



ISTITUTO NAZIONALE
DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

**RAPPORTO TECNICO-SCIENTIFICO SUL DEGASSAMENTO
DIFFUSO DI CO₂ DAL SUOLO A VULCANO
CAMPAGNA DEL 14-15 FEBBRAIO 2023**

SEZIONE DI ROMA 1

IN COLLABORAZIONE CON SEZIONI DI PALERMO, PISA, CATANIA



23 FEBBRAIO 2023

1. Campagne di misura del flusso di CO₂ dal suolo nelle aree target di Vulcano Porto e alla base del cono di La Fossa

Nei giorni 14-15 febbraio 2023 è stata effettuata la campagna di misura del flusso diffuso di CO₂ dal suolo dalle aree target di Palizzi, Camping Sicilia, CS1, Spiaggia di Levante e lungo una linea che si estende alla base del cono di La Fossa, da Palizzi a Forgia Vecchia, inclusa una piccola area sotto questo cratere.

Vengono altresì presentati i risultati del monitoraggio in continuo della concentrazione di CO₂ in aria nel giardino di casa Lombardo (Camping Sicilia) tuttora evacuata. La distribuzione dei punti di misura del flusso di CO₂ dal suolo è riportata in Fig. 1.

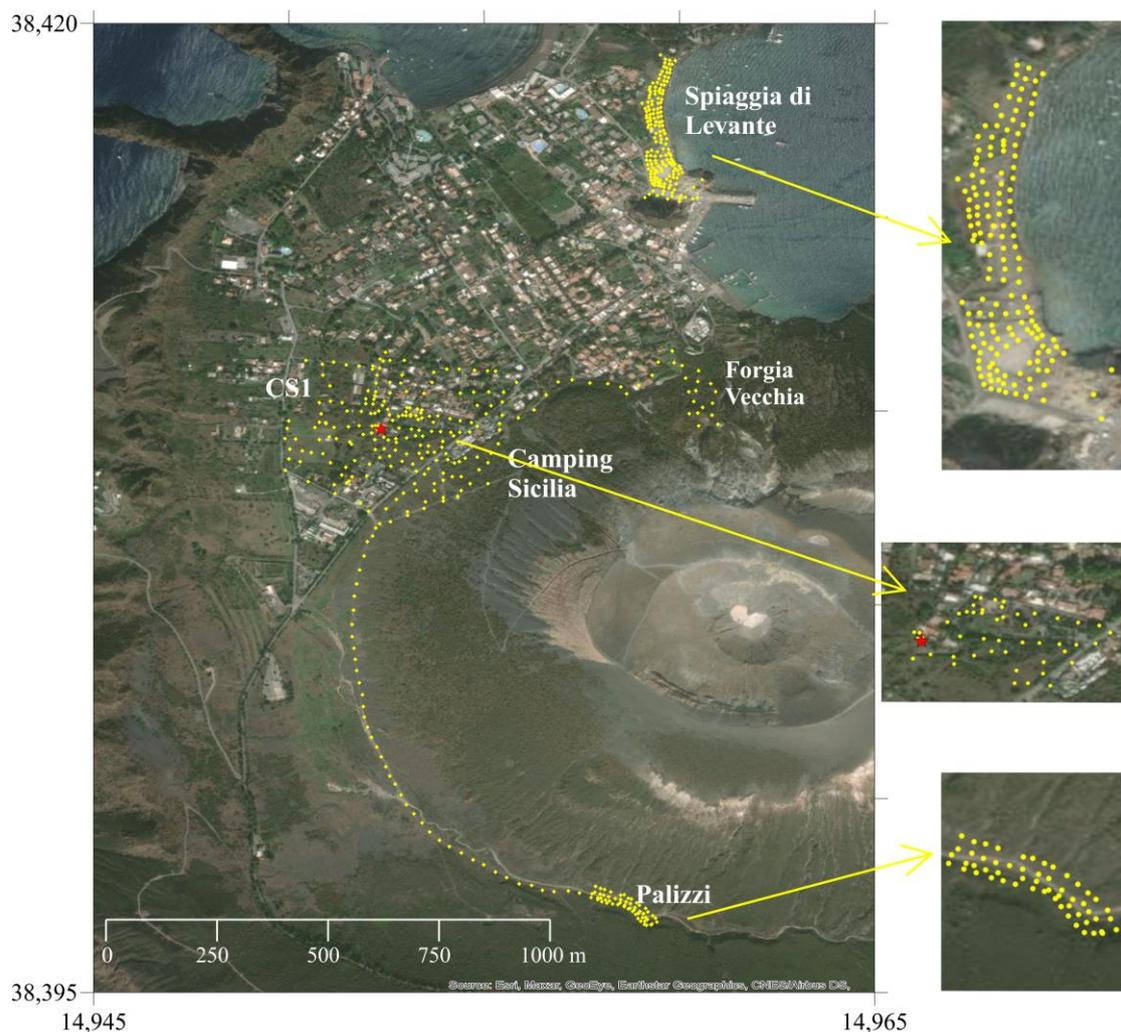


Fig. 1. Ubicazione delle misure del flusso di CO₂ dal suolo. CS1: area target allargata di Camping Sicilia. Stella rossa: stazione di monitoraggio della concentrazione di CO₂ in aria.

1.1. Area target di Palizzi

La prospezione del flusso di CO₂ dal suolo sull'area target di Palizzi è stata eseguita il 14 febbraio 2023 (55 misure su 5.324 m²). La mappa elaborata con il metodo Geostatistical Gaussian Simulation in ArcGis 10.6 è riportata in Fig. 2, dove per confronto si riportano anche le tre mappe da ottobre 2022 a gennaio 2023.

