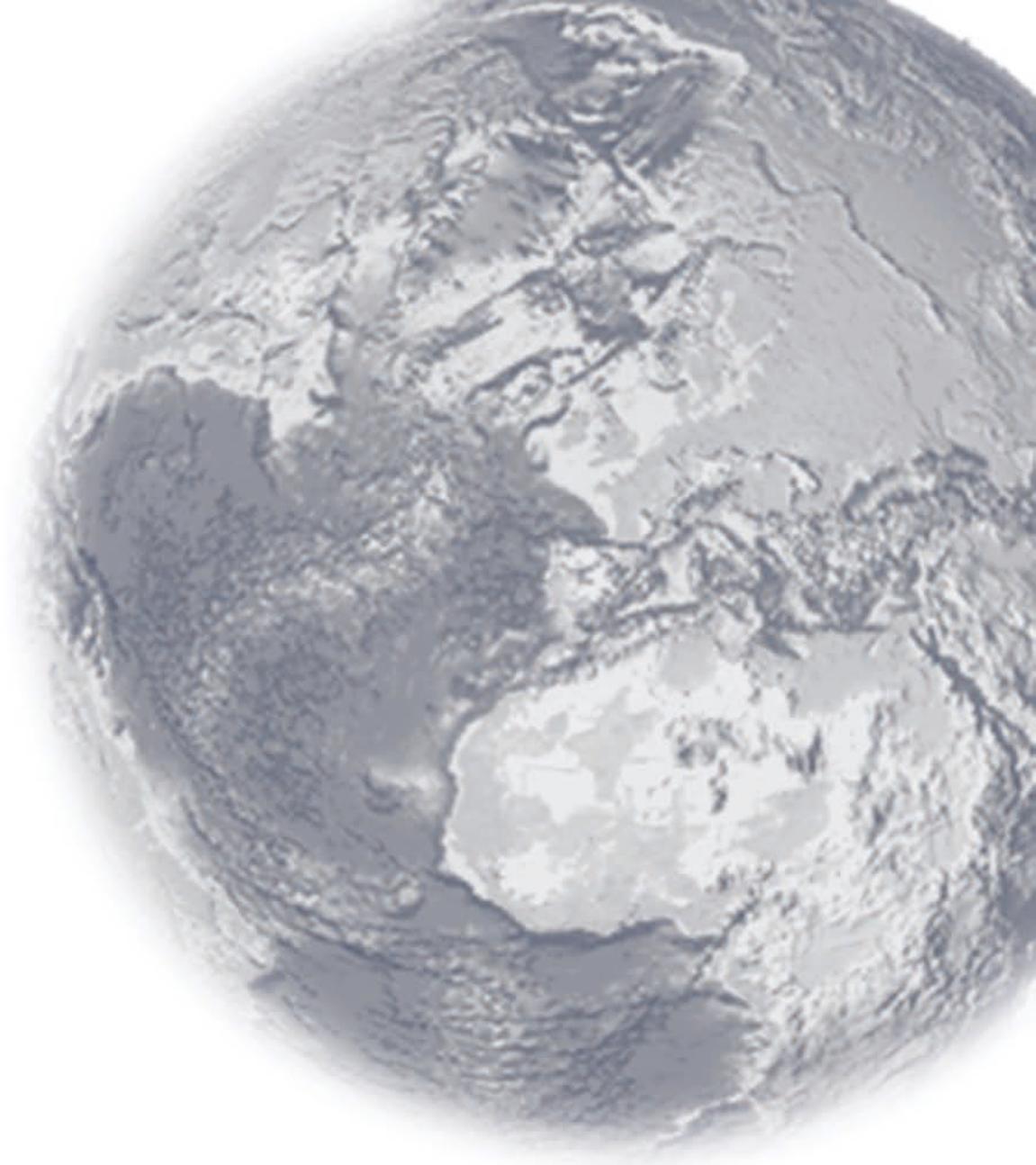


Monografie istituzionali INGV
Volume XVI - appendice I, 2010

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia



Convenzione **DPC - INGV** 2010-2012

Rendiconto dell'attività svolta nel 2010

Attività scientifica

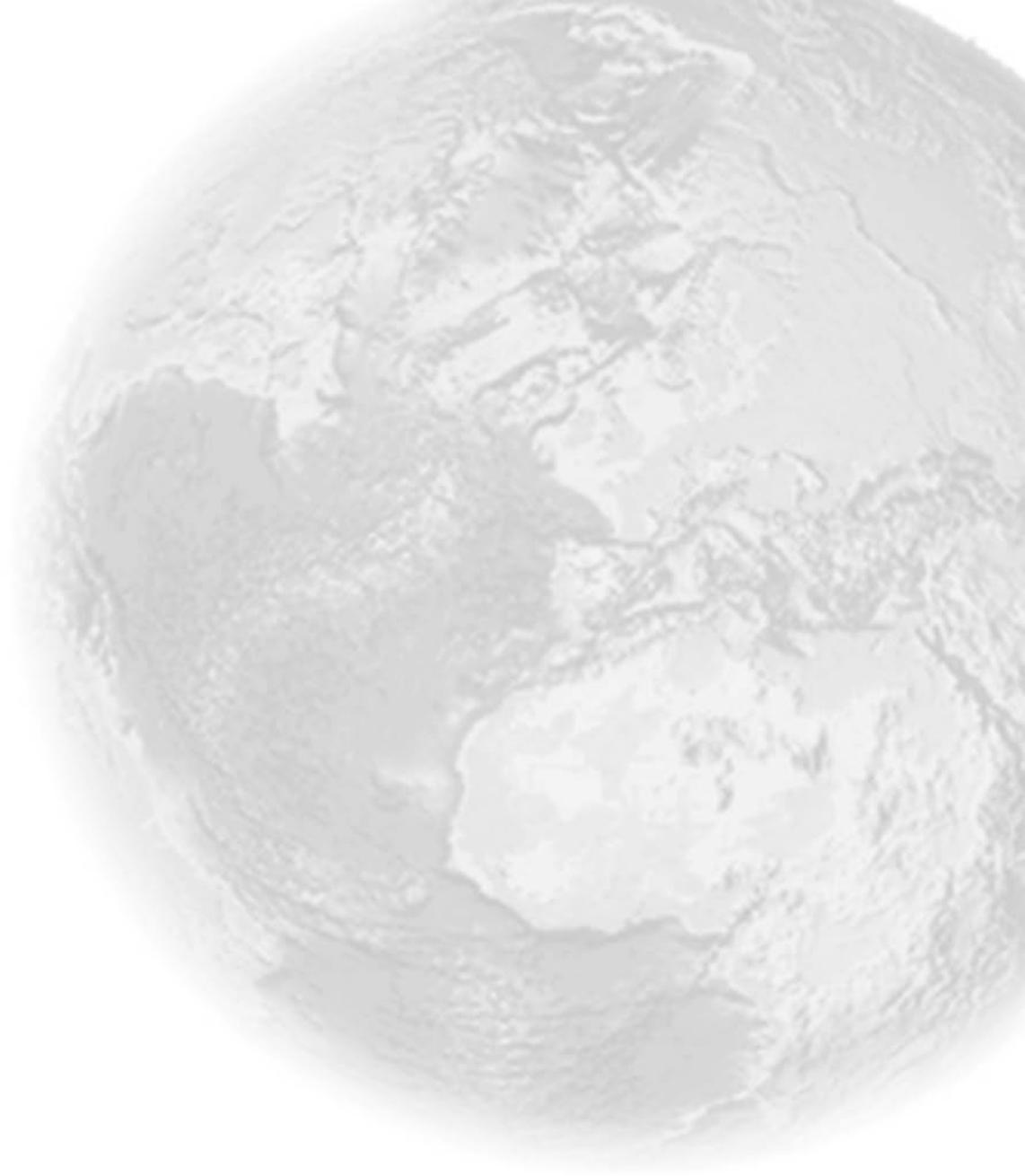
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Via di Vigna Murata 605 - 00143 Roma

tel 06518601 • fax 065041181

www.ingv.it





Convenzione DPC - INGV
2010-2012

Rendiconto dell'attività svolta nel 2010

Attività scientifica



Direttore Responsabile:
Enzo Boschi

Coordinamento Editoriale:
Alessandro Bonaccorso, Giuseppe Di Capua e Gianluca Valensise

