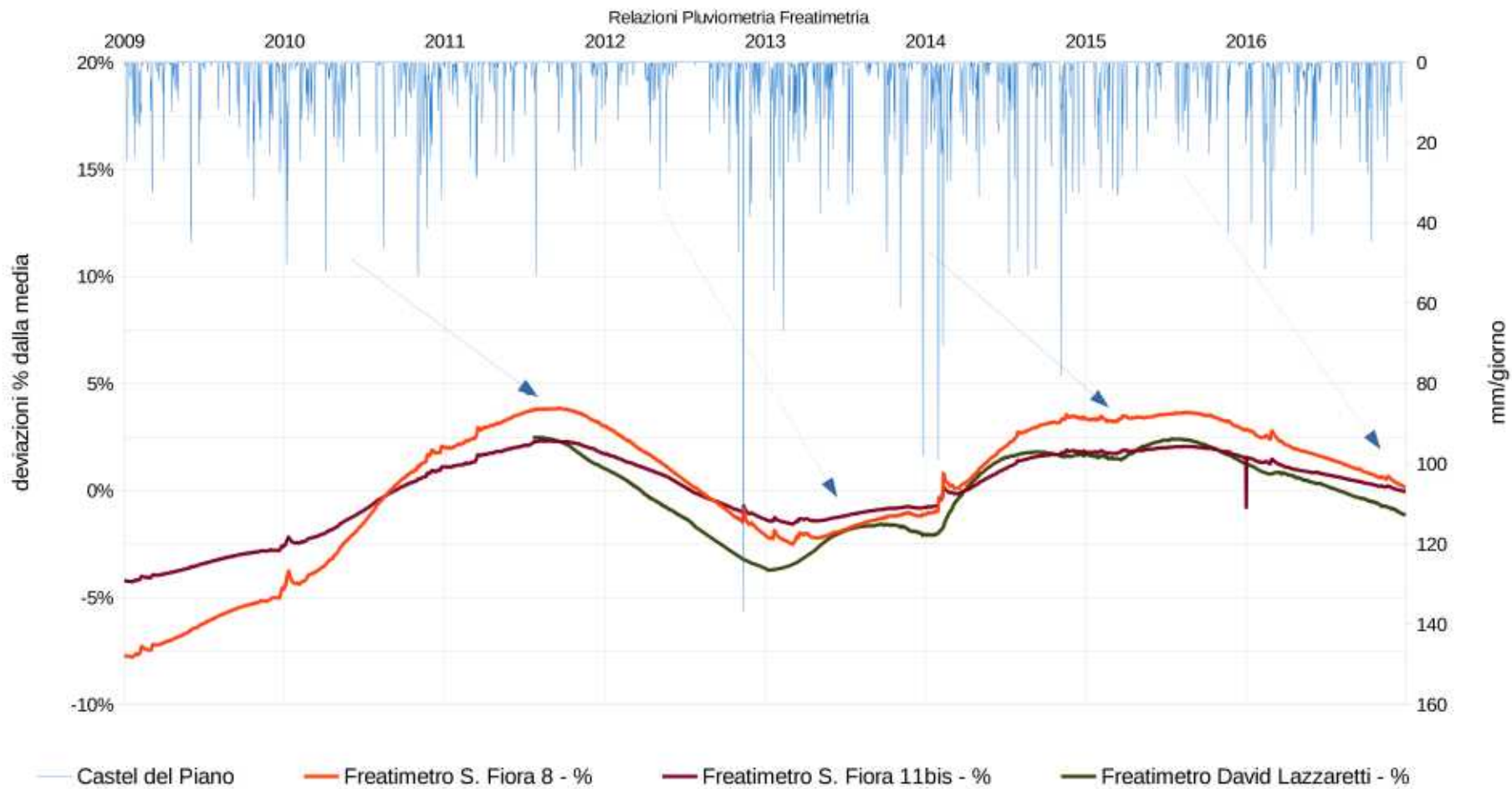


Acquifero Monte Amiata - Monitoraggio ARPAT 2003-2016

Relazioni Stato CHIMICO Stato QUANTITATIVO



Acquifero Monte Amiata - Monitoraggio SIR 2009-2016



Versante grossetano anni 2002-2016

parametro	Sorgente Galleria Bassa	Sorgente Galleria Alta	Sorgente Ente	Sorgente Burlana	Sorgente Crognolo
Arsenico	stazionario	stazionario	stazionario	decremento	stazionario
Boro	stazionario	stazionario	incremento	stazionario	incremento