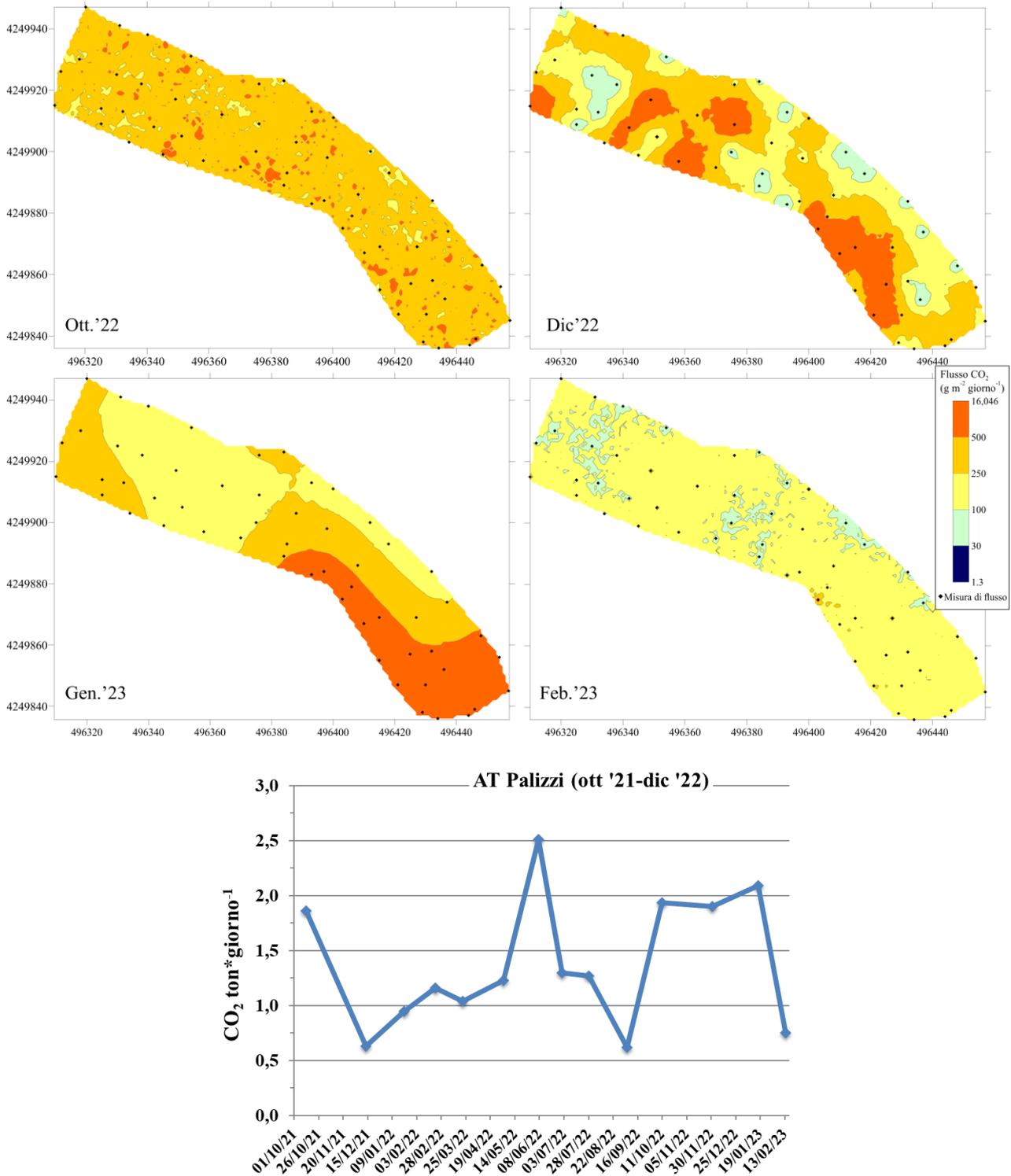


Fig. 2. Alto: Mappe del flusso diffuso di CO₂ dal suolo dall'area target di Palizzi da ottobre 2022 a febbraio 2023. In basso: variazione nel tempo del flusso totale di CO₂ stimato dall'area target di Palizzi, da ottobre 2021.

Rispetto alle campagne precedenti, si osserva una riduzione generalizzata del flusso su tutta l'area di indagine. Ciò porta ad una stima molto bassa dell'emissione totale di CO₂ dal suolo a Palizzi, pari a 0,75 ton*giorno⁻¹. Questo valore non solo è inferiore rispetto a quello dei mesi precedenti (tra 1,90 e 2,09 ton*giorno⁻¹) ma è tra i più bassi misurati dall'inizio della crisi.

1.2 Linea Palizzi-Forgia Vecchia

Nei giorni 14-15 febbraio 2023 sono state eseguite le misure di flusso di CO₂ dal suolo lungo la linea di punti che si estende alla base del cono di La Fossa, da Palizzi a Forgia Vecchia (69 punti; spaziatura ~35 m; lunghezza ~2.300 m; vedi Fig. 1 per posizione). In Tab. 1 sono riportate le statistiche principali delle misure da novembre 2021 a febbraio 2023.

Tab. 1. Risultati delle misure del flusso diffuso di CO₂ dal suolo (linea alla base del cono di La Fossa)

Data	N. punti	Lunghezza m	Minimo g*m ⁻² giorno ⁻¹	Media g*m ⁻² giorno ⁻¹	Massimo g*m ⁻² giorno ⁻¹
Novembre '21	67	2.305	3,92	335,88	9.363,90
Dicembre '21	80	2.361	4,58	135,27	2.928,20
Gennaio '22	70	2.330	3,01	124,73	1.521,65
Febbraio '22	68	2.321	4,79	198,10	1.604,40
Marzo '22	68	2.298	0,42	69,47	632,66
Maggio '22	69	2.368	4,42	70,18	642,54
Giugno '22	70	2.368	5,04	109,74	1.138,20
1 Luglio '22	71	2.368	1,24	63,44	371,83
29 Luglio '22	71	2.368	0,98	61,36	486,92
6-7 settembre '22	69	2.320	1,26	26,18	148,02
11 ottobre '22	69	2.320	2,10	35,44	703,08
1 dicembre '22	69	2.320	2,24	39,06	430,92
17-18 gennaio '23	75	2.373	2,80	198,75	3.321,64
14-15 febbraio '23	68	2.300	1,82	14,92	94,64

Anche in quest'area si registra un forte decremento del flusso di CO₂ dal suolo (valori medio e massimo). Lungo il transetto di flusso di CO₂ dal suolo riportato in Fig. 3 si osservano forti riduzioni nei settori precedentemente anomali (1 e 2), così come a ridosso dell'area target di Palizzi (primi punti a S del transetto). Le anomalie residue risultano a febbraio molto blande.

