



IMPIANTO PILOTA GEOTERMICO CASTEL GIORGIO (TR)
Studio di Impatto Ambientale

ALLEGATO G
CAMPAGNA DI MISURA DEL FLUSSO DI CO₂
SU AREE TARGET IN PROSSIMITÀ
DEI POZZI A2, A4 E A14



Campagna di misura del flusso di CO₂ su aree target in prossimità dei pozzi A2, A4 e A14

Premessa

Le indagini geochimiche condotte dal gruppo scrivente, nell'area di Castel Giorgio-Torre Alfina, sono iniziate nel maggio 2011, quando allo scopo di identificare la presenza eventuale di zone di rilascio naturale di gas dal serbatoio geotermico è stata eseguita una dettagliata prospezione del flusso di CO₂ dal suolo. L'area investigata si sviluppava su un rettangolo allungato N-S di 12,2 km² (n. misure eseguite: 1.336) ed era limitata a sud dal pozzo Enel A14 e a nord dalla manifestazione naturale delle Solfanare di Torre Alfina, l'unica presente nella zona. All'interno dell'area indagata ricadono anche i pozzi Enel A13, A1/A1bis, A15, A7, A2 e A4. La mappa di flusso ottenuta dall'elaborazione statistica dei dati (Fig. 1) mostra che nella maggior parte dell'area indagata il rilascio di CO₂ dal suolo è generalmente basso (<48 g/m²giorno). L'unica zona dove sono stati trovati valori più alti del flusso di gas dal suolo (ΦCO₂: 100-30.250 g/m²giorno) è in corrispondenza della manifestazione naturale delle Solfanare. Alcune piccole anomalie (tra 48 e 100 g/m²giorno) sono state trovate poche centinaia di metri a N-NW del pozzo A14 e vicino ai pozzi A2 e A4.

Nell'ambito delle attività di monitoraggio geochimico della zona, stabilite nella Convenzione stipulata tra INGV e ITW&LKW Geotermia Italia spa, è prevista l'esecuzione di tre campagne annue di misura del flusso di CO₂ dal suolo, nelle aree (pozzi A2 e A4) che saranno sede di estrazione del fluido geotermico e in quella di reiniezione (A14). L'esecuzione di queste campagne prima dell'inizio delle operazioni di perforazione dei nuovi pozzi, ha per scopo di accertare le variazioni temporali del flusso naturale di CO₂ dal suolo in modo da disporre di una base conoscitiva utile a riconoscere eventuali fughe di gas indotte dall'attività mineraria necessaria per la gestione delle centrali geotermiche.