Redazione testi :
Centro Nazionale Terremoti, Sezioni di Catania, Milano, Napoli, Palermo

Aggiornamento Dati Finanziari:
Giuseppe di Capua, Simona Mennella, Valeria Lazzarini

Progetto Grafico ed Editoriale:
Laboratorio Grafica e Immagini - INGV Roma

© 2010 INGV - Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
Via di Vigna Murata, 605 - 00143 Roma
Tel. 06/518601 Fax 06/5041181
<http://www.ingv.it>

Sommario

| | |
|--|-----|
| Introduzione e guida alla lettura | 7 |
| Voce A - Attività di servizio : monitoraggio sismico e vulcanico, banche-dati, preparazione dell'emergenza, formazione e divulgazione | 9 |
| 1. Monitoraggio sismico del territorio nazionale | |
| 1.1 Reti disponibili e loro organizzazione | 11 |
| 1.2 Reti fisse | 12 |
| 1.3 Reti mobili | 22 |
| 1.4 Strumentazione disponibile | 24 |
| 1.5 Dati raccolti | 25 |
| 2. Monitoraggio accelerometrico del territorio nazionale | |
| 2.1 Organizzazione della rete | 28 |
| 3. Monitoraggio geochimico delle aree vulcaniche | |
| 3.1 Strumentazione disponibile | 34 |
| 3.2 Etna | 37 |
| 3.3. Vulcano | 41 |
| 3.4 Stromboli | 46 |
| 3.5 Vesuvio | 50 |
| 3.6 Campi Flegrei | 52 |
| 3.7 Ischia | 53 |
| 3.8 Pantelleria | 55 |
| 3.9 Panarea | 58 |
| 4. Monitoraggio geodetico delle aree vulcaniche | |
| 4.1 Vulcani attivi della Campania (Vesuvio, Campi Flegrei, Ischia) | 59 |
| 4.2 Etna | 71 |
| 4.3 Vulcano-Lipari | 77 |
| 4.4 Stromboli | 79 |
| 4.5 Pantelleria | 80 |
| 5. Monitoraggio sismico delle aree vulcaniche | |
| 5.1 Vulcani attivi della Campania (Vesuvio, Campi Flegrei, Ischia) | 81 |
| 5.2 Stromboli | 90 |
| 5.3 Etna | 94 |
| 5.4 Apparati vulcanici delle Isole Eolie | 105 |

| | |
|--|-----|
| 6. Sorveglianza vulcanologica | |
| 6.1 Vulcani attivi della Campania (Vesuvio, Campi Flegrei, Ischia) | 109 |
| 6.2 Stromboli | 117 |
| 6.3 Etna | 120 |
| 6.4 Vulcano | 133 |
| | |
| 7. Monitoraggio gravimetrico e magnetico | |
| 7.1 Vulcani attivi della Campania (Vesuvio, Campi Flegrei, Ischia) | 134 |
| 7.2 Vulcano | 139 |
| 7.3. Etna | 141 |
| 7.4 Stromboli | 151 |
| | |
| 8. Rete GPS nazionale | |
| 8.1 Organizzazione della rete | 157 |
| 8.2 Attività di gestione | 159 |
| 8.3 Dati raccolti e modalità d'immagazzinamento | 161 |
| | |
| 9. Telerilevamento | 162 |
| | |
| 10. Attività di sala operativa | |
| 10.1 Sala sismica del Centro Nazionale Terremoti | 166 |
| 10.2 Sala operativa della sezione di Catania | 166 |
| 10.3 Sala operativa della Sezione di Napoli - Osservatorio Vesuviano | 167 |
| | |
| 11. Banche Dati | 168 |
| | |
| 12. Preparazione dell'emergenza | 170 |
| | |
| 13. Formazione e divulgazione | 177 |

Introduzione e guida alla lettura

Questo documento di rendicontazione tratta di tutte le attività di servizio svolte nel corso della prima annualità della Convenzione 2010-2012 tra il Dipartimento della Protezione Civile (di seguito DPC) e l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (di seguito INGV). Sono quindi considerate tutte le attività svolte tra il 1° gennaio e il 31 dicembre 2010.