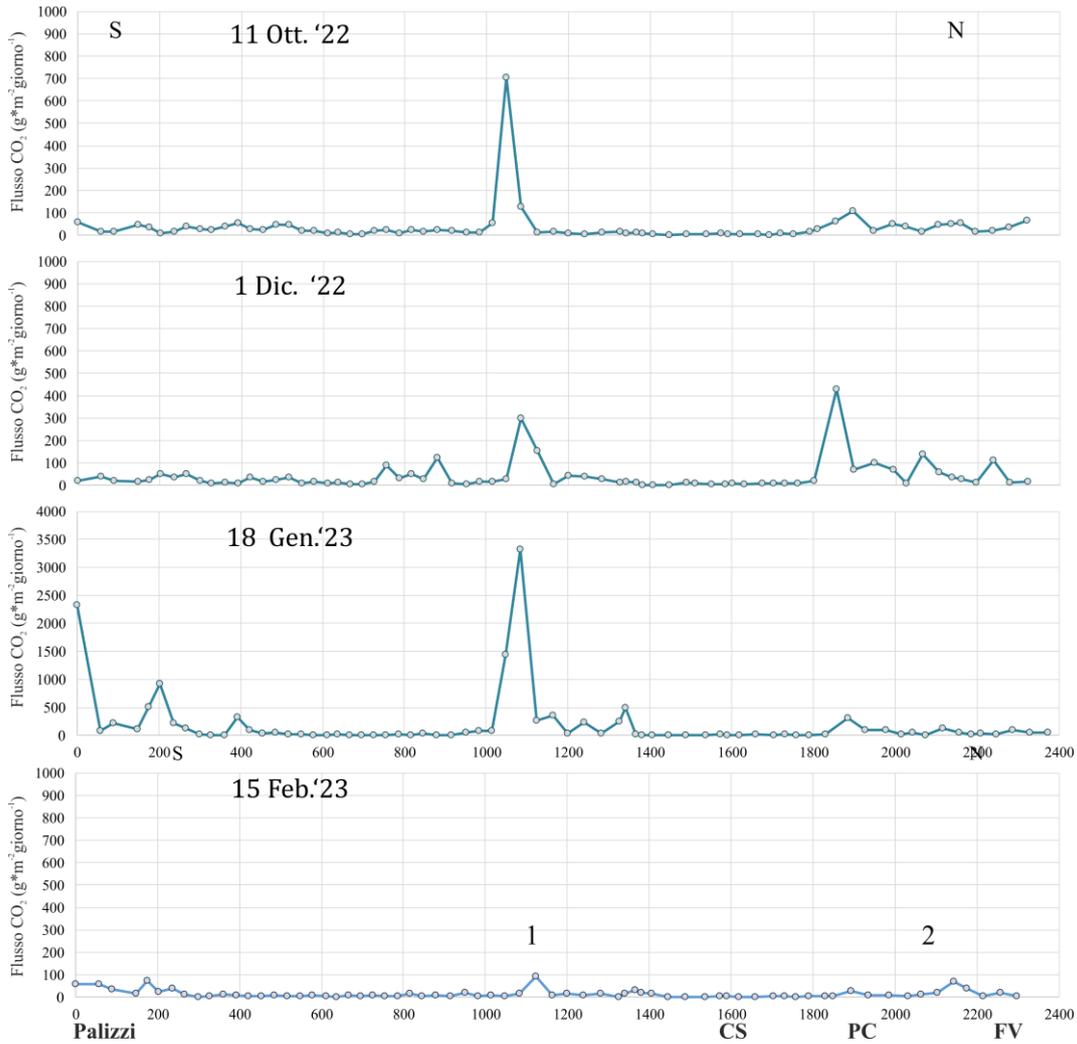


Fig. 3. Variazione spaziale (in metri), da ottobre 2022 a febbraio 2023, del flusso di CO₂ dal suolo lungo la linea Palizzi-Forgia Vecchia (vedi Fig. 1 per ubicazione). I numeri 1 e 2 indicano i settori che all’inizio della crisi avevano dato il principale rilascio anomalo di gas. CS: Camping Sicilia; PC: Pietre Cotte; FV: Forgia Vecchia.

Il settore sotto il cratere della Forgia Vecchia (13.000 m²) è stato investigato il 15 febbraio e i valori medio e massimo di flusso di CO₂ dal suolo restano in linea con quelli delle prospezioni precedenti (Fig. 4) e cioè prossimi a valori di background.

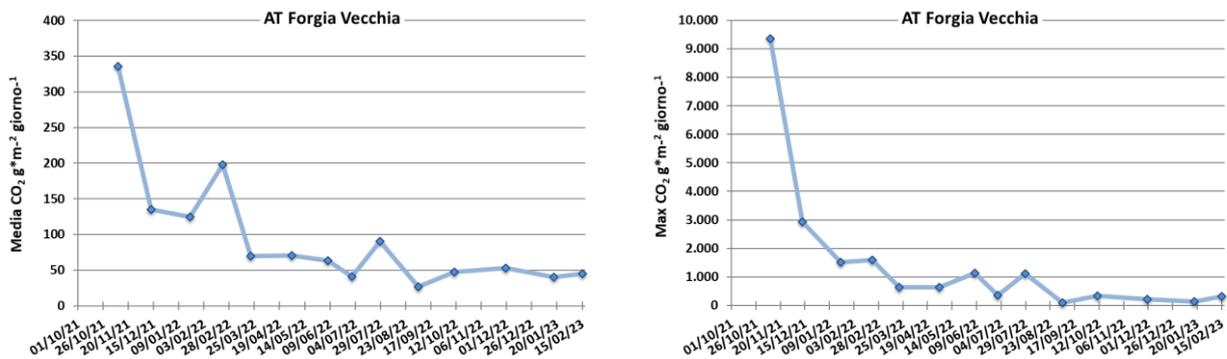


Fig. 4. Variazione temporale (nov.'21-feb.'23) del flusso di CO₂ dal suolo nel settore della Forgia Vecchia (vedi Fig. 1 per ubicazione). Sinistra: valore medio; Destra: valore massimo.