Conducibilità	decremento	decremento	decremento	stazionario	decremento
pH	stazionario	stazionario	stazionario	stazionario	stazionario
Solfati	stazionario	incremento	stazionario	incremento	decremento
Cloruri	incremento	incremento	incremento	incremento	incremento

Versante senese anni 2002-2016

Parametro	Sorgente Galleria Drenante	Sorgente Vena Vecchia	Sorgente Ermicciolo	Pozzo Pian dei Renai	Pozzo Acqua Gialla
Arsenico	stazionario	decremento	decremento	stazionario	decremento
Boro	stazionario	decremento	stazionario	stazionario	stazionario
Conducibilità	decremento	decremento	decremento	stazionario	stazionario
PH	incremento	stazionario	decremento	decremento	decremento
Solfati	decremento	decremento	decremento	stazionario	decremento
Cloruri	stazionario	incremento	incremento	stazionario	stazionario

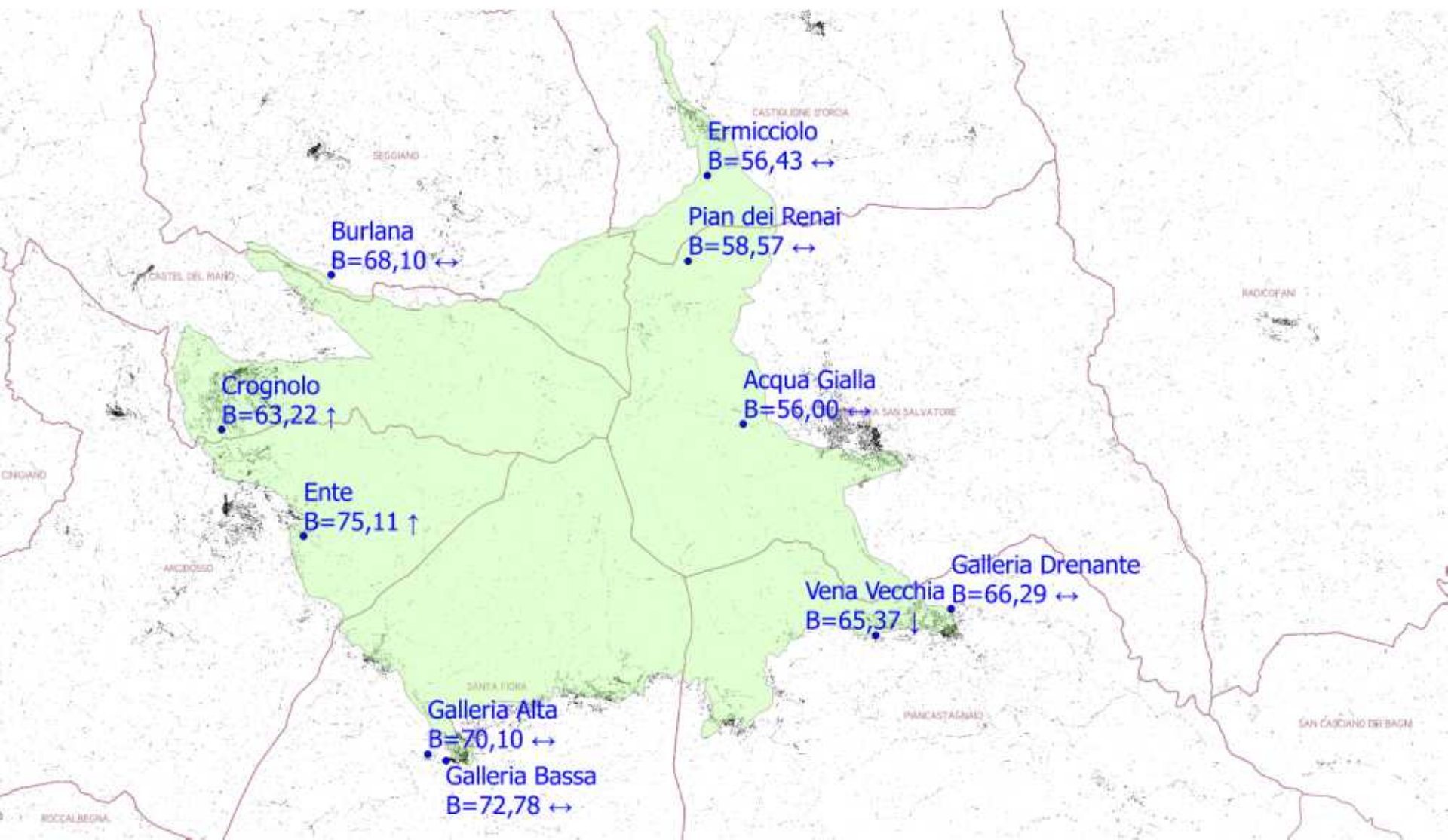
Tabella riassuntiva dello studio dei TREND