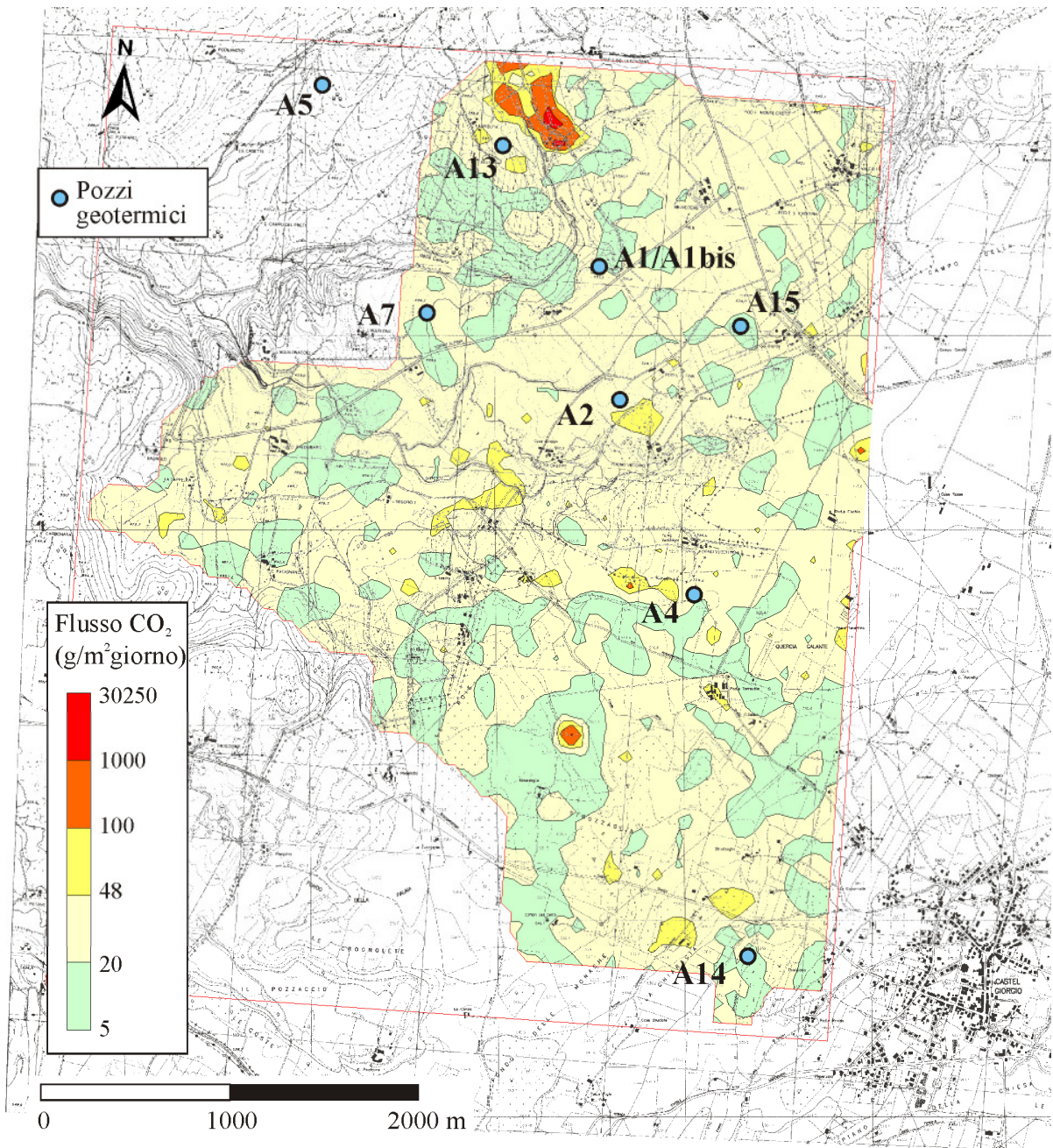


Fig. 1. Mappa del flusso di CO₂ dal suolo dell'area di Torre Alfina-Castel Giorgio (survey del maggio 2011).

1. Aree target per il monitoraggio del flusso di CO₂ dal suolo

Le tre aree target per il monitoraggio del flusso di CO₂ dal suolo sono ubicate in prossimità dei pozzi A2, A4 e A14 (Fig. 2) e la loro estensione tiene anche conto della presenza di alcune (per quanto deboli) anomalie di flusso rilevate nel survey del maggio 2011 (vedi Fig. 1).

In corrispondenza delle tre aree target verranno eseguite tre campagne di misura l'anno con il metodo della camera di accumulo, con strumentazione analoga a quella utilizzata nella prospezione del 2011.

Le campagne verranno eseguite rispettivamente nella stagione primavera, estate-autunno e inverno, comunque in periodi secchi (per evitare suoli umidi che influenzano il flusso di CO₂).