Per quanto riguarda le spese, vengono invece rendicontate quelle pagate nel corso del 2010 e quelle impegnate nel corso del 2010 e poi pagate nel periodo 1 gennaio – 30 aprile 2011 precedente alla consegna della presente rendicontazione.

Si sottolinea che la Rendicontazione scientifica qui presentata va considerata esaustiva di tutte le attività 2010 ed è quindi l'unica presentata per questa annualità.

Questa circostanza trova principale giustificazione nel fatto che la suddetta convenzione è stata siglata quasi a fine del suo primo anno di riferimento in data 17 novembre 2010, e pertanto risulta più ragionevole presentare in un'unica soluzione annuale le rendicontazioni scientifica e finanziaria.

Pertanto, complessivamente il documento consta di una sezione di Rendicontazione Scientifica e di una sezione di Rendicontazione Finanziaria relativamente alle attività della voce A “servizio”.

La prima sezione descrive le attività svolte che, come da articolo 3.4 della Convenzione, hanno riguardato i seguenti aspetti: monitoraggio sismico e vulcanico in tutte le sue componenti, banche dati sismologiche e vulcanologiche, preparazione all'emergenza, formazione e divulgazione.

La seconda sezione del documento contiene la Rendicontazione Finanziaria relativa a tutte le attività svolte. Tale rendicontazione è svolta secondo la prassi normalmente utilizzata dall'INGV, tenuto conto degli indirizzi e delle prescrizioni contenuti nel “Documento Tecnico da Utilizzare nella Rendicontazione dei Fondi erogati dal Dipartimento della Protezione Civile agli Organismi Convenzionati”, nella sua revisione del 24 settembre 2008 approvata con Decreto PCM n. 5449 del 6 novembre 2008.

Al documento sono allegate una “Attestazione relativa alle spese per il personale dipendente” e una “Attestazione spese indirette rendicontate in misura forfetaria”, a firma del Direttore Generale Dott. Tullio PEPE, una “Attestazione della Spesa Rendicontata” a firma del Presidente dell'INGV, Prof. Enzo BOSCHI, e la “Relazione di Revisione” a firma del Dott. Carlo TIXON, revisore incaricato dall'INGV di certificare il documento di rendicontazione secondo quanto previsto dal citato Documento Tecnico del Dipartimento della Protezione Civile.

Le due sezioni del documento - la descrizione delle attività scientifiche e la documentazione finanziaria – sono raccolte in due volumi indipendenti. Per comodità di consultazione questa Introduzione e Guida alla Lettura è riportata all'inizio di entrambe i volumi.

**Voce A - Attività di servizio:
monitoraggio sismico e vulcanico,
banche-dati simologiche e vulcanologiche,
preparazione dell'emergenza,
formazione e divulgazione**

1. Monitoraggio sismico del territorio nazionale

1.1. Reti disponibili e loro organizzazione

Il monitoraggio sismico del territorio nazionale rappresenta uno dei principali compiti istituzionali dell'INGV. I costanti sviluppi tecnologici implementati negli ultimi anni hanno apportato un sensibile miglioramento sia qualitativo che quantitativo del monitoraggio, consentendo da un lato di ottenere informazioni sempre più dettagliate dello sviluppo della sismicità, e dall'altro di ridurre drasticamente i tempi di elaborazione per la completa fruibilità dell'informazione, sia a scopi di Protezione Civile, sia a fini di ricerca scientifica. Sono in corso ulteriori passi in avanti, tesi allo sviluppo di tematiche come early warning, produzione di shakemap in tempo quasi reale, utilizzo automatizzato di dati strong motion, ma in generale tutte le tematiche riguardanti la gestione più completa e tempestiva del dato sismologico rappresentano gli sviluppi previsti dall'evoluzione tecnologica delle reti di monitoraggio.