1.3 Area target di Camping Sicilia

In Fig. 5 si riportano le mappe del flusso di CO₂ dal suolo elaborate dalle prospezioni eseguite da novembre 2022 a febbraio 2023 sull'area target di Camping Sicilia-Casa Lombardo (49 misure su 18.212 m²; elaborate con Geostatistical Gaussian Simulation in ArcGis 10.6).

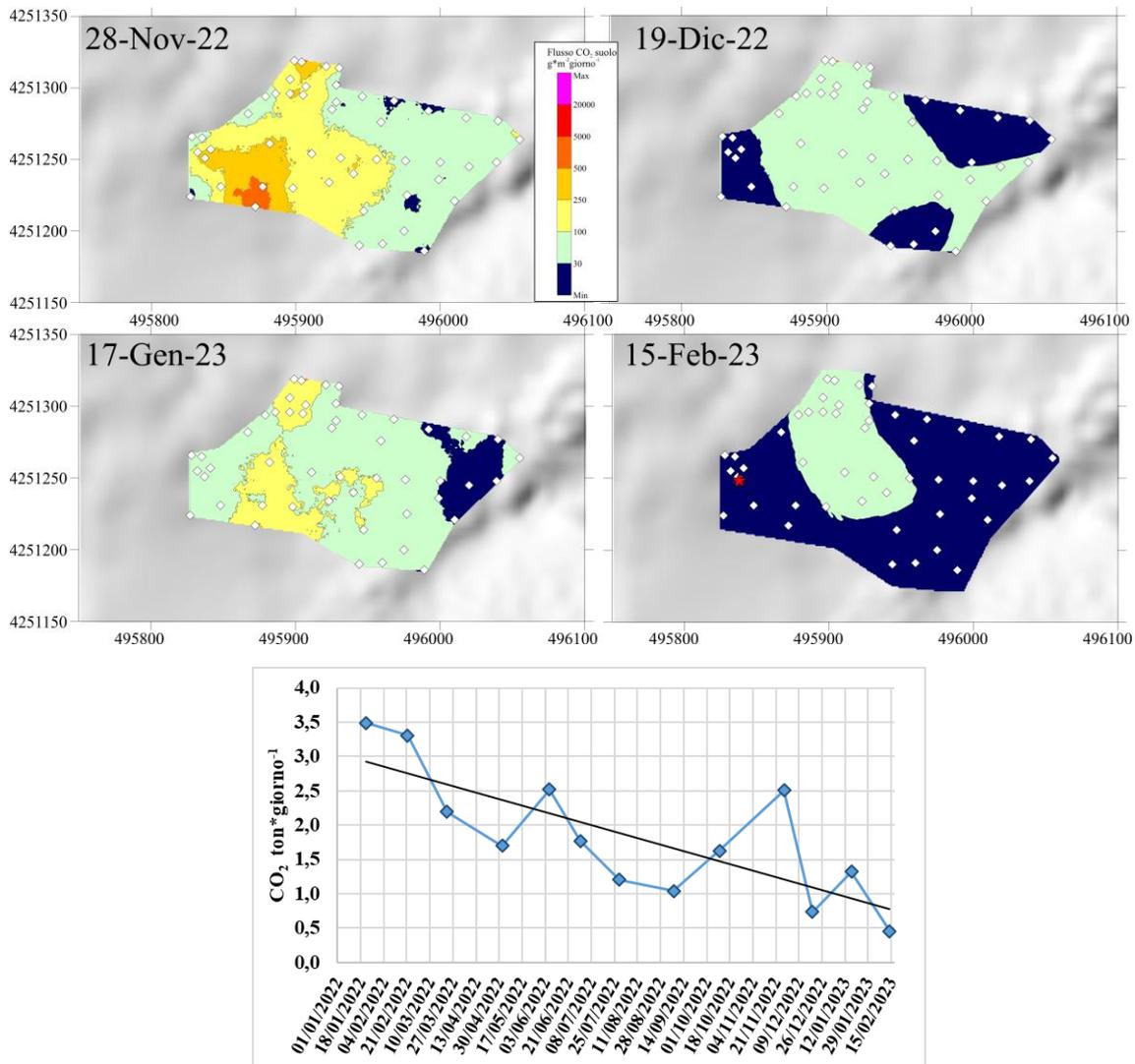


Fig. 5. Alto: mappe del flusso diffuso di CO₂ dal suolo dall'area target di Camping Sicilia-Casa Lombardo da novembre 2022 a febbraio 2023; stella rossa: stazioni in continuo della concentrazione di CO₂ dal suolo e in aria. Basso: variazione del flusso totale da gennaio 2022. Linea nera: tendenza lineare (R²= 0,582).

La mappa del flusso di CO₂ dal suolo di febbraio 2023 mostra il ritorno a valori di background su un vasto settore dell'area investigata (area blu) e la permanenza di flussi medio-bassi nel settore centro-settentrionale. Il grafico di Fig. 5_basso, che riporta la variazione nel tempo del flusso totale di CO₂ dal suolo, mostra una progressiva diminuzione, seppur con oscillazioni, del flusso totale che raggiunge il minimo a febbraio 2023 (0,46 ton*giorno⁻¹).