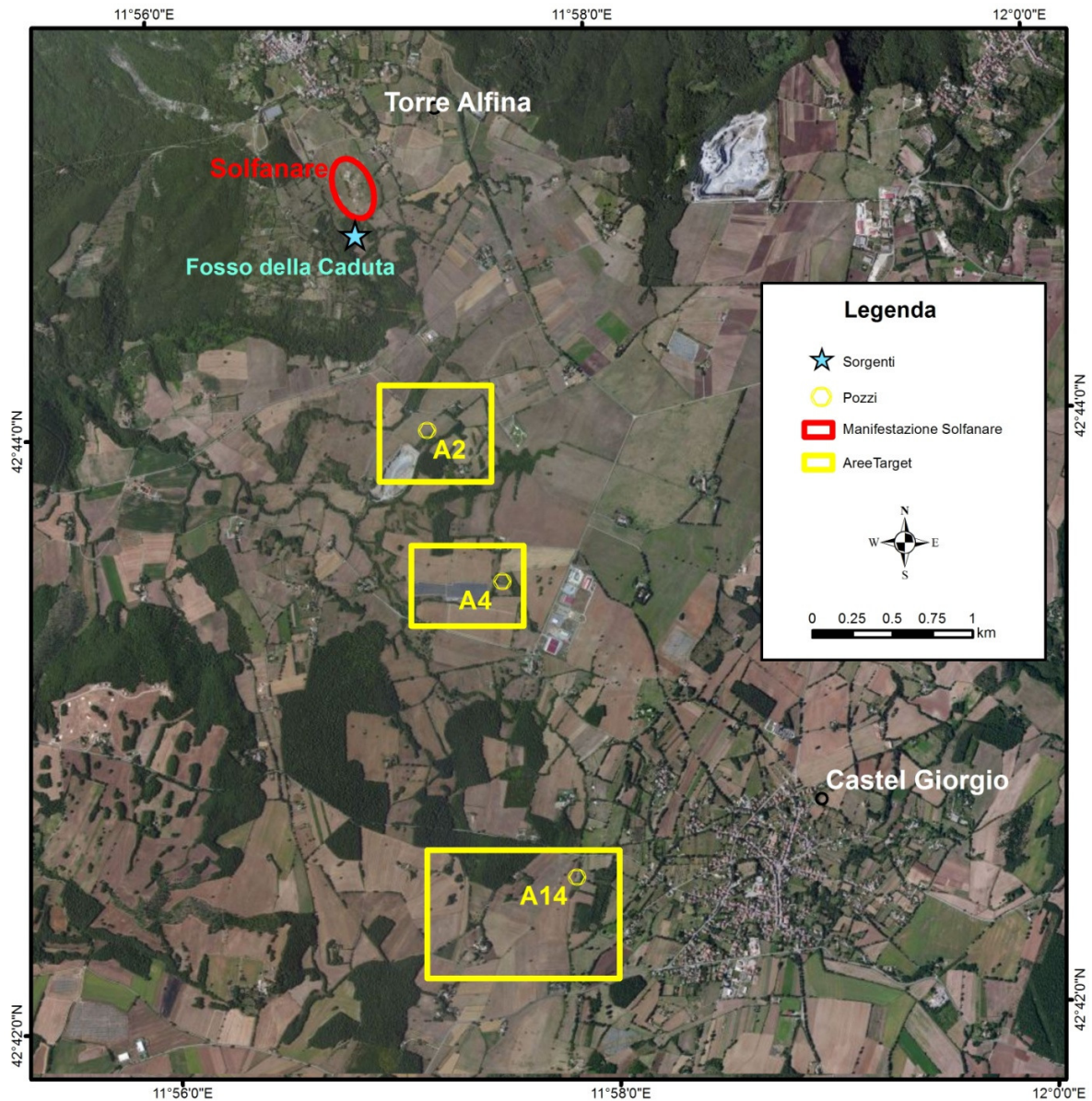


Fig. 2. Ubicazione delle aree target per il monitoraggio del flusso di CO₂ dal suolo (riquadri gialli). Sono indicate le posizioni dei pozzi A2, A4 e A14, della manifestazione delle Solfanare e della sorgente del Fosso della Caduta.

I punti di misura sono stati distribuiti con una spaziatura di 100m e le loro coordinate sono state rilevate con tecnica GPS, in modo da poter eseguire le misure delle future campagne negli stessi punti a meno dell'errore strumentale (3m). In Tab. 1 sono indicati per ogni area le dimensioni e il numero di punti di misura.

Tab.1. Dimensioni delle aree target e numero di misure.

Area target	Area(m ²)	N. punti di misura
A2	420.000	47
A4	350.000	48
A14	960.000	115

2. Risultati della campagna del 22-23 Aprile 2013

La campagna di misure di flusso è stata realizzata nei giorni 22-23 Aprile 2013, in condizioni climatiche stabili, con suolo asciutto vista l'assenza di precipitazioni già da alcuni giorni. I risultati delle misure e le relative coordinate sono riportati nell'Allegato 1.

Nell'area target A2 che comprende anche la cava di basalto di Le Greppe (Fig. 3A) sono stati misurati flussi di CO₂ dal suolo variabili da 0,8 a 39,6 g/m²giorno, con media di 16,5 g/m²giorno (Tab. 2) mentre nel maggio 2011 i flussi misurati nella stessa zona erano compresi tra 15,3 e 65,8 g/m²giorno, con una media di 34,7 g/m²giorno. A causa di inaccessibilità in terreni privati (presenza di cani feroci), sei misure non sono state eseguite (area grigia in Fig. 3A). All'interno dell'area di cava è stato eseguito un infittimento delle misure, nelle zone asciutte ai margini di un'area allagata per emergenza della falda superficiale (area celeste in Fig. 3A), trovando sempre valori di flusso molto bassi.

Tab.2. Area target A2. Confronto delle campagne del maggio 2011 e aprile 2013.