La Rete Sismica Nazionale, che viene gestita dal Centro Nazionale Terremoti (CNT) di Roma, si compone attualmente di oltre 250 stazioni remote, che trasmettono dati in tempo reale mediante tecnologie diverse. A queste, contribuiscono i dati ricevuti da altre reti locali/regionali/estere, quali la rete dell'Osservatorio Vesuviano dell'INGV-Sezione di Napoli, la rete sismica Etna, della Sicilia Orientale, e delle Isole Eolie gestita dalla Sezione di Catania, la rete VBB MedNet dell'INGV, la rete dell'Italia Nord Occidentale dell'Università di Genova, la rete a larga banda dell'Italia Nord-Est, la rete del Mugello, la rete della Regione Marche, la rete della Alta Val Tiberina, la Rete Svizzera dell'ETH Zurigo, e la Rete Albanese.

In caso di emergenza sismica, tre tipi diversi di reti portatili, composte rispettivamente da 8 stazioni sismiche standalone (con possibilità di trasmissione dati in tempo reale mediante collegamenti UMTS), da 9 stazioni sismiche con connettività ponte radio Wi-Fi + satellite, e da 3 stazioni sismiche con connettività ponte radio Wi-Fi + satellite, con tecnologia diversa, contraddistinta dal basso costo, vengono poste in esercizio nel più breve tempo possibile nell'area colpita, al fine di monitorare ed analizzare in dettaglio la sismicità locale. A tal fine, 3 unità di personale (1 sismologo, 1 tecnico, 1 collaboratore logistico) presso la sede di Roma ed 1 unità di personale (tecnico) presso la sede di Grottaminarda sono in reperibilità H24, per garantire un intervento immediato. Ulteriore strumentazione sismica è disponibile, in caso di necessità, per la eventuale copertura di aree differenti del territorio. Per i dettagli costitutivi della rete si rimanda alle rendicontazioni precedenti.

1.2. Reti fisse

La Rete Sismica Nazionale si suddivide attualmente in più reti, che si distinguono tra loro per differenti tipologie di trasmissione dati (ponti radio satellitari, collegamenti Internet, reti IP dedicate, ponti radio terrestri, linee telefoniche affittate) e differenti tecniche di modulazione (analogica, completamente dismessa alla fine del 2010, TCP/IP, TDMA). Ciascuna di queste reti presenta dei vantaggi e degli svantaggi in termini di efficienza, robustezza, complessità, affidabilità, ed economicità. Per questo motivo, e soprattutto al fine di massimizzare l'affidabilità della rete complessiva nei confronti di possibili interruzioni di servizio dovute a disservizi nei punti nevralgici, per motivi tecnici o naturali (forti terremoti, incendi, inondazioni) non si è operata la scelta di un unico sistema omogeneo di trasmissione dati, ma si è preferita quella di reti diversificate nel vettore di trasmissione dati, per tipologie e per tecnologie implementate.

Per la parte satellitare, la porzione di rete gestita dal CNT consta a fine 2010 di 101 stazioni, telemetrate mediante 3 diversi satelliti e 3 differenti provider, con una distribuzione tale da coprire in modo sufficientemente omogeneo il territorio nazionale; a queste vanno aggiunte le 21 stazioni votate al monitoraggio dell'Etna e le 7 delle isole Eolie, che condividono scelte tecnologiche e vettori trasmissivi con la rete nazionale. In particolare tutte le nuove stazioni dell'area compresa tra la Calabria Meridionale, la Sicilia e le Isole Siciliane sono state realizzate secondo un progetto coordinato in sinergia tra i Laboratori di Roma, Grottaminarda e Gibilmanna del CNT e la sezione di Catania, con piena condivisione di obiettivi e risorse.