1.3.1 Monitoraggio continuo della concentrazione di CO₂ in aria nel giardino di casa Lombardo

In Fig. 6 si riporta il grafico della variazione nel tempo della concentrazione di CO₂ in aria misurata in continuo nel giardino di casa Lombardo, dal 14 dicembre 2022 al 20 febbraio 2023. La stazione di CO₂ nel

suolo non è al momento funzionante e sono in corso interventi straordinari per rendere il sistema di alimentazione stabile e performante.

La media giornaliera della concentrazione di CO₂ registrata in aria è rimasta nell'ultimo mese stabile su valori intorno a 750 ppm (Fig. 6). Non si osserva però una regressione a valori tipici dell'aria (400 ppm). Le concentrazioni di gas in atmosfera nel giardino di Casa Lombardo sono tuttora anomale e permane la condizione di pericolosità nel sito monitorato.

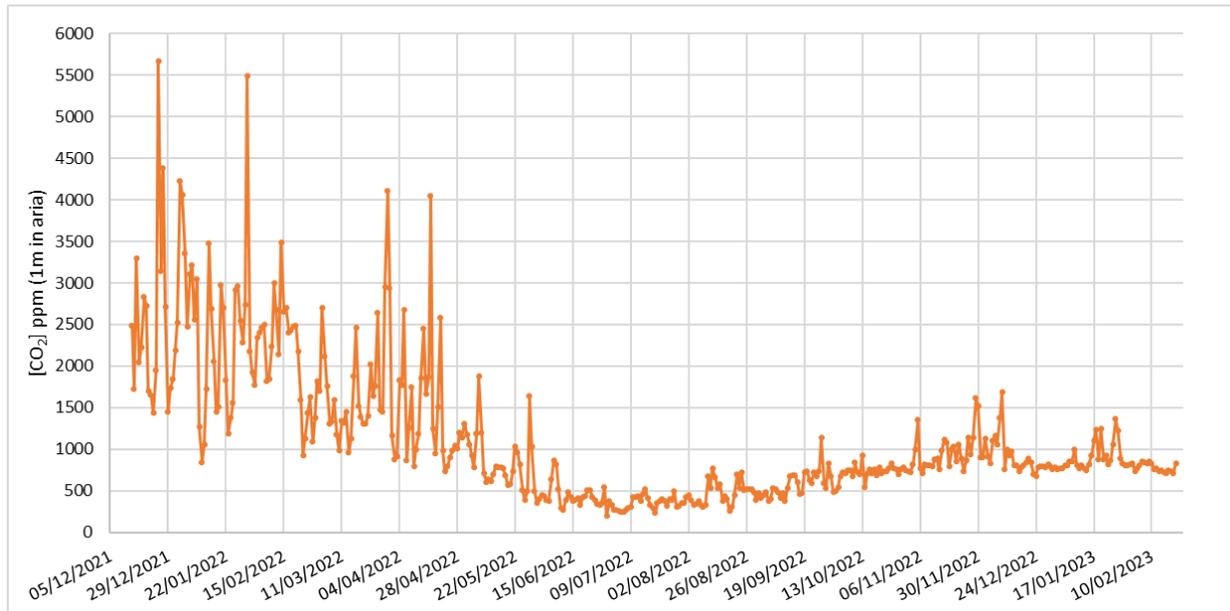


Fig. 6. Stazione di monitoraggio in continuo della concentrazione di CO₂ a Casa Lombardo nel periodo dicembre 2021-febbraio 2023. Si riporta la media mobile giornaliera (frequenza di misura: 10').

1.4 Area target di Camping Sicilia allargata

L'area target del Camping Sicilia allargata (CS1 in Fig. 1), estesa su una superficie per lo più urbanizzata di 194.000 m², è stata investigata con circa 200 punti di misura il 15 febbraio. Le mappe del flusso di CO₂ dal suolo (elaborate con il metodo Geostatistical Gaussian Simulation in ArcGis 10.6) delle campagne condotte negli ultimi tre mesi, sono riportate in Fig. 7, insieme al grafico con le variazioni del flusso totale nel tempo.

La campagna di febbraio 2023, mostra il ritorno a condizioni di background su quasi tutta l'area (blu in Fig. 7). Sono presenti solo due piccoli spot con valori leggermente anomali, nei settori centrale e settentrionale (verde in Fig. 7). Nel grafico di Fig. 7 si riporta la variazione nel tempo del flusso totale di CO₂ dal suolo stimato nell'ultimo anno. L'output di CO₂ si è dimezzato nell'ultimo mese dando il valore più basso finora misurato (gen. 6,37 ton*giorno⁻¹; feb. 3,12 ton*giorno⁻¹) che è circa un terzo del flusso stimato a fine novembre '22 (10,5 ton*giorno⁻¹).