Data	Area m ²	N° punti misura	Minimo g/m ² giorno	Massimo g/m ² giorno	Media g/m ² giorno
maggio 2011	420.000	44	15,3	65,8	34,7
aprile 2013	420.000	47	0,8	39,6	16,5

Dalla tabella 2 si evince che il flusso di CO₂ dal suolo nell'area target A2, che era risultato basso anche nella campagna del maggio 2011, è ulteriormente diminuito nei valori minimo, massimo e nella media.

Nell'area target A4 (Fig. 3B) sono stati misurati flussi da 3,4 a 40,0 g/m²giorno, con media di 18,3 g/m²giorno (Tab.3), mentre nel maggio 2011 i flussi misurati nella stessa zona erano compresi tra 9,0 e 131,0 g/m²giorno, con media di 32,0 g/m²giorno. Anche in quest'area si osserva una netta diminuzione

dei valori di flusso tra il maggio 2011 e l'aprile 2013.

Tab. 3. Area target A4. Confronto delle campagne del maggio 2011 e aprile 2013.

Data	Area m²	N° punti misura	Minimo g/m² giorno	Massimo g/m² giorno	Media g/m² giorno
maggio 2011	350.000	51	9,0	131,0	32,0
aprile 2013	350.000	48	3,4	40	18,3

Nell'area target A14 (Fig. 3C) sono stati misurati flussi da 2,5 a 49,8 g/m²giorno, con media di 19,8 g/m²giorno (Tab. 4). I valori di flusso registrati nella stessa zona nella campagna del maggio 2011 erano compresi tra 5,2 e 79,1 g/m²giorno, con media di 25,7g/m²giorno. Nella campagna di aprile 2013 l'area di prospezione è stata allargata verso ovest e verso sud al fine di coprire anche i settori corrispondenti alla posizione del fondo pozzo dei nuovi eventuali pozzi devianti da perforare nella zona. Per questo motivo la superficie indagata nell'aprile 2013 comprende una parte che non era stata misurata in precedenza.

Anche in questa terza area i valori di flusso di CO₂ tra il maggio 2011 e l'aprile 2013 sono diminuiti in modo apprezzabile.

Tab.4. Area target A14. Confronto delle campagne del maggio 2011 e aprile 2013.

Data	Area m²	N° punti misura	Minimo g/m² giorno	Massimo g/m² giorno	Media g/m² giorno
maggio 2011	517.400	58	5,2	79,1	25,7
aprile 2013	960.000	117	2,5	49,8	19,8