Versante grossetano e senese

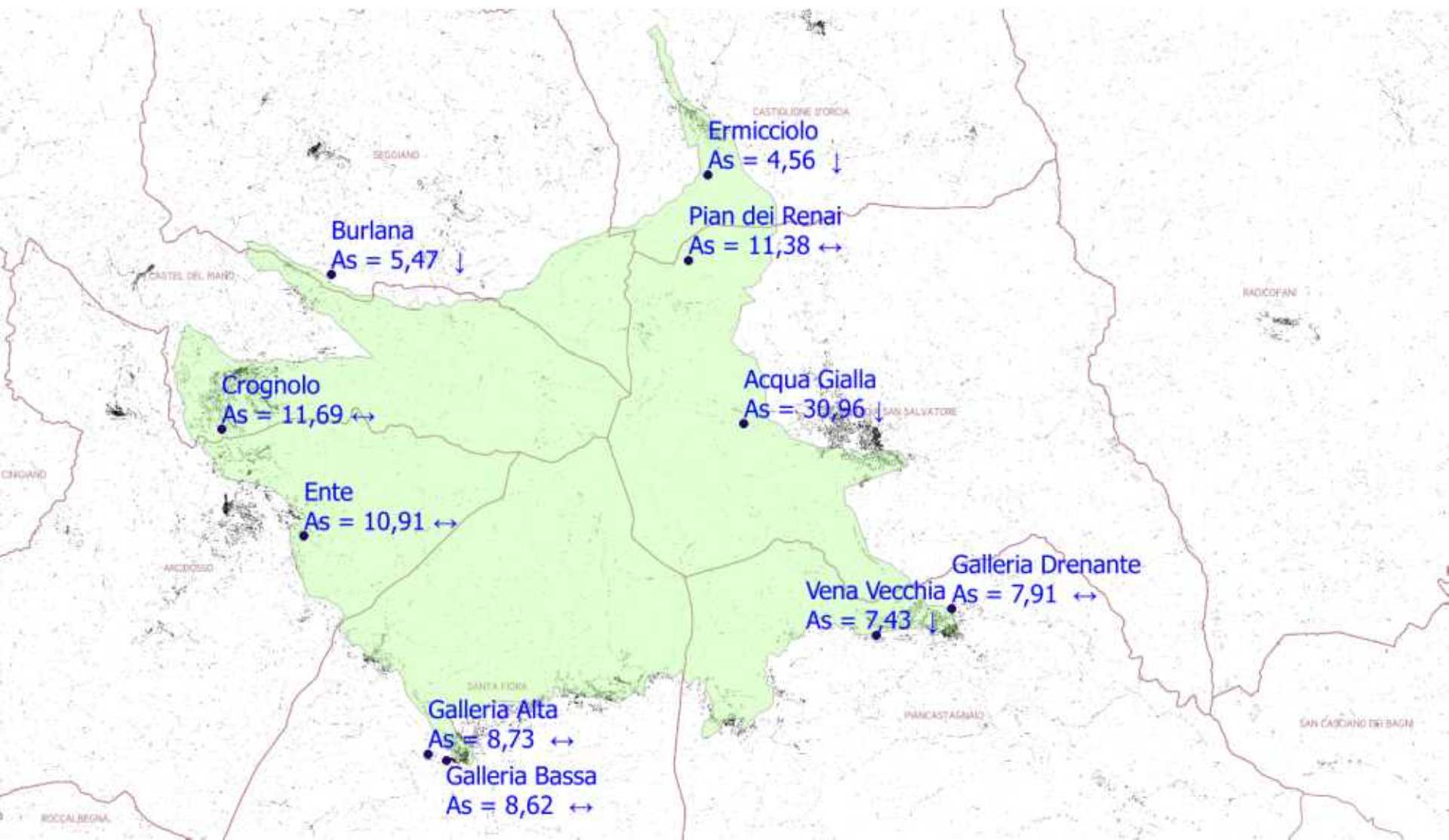
Periodo 2002-2016

STAZIONI		ARSENICO		BORO		SOLFATI		CLORURI	
		µg/l		mg/l		mg/l		mg/l	
GR	BURLANA	5,47	↓	68,1		3,46	↑	8,04	↑
	CROGNOLO	11,69		63,22	↑	3,97	↓	7,88	↑
	ENTE	10,91		75,11	↑	2,99		7,51	↑
	GALLERIA ALTA	8,73		70,1		3,8	↑	6,91	↑
	GALLERIA BASSA	8,62		72,78		4,29		7,4	↑
SI	ACQUA GIALLA	30,96	↓	56		9,32	↓	5,4	
	ERMICCIOLO	4,56	↓	56,43		4,44	↓	7,44	↑
	GALLERIA DRENANTE	7,91		66,29		8,26	↓	9,17	
	PIAN DEI RENAI	11,38		58,57		12,24		6,16	
	VENA VECCHIA	7,43	↓	65,37	↓	5,89	↓	7,96	↑