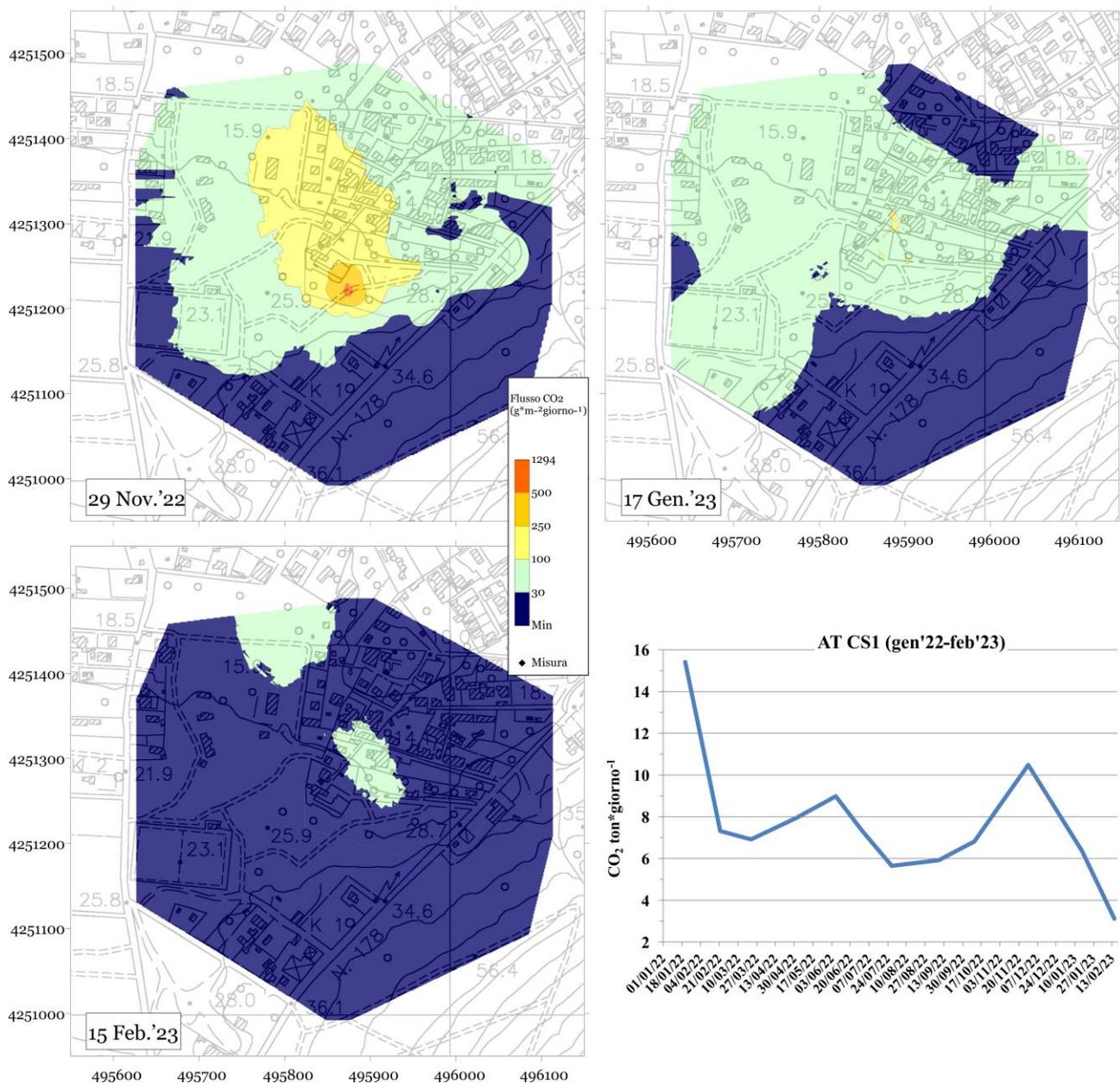


Fig. 7. Mappe del flusso diffuso di CO₂ dal suolo dell'area target allargata di Camping Sicilia da novembre 2022 a febbraio 2023. In basso a destra: variazione nel tempo del rilascio totale di CO₂ dal suolo (gen. '22-feb. '23).

1.5 Area target di Spiaggia di Levante

Si ricorda che le campagne vengono condotte con frequenza quindicinale alternativamente dalle Sezioni di Roma 1 e Palermo. Le misure vengono eseguite generalmente con 154 punti su un'area di circa 15.200 m² e le mappe realizzate con il metodo Empirical Bayesian Kriging in ArcGis 10.6. Le ultime due campagne sono state eseguite l'1 ed il 14 febbraio 2023, rispettivamente dal gruppo INGV di Palermo e di Roma 1. Le mappe elaborate da novembre 2022 sono riportate in Fig. 8.