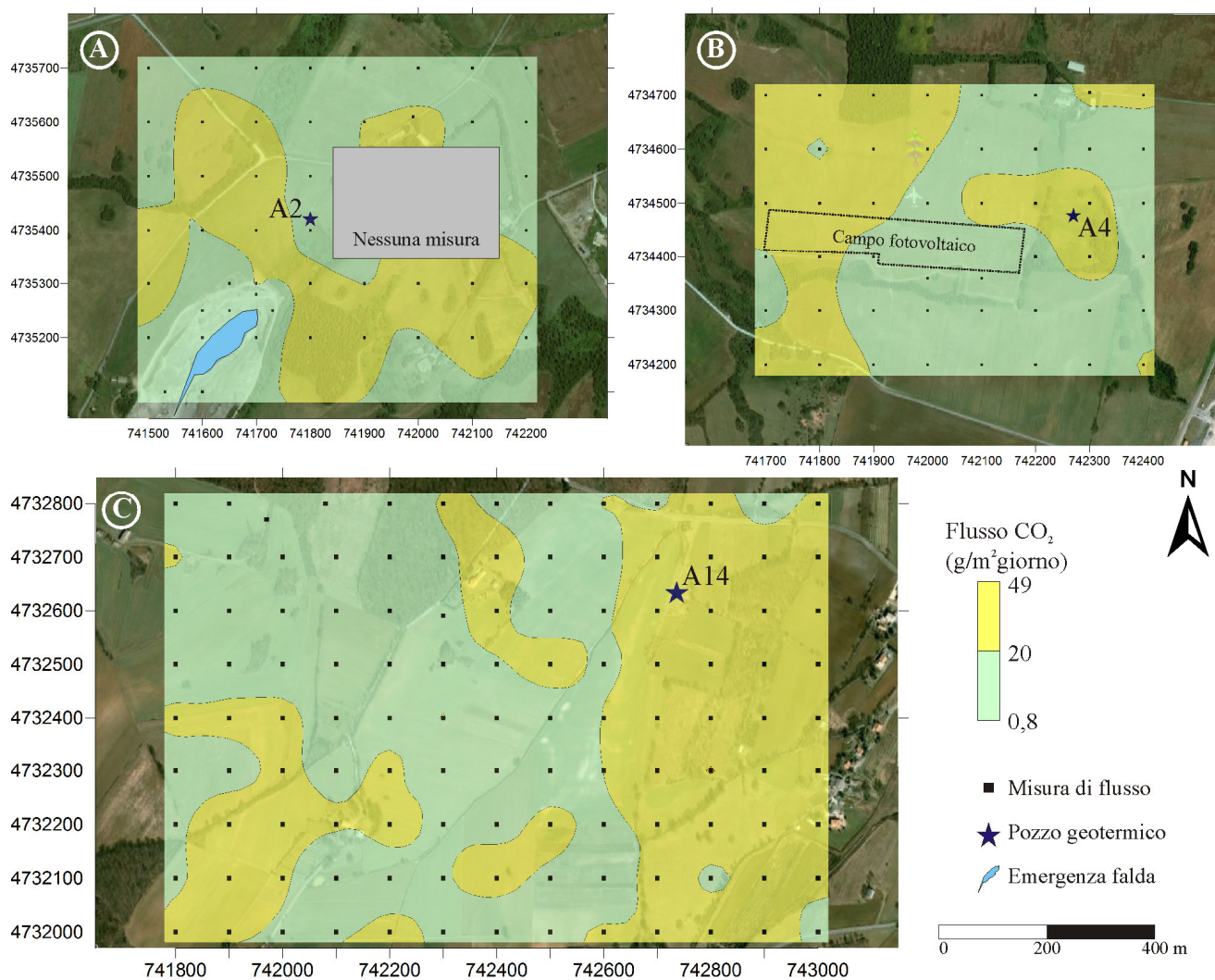


Fig. 3. Mappe del flusso di CO₂ dal suolo delle tre aree target relative alla campagna dell'aprile 2013.

3. Indagini isotopiche

Nel progettare le campagne di misura si era programmato anche di prelevare campioni di gas nel suolo nei punti dove si registravano i valori di flusso di CO₂ più alti, previa verifica speditiva in campagna della concentrazione di CO₂ a 50 cm di profondità eseguita con strumento portatile Draeger. Come si è visto dalla descrizione precedente in nessuna delle tre aree target indagate sono stati trovati valori di flusso di CO₂ sicuramente anomali dovuti ad emissione di origine profonda. I campioni avrebbero dovuto essere analizzati per la composizione isotopica ($\delta^{13}\text{C}$ della CO₂) allo scopo di stabilirne l'origine. Le concentrazioni di CO₂ trovate a 50 cm di profondità nel suolo sono risultate variabili da 400 ppmV (concentrazione aria: 370ppmV) a 4000 ppmV, valore comunque inferiore alla concentrazione necessaria per le analisi isotopiche (>2% V).

4. Conclusioni

La campagna del 2011 aveva già indicato che l'emissione di CO₂ dal suolo nell'area di Castel Giorgio-Torre Alfina era molto bassa, a parte la zona della manifestazione naturale di gas delle Solfonare a sud di Torre Alfina. Questo, considerata la sicura presenza di un serbatoio geotermico in profondità, dimostrata da alcuni dei vecchi pozzi perforati nelle zone indagate, era una chiara evidenza della presenza di una copertura di rocce impermeabili molto efficace al di sopra del serbatoio. Nel presentare i risultati erano stati ipotizzati due diversi valori di background rispettivamente pari a 20 e 48 g/m²giorno. Il primo valore era stato adottato con lo scopo di mettere in evidenza eventuali anomalie di flusso sia pure molto deboli che potessero anche servire per individuare la presenza di eventuali linee di debolezza strutturale. Come si vede dalla Fig. 1, non era tuttavia risultato alcun allineamento preferenziale delle anomalie.

Nella campagna dell'aprile 2013 si osserva una sensibile diminuzione dei valori di flusso di CO₂ dal suolo rispetto al maggio 2011. È possibile che questo dipenda in parte da una maggiore umidità del suolo, fatto che verrà accertato ripetendo nel tempo le misure in diverse stagioni, come da programma.