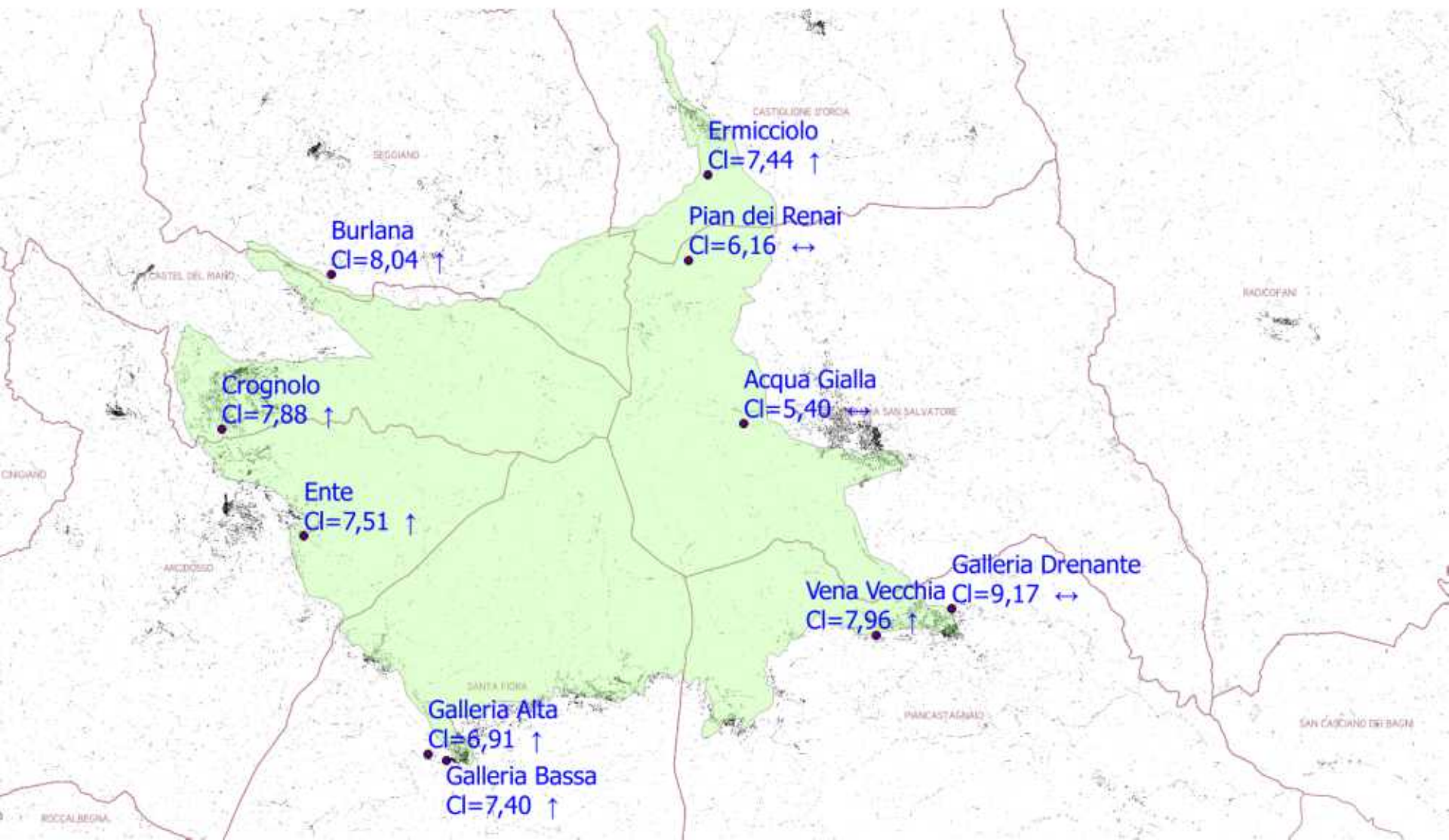
BORO



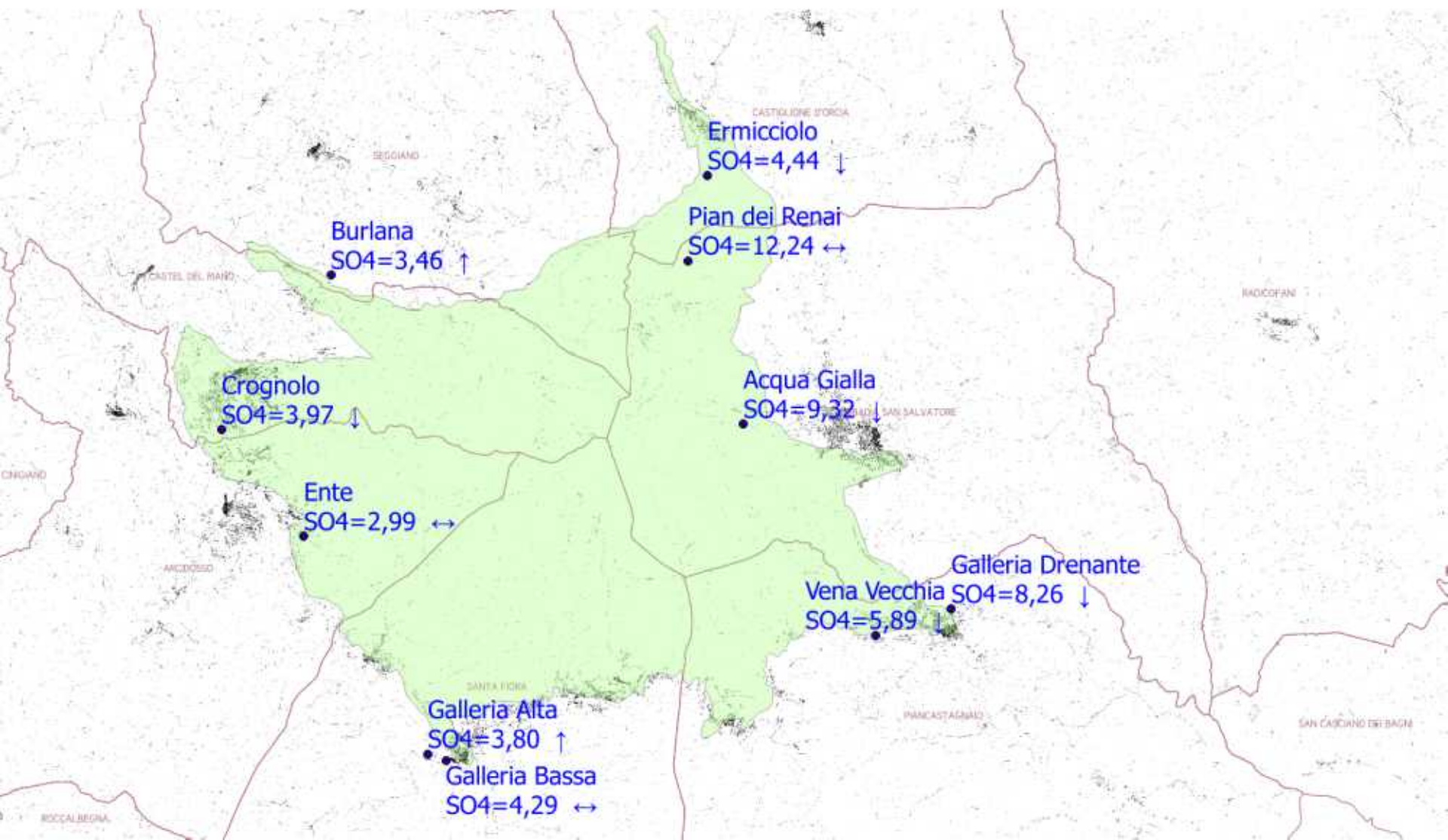
ARSENICO

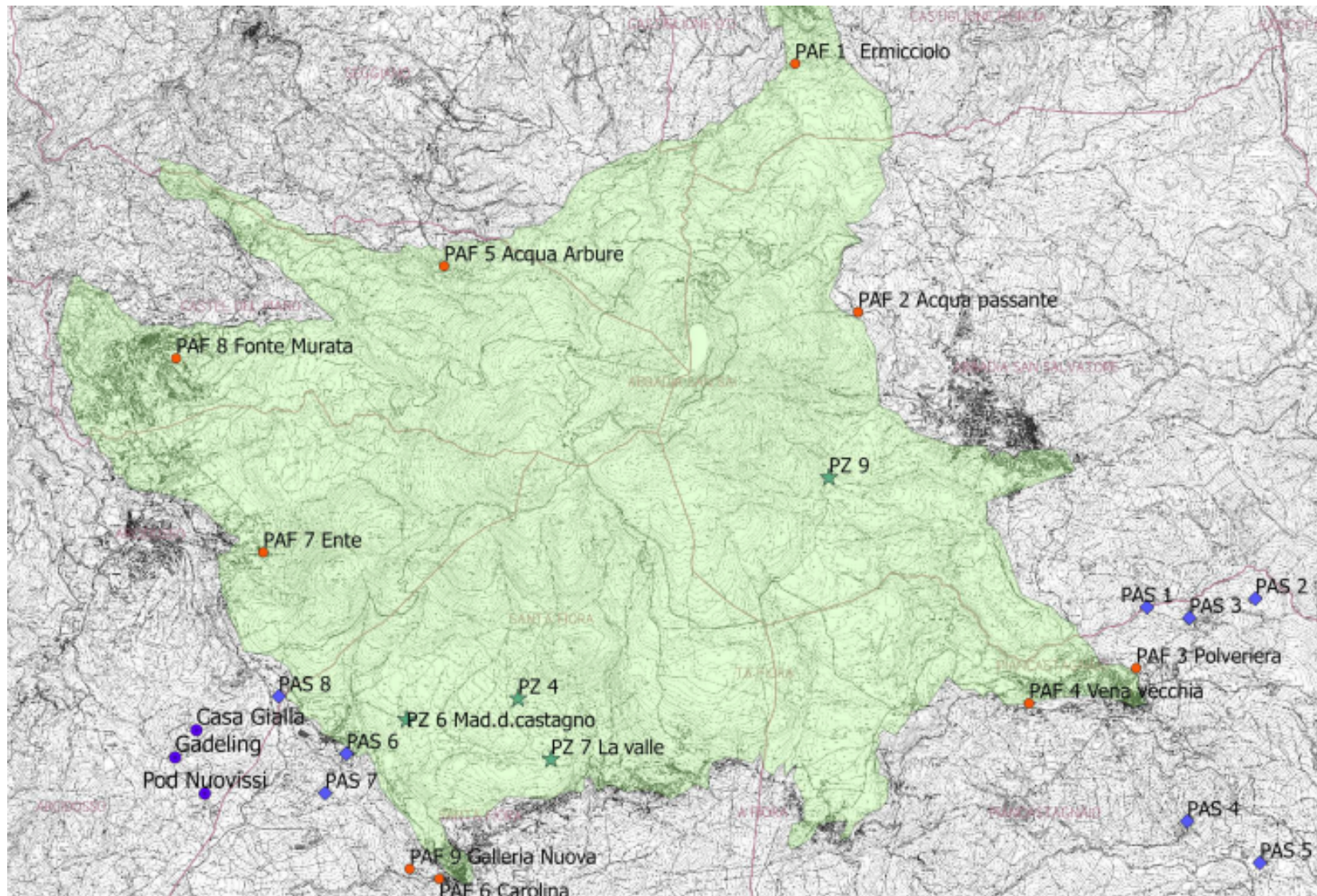