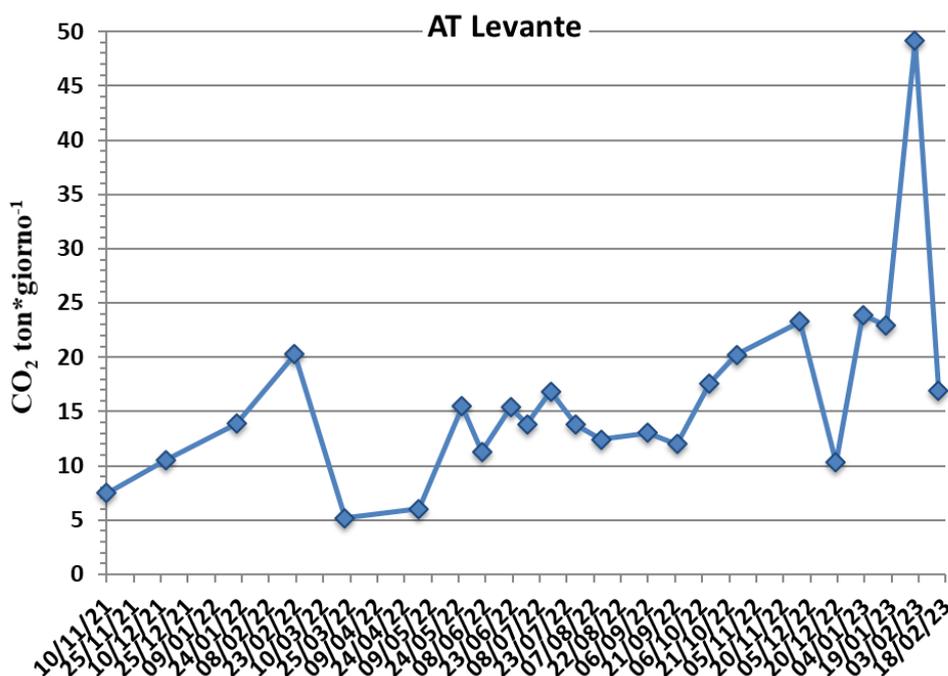
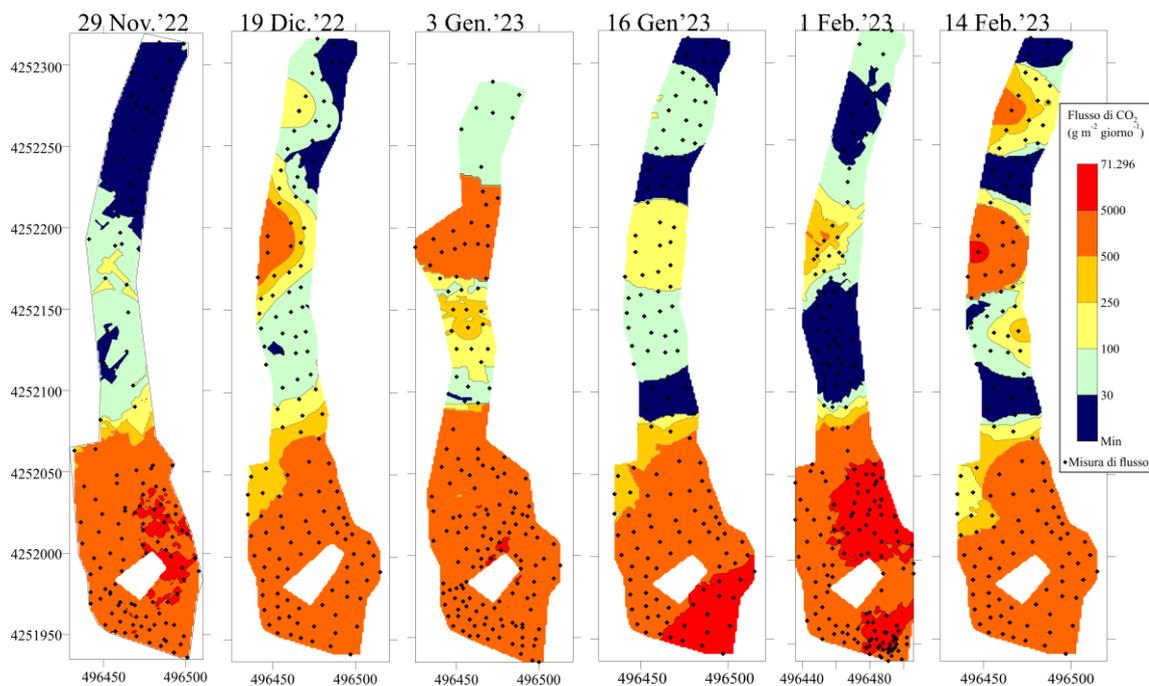


Fig. 8. Alto: mappe del flusso diffuso di CO₂ dal suolo dall'area target Vasca di Fango-Spiaggia di Levante da ottobre 2022 a gennaio 2023. Basso: variazione del rilascio totale di CO₂ dal suolo dall'inizio della crisi (novembre 2021-febbraio 2023).

Le due prospezioni condotte a febbraio mostrano condizioni di degassamento molto diverse. In particolare a inizio febbraio si registra il valore di output più alto mai stimato nell'area (49,2 ton*giorno⁻¹; Fig. 8_basso) e dalla mappa si evince che l'area maggiormente anomala è ubicata nel settore a sud della Vasca dei Fanghi e nella depressione subito a nord di esso (rosso in Fig. 8_alto). Da segnalare però che il risultato può essere influenzato dall'elevato numero di punti di misura effettuati nelle zone a flusso più alto. La campagna di metà febbraio, con distribuzione dei punti tipica dell'area target, indica un degassamento totale medio-alto (16,9 ton*giorno⁻¹; Fig. 8_basso), caratteristico degli ultimi 5 mesi.

Lungo la spiaggia di Levante, il rilascio di gas risulta molto variabile di campagna in campagna e in quella dell'1 febbraio si attesta su valori tra il background e di media anomalia (aree da blu ad arancione in Fig. 8_alto). Nella campagna del 14 febbraio il flusso di CO₂ dal suolo risulta incrementato sia nel settore centrale che in quello settentrionale (aree arancione-rosse). In questa prospezione, il contributo al flusso totale della porzione della spiaggia è risultato maggiore rispetto alle campagne precedenti (circa il 25% rispetto al 2-15% delle campagne da ottobre 2022 al 1 febbraio '23).

Le forti fluttuazioni nel flusso di CO₂ misurate, con picchi di forte anomalia, sottolineano che il settore della Vasca di Fango, peraltro alimentato dal sistema geotermico della Baia di Levante, non ha un comportamento assimilabile alle altre aree target di Vulcano Porto e indica la permanenza di una elevata pericolosità dell'area e la necessità di proseguire con un attento monitoraggio dei parametri geochimici.

2. Incidente in zona Camping Sicilia del 6 febbraio 2023

La mattina del 6 febbraio 2023 abbiamo ricevuto da Arpa Sicilia la segnalazione di un incidente per emissione di gas avvenuto nella zona del Camping Sicilia ad operai della *MBColors* incaricati di realizzare per Arpa la rete di monitoraggio outdoor del gas in aria.

Nel corso dei lavori di scavo di una piccola trincea (a 80 cm di profondità) a bordo Strada Provinciale 179 di fianco al camping Sicilia (Fig. 9), necessaria per infiggere il palo della stazione e passare i cavi elettrici, gli operai hanno scoperchiato un pozzetto Enel che non veniva aperto da molti anni. Essi hanno immediatamente avuto dei malori: uno degli operai è svenuto e gli altri due hanno accusato un forte mal di testa. L'ing. Beringheli, tecnico ARPA Sicilia, che si trovava a pochi metri di distanza, ha soccorso prontamente gli operai e li ha accompagnati alla Guardia Medica. Nel giro di qualche ora i tre operai si sono ripresi e sono stati dimessi.

Nel pomeriggio dello stesso giorno, abbiamo fornito uno strumento portatile di misura del gas (Dräger Xam-7000; CO₂, O₂, H₂S) all'ing. Beringheli per valutare la presenza di gas nel sito. È stata riscontrata a 30 cm dal suolo una concentrazione di CO₂ del 40 vol.%, cioè immediatamente letale (si ricorda che la soglia letale per la CO₂ è posta al 10 vol. %). Sono state informate le autorità e il Sindaco ha provveduto a recintare la zona.