Nella Fig.4 sono messi a confronto i dati delle campagne di misura di maggio 2011 e di aprile 2013; i valori più alti della campagna 2011 (superiori a 100 g/m² giorno), racchiusi nell'ellisse rossa, sono tutti relativi a misure eseguite nel suolo in prossimità della manifestazione delle Solfanare a sud di Torre Alfina, area che non è stata indagata nel 2013. È interessante osservare che i valori di flusso misurati nella campagna di aprile 2013 possono essere raggruppati in tre famiglie. I valori di flusso più bassi sono stati trovati nella cava di Le Greppe (area target A2) dove le rocce laviche tagliate affiorano e solo sul margine est sono ricoperte da un strato sottile di terreno di riporto non vegetato. I valori di flusso della seconda famiglia sono stati invece trovati sempre su terreni recentemente arati. Infine i valori di flusso della terza famiglia, più elevati e molto vicini a quelli del 2011, sono stati trovati su terreni vegetati. Questi risultati indicano l'importanza della vegetazione nel determinare variazioni significative nel flusso di CO₂ dal suolo, sia pur rimanendo a valori molti bassi rispetto alle zone interessate dal rilascio di gas di origine endogena (es. Solfonare).

Nell'insieme le nuove misure, oltre a confermare la efficacia della copertura impermeabile del serbatoio geotermico, indicano che i flussi di CO₂ misurati hanno un'origine biologica.