C L O R U R I



SOLFATI





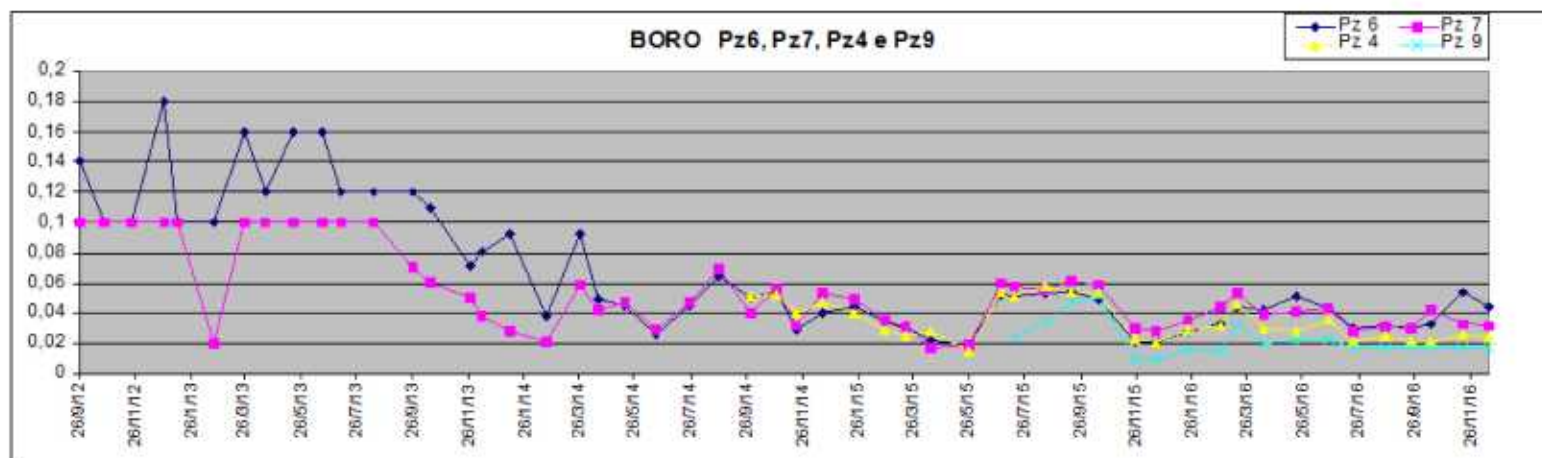
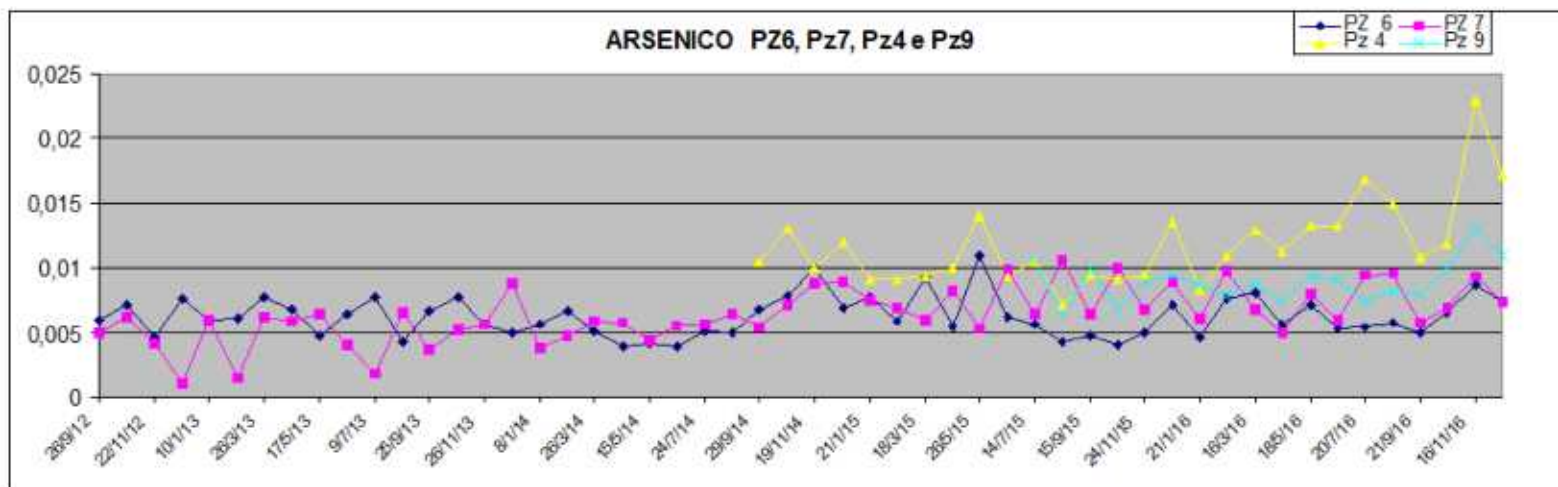
● PAF 8 sorgenti

◆ PAS 9 corsi d'acqua

★ 4 piezometri

Per i dati di PAF e PAS, dal 2012 al 2017 non si evidenziano particolari anomalie e trend. Lo stesso dicasi per i Piezometri.

Si registra una sostanziale uniformità nelle risultanze dei valori chimici tra ENEL GP e ARPAT



Valori espressi in mg/l