Appurato che il malore è stato causato dall'emissione di CO₂ dal suolo, la mattina del 7 sono state ripetute le misure e lo strumento è stato lasciato in acquisizione continua per diverse ore. I risultati hanno mostrato valori pressoché normali di CO₂ in aria (400 ppm) lungo tutto il tratto dello scavo e valori leggermente anomali (<1.000 ppm) al bordo del pozzetto ENEL. Gli operai hanno completato il lavoro in sicurezza e hanno chiuso lo scavo (Fig. 10). Le misure sono state nuovamente ripetute l'8 febbraio riscontrando valori normali in tutta la zona.

Le misure sono state nuovamente ripetute il giorno 15 febbraio, anche a diversa profondità all'interno del pozzetto e sono stati trovati valori massimi intorno a 1.500 ppm al fondo del pozzetto. Sono state anche eseguite alcune misure di flusso di CO₂ dal suolo e di concentrazione di CO₂ in aria, sul lato opposto della

strada (lato Camping Sicilia) dove è stata installata la stazione Arpa, e sono stati trovati sempre valori di background.



Fig. 9. Sito dell'incidente della mattina del 6 febbraio



Fig. 2. Sito dell'incidente nella mattina del 7 febbraio

Questo incidente conferma che l'area del Camping Sicilia è esposta alla pericolosità di emissione di gas endogeno, come segnalato in tutti i nostri precedenti rapporti.

2. Note conclusive

I risultati delle campagne di misura del flusso di CO₂ dal suolo di febbraio 2023 a Vulcano Porto mostrano che nelle aree target di Palizzi, Camping Sicilia e lungo la linea Palizzi-Forgia Vecchia, il degassamento ha avuto una forte riduzione, rimanendo tuttavia in alcuni settori su valori superiori al background. Nel giardino di casa Lombardo (zona Camping Sicilia), la stazione di misura della concentrazione di CO₂ in aria mostra la permanenza di una debole anomalia.

L'area target della Vasca di Fango-Spiaggia di Levante, è invece ancora sede di un forte degassamento e da maggio 2022 il rilascio totale di CO₂ non è mai sceso sotto le 10 ton*giorno⁻¹ (degassamento ordinario 3-5 ton*giorno⁻¹).

L'eventuale transizione a emissioni di gas pericolose potrebbe comunque realizzarsi in tempi brevi (come mostrato, ad esempio, dalle variazioni di flusso alla Vasca di Fango-Spiaggia di Levante), non necessariamente in caso di recrudescenza della crisi di unrest vulcanico de La Fossa.

Il responsabile scientifico

Maria Luisa Carapezza

Partecipanti alle attività di studio e monitoraggio:

M.L. Carapezza¹, F. Barberi¹, F. Di Gangi², D. Granieri³, A. Patera¹, L. Pruiti⁴, M. Ranaldi¹, F. Sortino², L. Tarchini¹.

Partecipanti alla campagna del 14-15 febbraio 2023:

L. Tarchini¹, M. Ranaldi¹; L. Pruiti⁴

F. Vita² ha eseguito la prospezione sull'area della Vasca di Fango-Spiaggia di Levante il giorno 1 febbraio 2023.

1. INGV Roma 1; 2. INGV Palermo; 3. INGV Pisa; 4. INGV Catania

Responsabilità e proprietà dei dati

L'INGV, in ottemperanza a quanto disposto dall'Art.2 del D.L. 381/1999, svolge funzioni di sorveglianza sismica e vulcanica del territorio nazionale, provvedendo alla organizzazione della rete sismica nazionale integrata e al coordinamento delle reti sismiche regionali e locali in regime di convenzione con il Dipartimento della Protezione Civile.

L'INGV concorre, nei limiti delle proprie competenze inerenti la valutazione della Pericolosità sismica e vulcanica nel territorio nazionale e secondo le modalità concordate dall'Accordo di programma decennale stipulato tra lo stesso INGV e il DPC in data 2 febbraio 2012 (Prot. INGV 2052 del 27/2/2012), alle attività previste nell'ambito del Sistema Nazionale di Protezione Civile.

In particolare, questo documento, redatto in conformità all'Allegato A del suddetto Accordo Quadro, ha la finalità di informare il Dipartimento della Protezione Civile circa le osservazioni e i dati acquisiti dalle Reti di monitoraggio gestite dall'INGV su fenomeni naturali di interesse per lo stesso Dipartimento.

L'INGV fornisce informazioni scientifiche utilizzando le migliori conoscenze scientifiche disponibili; tuttavia, in conseguenza della complessità dei fenomeni naturali in oggetto, nulla può essere imputato all'INGV circa l'eventuale incompletezza ed incertezza dei dati riportati e circa accadimenti futuri che differiscano da eventuali affermazioni a carattere previsionale presenti in questo documento. Tali affermazioni, infatti, sono per loro natura affette da intrinseca incertezza.

L'INGV non è responsabile dell'utilizzo, anche parziale, dei contenuti di questo documento da parte di terzi, e/o delle decisioni assunte dal Dipartimento della Protezione Civile, dagli organi di consulenza dello stesso Dipartimento, da altri Centri di Competenza, dai membri del Sistema Nazionale di Protezione Civile o da altre autorità preposte alla tutela del territorio e della popolazione, sulla base delle informazioni contenute in questo documento. L'INGV non è altresì responsabile di eventuali danni recati a terzi derivanti dalle stesse decisioni.

La proprietà dei dati contenuti in questo documento è dell'INGV. La diffusione anche parziale dei contenuti è consentita solo per fini di protezione civile ed in conformità a quanto specificatamente previsto dall'Accordo Quadro sopra citato tra INGV e Dipartimento della Protezione Civile.