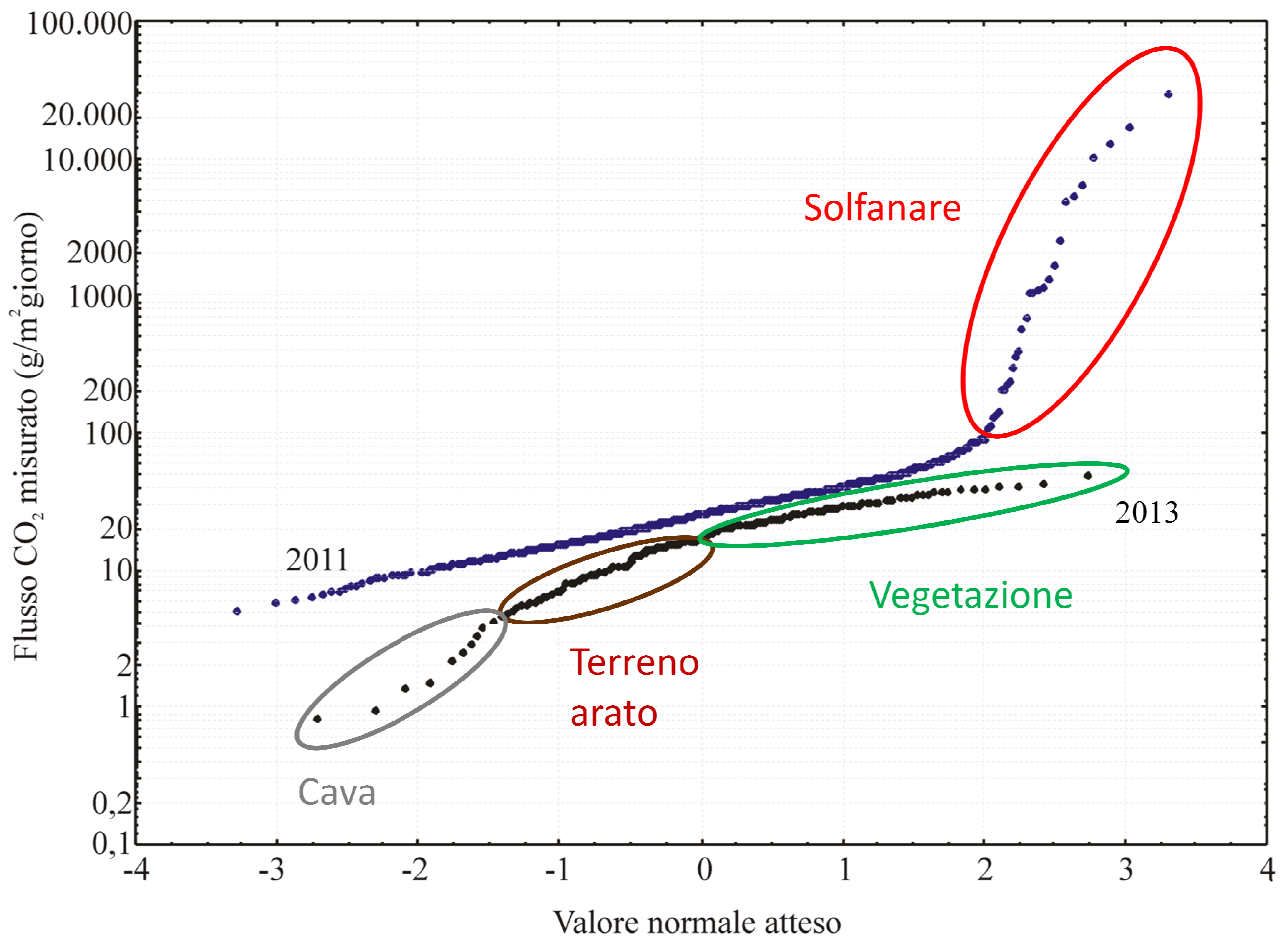


Fig.4. Confronto tra i log probability plot relativi alle misure di flusso di CO₂ dal suolo delle campagne di maggio 2011 (linea blu) e di aprile 2013 (linea nera). I valori superiori a 100 g/m²giorno misurati nel 2011 sono stati trovati tutti in prossimità della manifestazione delle Solfanare (vedi Fig.1) non indagata nel 2013.

5. Partecipanti allo studio

Il presente studio è stato realizzato dai seguenti ricercatori:

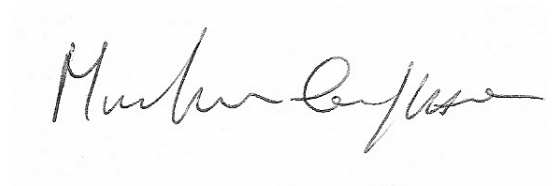
Maria Luisa Carapezza¹, Alessandro Gattuso¹, Nicola Pagliuca¹, Massimo Ranaldi², Luca Tarchini²

1. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Roma; 2. Dipartimento di Scienze, Università di Roma Tre.

Roma, 08 maggio 2013

Il responsabile scientifico

Dr.ssa Maria Luisa Carapezza

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Maria Luisa Carapezza', is written over a light blue rectangular background.

Allegato 1. Risultati delle misure di flusso di CO₂ dal suolo . Survey dell'aprile 2013.

Area Target A2			
Sigla	X	Y	CO₂g/m²day
1	741500	4735200	14.42
2	741500	4735300	35.28
3	741500	4735400	25.34
4	741500	4735500	15.54
5	741500	4735600	8.4
6	741500	4735700	14.42
7	741600	4735200	1.54
8	741650	4735300	0.98
9	741600	4735400	19.88
10	741600	4735500	27.58
11	741600	4735600	33.18
12	741600	4735700	14.7
13	741700	4735200	4.2
14	741700	4735280	0.84
15	741700	4735300	22.54
16	741700	4735400	25.48
17	741700	4735500	32.2
18	741700	4735600	26.88
19	741700	4735700	4.76
20	741800	4735200	38.78
21	741800	4735300	25.76
22	741800	4735400	14.56
23	741800	4735500	14
24	741800	4735600	7
25	741800	4735700	9.94
26	741900	4735200	30.38
27	741900	4735300	19.46
28	741900	4735600	21
29	741900	4735700	0.98
30	742000	4735200	17.36
31	742000	4735300	36.26
32	741990	4735610	23.38
33	742000	4735700	9.1
34	742100	4735200	29.4
35	742100	4735300	39.62
36	742100	4735600	14.84
37	742100	4735700	17.78
38	742200	4735200	18.34
39	742200	4735300	23.38
40	742200	4735500	5.6
41	742200	4735600	1.54
42	742200	4735700	16.8
43	741530	4735100	1.4
44	741600	4735100	1.54
45	741730	4735250	2.24
46	741650	4735250	2.94
47	741600	4735250	2.24

Area Target A4			
Sigla	X	Y	CO₂g/m²day
1	741700	4734200	34.58
2	741700	4734300	13.3
3	741700	4734400	18.9
4	741700	4734500	27.16
5	741700	4734600	30.24
6	741700	4734700	23.38
7	741800	4734200	36.68
8	741800	4734300	26.32
9	741800	4734400	27.16
10	741800	4734500	29.82
11	741800	4734600	16.1
12	741800	4734700	30.52
13	741900	4734200	18.62
14	741900	4734300	6.58
15	741900	4734400	8.26
16	741900	4734500	29.82
17	741900	4734600	40.04
18	741900	4734700	21.28
19	742000	4734200	10.64
20	742000	4734300	10.78
21	742000	4734360	10.92
22	742000	4734500	9.52
23	742000	4734600	20.72
24	742000	4734700	28.56
25	742100	4734200	3.92
26	742100	4734300	5.04
27	742100	4734360	5.74
28	742100	4734500	27.72
29	742100	4734600	14.7
30	742100	4734700	15.4
31	742200	4734200	3.36
32	742200	4734300	5.32
33	742200	4734400	10.64
34	742200	4734500	23.24
35	742200	4734600	15.82
36	742200	4734700	16.24
37	742300	4734200	6.44
38	742300	4734300	5.6
39	742300	4734400	35
40	742300	4734500	31.5
41	742300	4734600	15.26
42	742300	4734705	21.98
43	742400	4734200	21.84
44	742400	4734300	17.5
45	742400	4734400	8.12
46	742400	4734500	6.02
47	742400	4734600	10.5
48	742400	4734700	23.1

Area Target A14			
Sigla	X	Y	CO₂g/m²day
1	741800	4732000	21.84
2	741800	4732100	16.38
3	741800	4732200	16.52
4	741800	4732300	7.56
5	741800	4732400	25.48
6	741800	4732500	6.86
7	741800	4732600	10.92
8	741800	4732700	22.12
9	741800	4732800	9.94
10	741900	4732000	21.42
11	741900	4732100	27.3
12	741900	4732200	39.34
13	741900	4732300	6.3
14	741900	4732400	26.18
15	741900	4732500	8.96
16	741900	4732600	7.28
17	741900	4732700	8.12
18	741900	4732800	9.8
19	742000	4732100	21.7
20	742000	4732200	24.08
21	742000	4732300	22.12
22	742000	4732400	32.2
23	742000	4732500	2.52
24	742000	4732600	13.02
25	742000	4732700	15.96
26	741970	4732770	5.88
27	742100	4732000	18.06
28	742100	4732100	9.38
29	742100	4732200	21.14
30	742100	4732300	14.56
31	742100	4732400	4.2
32	742100	4732500	11.9
33	742100	4732600	6.86
34	742100	4732700	8.54
35	742080	4732800	14.28

Area Target A14			
Sigla	X	Y	CO₂g/m²day
36	742200	4732000	25.2
37	742200	4732100	11.06
38	742200	4732200	27.3
39	742200	4732300	22.54
40	742200	4732400	13.86
41	742200	4732500	9.24
42	742200	4732600	12.46
43	742200	4732700	10.64
44	742200	4732800	9.94
45	742300	4732000	16.8
46	742300	4732100	19.04
47	742300	4732200	15.82
48	742300	4732300	12.88
49	742300	4732400	20.58
50	742300	4732500	15.4
51	742300	4732590	13.86
52	742300	4732700	15.12
53	742300	4732800	21.7
54	742400	4732000	5.18
55	742400	4732100	28.28
56	742400	4732200	14.14
57	742400	4732300	11.06
58	742400	4732400	8.4
59	742400	4732500	18.76
60	742400	4732600	22.82
61	742400	4732700	31.5
62	742400	4732800	16.66
63	742500	4732000	16.38
64	742500	4732100	16.24
65	742500	4732200	26.32
66	742500	4732300	14.98
67	742500	4732400	6.16
68	742500	4732500	32.06
69	742500	4732600	8.54
70	742500	4732700	11.62
71	742500	4732800	9.94

Area Target A14			
Sigla	X	Y	CO₂g/m²day
72	742600	4732000	22.4
73	742600	4732100	4.2
74	742600	4732200	16.1
75	742600	4732300	20.16
76	742600	4732400	20.44
77	742600	4732500	17.08
78	742600	4732700	9.1
79	742600	4732800	21.14
80	742700	4732000	22.26
81	742700	4732100	31.92
82	742700	4732200	23.66
83	742700	4732300	33.04
84	742700	4732400	29.82
85	742700	4732500	25.9
86	742700	4732600	28.7
87	742700	4732700	41.58
88	742700	4732800	15.68
89	742800	4732000	29.26
90	742800	4732100	15.82
91	742800	4732200	30.1
92	742800	4732300	49.84
93	742800	4732400	22.26
94	742800	4732500	21.14
95	742800	4732600	21
96	742800	4732700	34.58
97	742800	4732800	31.64
98	742900	4732000	39.34
99	742900	4732100	20.86
100	742900	4732200	26.18
101	742900	4732300	35.98
102	742900	4732400	21.7
103	742900	4732500	41.02
104	742900	4732600	24.22
105	742900	4732700	32.9
106	742900	4732800	9.38
107	743000	4732000	10.78
108	743000	4732100	26.32
109	743000	4732200	23.8
110	743000	4732300	37.38
111	743000	4732400	25.48
112	743000	4732500	28.14
113	743000	4732600	37.52
114	743000	4732700	43.26
115	743000	4732800	24.08