Lo standard di riferimento di una stazione sismica remota è attualmente costituito da un acquisitore digitale ad alta dinamica, un sensore di velocità a tre componenti e a banda estesa, un sensore di accelerazione (strong motion) a tre componenti, un sistema di acquisizione dati GPS geodetici, ed un sistema di trasmissione dati ad alta affidabilità, mediante canale satellitare o terrestre. Tale standard non è ancora omogeneo su tutta la rete. Alla fine del 2010 oltre 160 stazioni centralizzate in tempo reale sono dotate di sensori a banda larga e circa 30 di sensori a banda allargata, rendendo la percentuale del parco strumenti a corto periodo nettamente minoritaria e rendendo quindi possibile lo sviluppo di tecniche di analisi dati sempre più sofisticate.



Figura 1.2.1 – Mappa della rete sismica nazionale dell'INGV.

Tabella 1.2.1 – Elenco e quadro di dettaglio delle stazioni della rete sismica nazionale. Il numero totale delle stazioni è pari a 357.

| Codice stazione | Ubicazione | Latitudine | Longitudine | Elevazione (m) | Rete |
|-----------------|------------------------------|------------|-------------|----------------|------|
| ABSI | ABERST.CKL (SARNTAL) | 46.728.500 | 11.320.500 | 1801 | SI |
| ACER | ACERENZA | 40.786.700 | 15.942.700 | 690 | IV |
| ACOM | ACOMIZZA | 46.548.000 | 13.513.700 | 1788 | NI |
| AGOR | AGORDO | 46.282.900 | 12.047.200 | 631 | NI |
| AGST | AUGUSTA | 37.256.520 | 15.227.130 | 70 | IV |
| ALJA | ALIA | 37.748.970 | 13.753.730 | 700 | IV |
| AMUR | ALTAMURA | 40.907.100 | 16.604.100 | 443 | IV |
| AOI | MONTE CONERO | 43.550.170 | 13.602.000 | 530 | IV |
| APPI | APPIANO | 46.478.680 | 11.228.130 | 1056 | IV |
| AQU | L'AQUILA | 42.353.880 | 13.401.930 | 729 | MN |
| ARCI | ARCIDOSSO | 42.851.900 | 11.475.400 | 1080 | IV |
| ARSA | ARZBERG | 47.250.500 | 15.523.170 | 577 | OE |
| ARV | ARCEVIA | 43.497.680 | 12.941.020 | 459 | IV |
| ARVD | ARCEVIA 2 | 43.498.070 | 12.941.530 | 461 | IV |
| ASQU | ASQUA | 43.796.700 | 11.789.300 | 860 | IV |
| ASS | ASSISI | 43.062.980 | 12.651.750 | 805 | IV |
| ASSB | ASSISI SAN BENEDETTO | 43.042.600 | 12.658.700 | 734 | IV |
| ATBU | AVT- SERRA DI BURANO | 43.475.710 | 12.548.280 | 1000 | IV |
| ATCA | AVT- CANTONE | 45.565.890 | 12.266.140 | 688 | IV |
| ATCC | AVT- CASA CASTALDA | 43.185.140 | 12.639.940 | 557 | IV |
| ATFO | MONTE FOCE - GUBBIO | 43.366.600 | 12.571.500 | 960 | IV |
| ATLO | AVT- MONTELOVESCO | 43.315.160 | 12.407.260 | 584 | IV |
| ATMC | MONTE CEDRONE | 43.446.850 | 12.192.800 | 740 | IV |
| ATMI | AVT- MONTE MIGIANO | 43.334.190 | 12.268.010 | 581 | IV |
| ATN | ANTENNAMARE | 38.159.480 | 15.464.720 | 1130 | IV |
| ATPC | POGGIO CASTELLACCIO | 43.480.700 | 12.457.000 | 810 | IV |
| ATPI | PIETRALUNGA - AVIOSUPERFICIE | 43.450.680 | 12.402.220 | 694 | IV |
| ATTE | AVT- MONTE TEZIO | 43.197.900 | 12.353.600 | 929 | IV |
| ATVA | MONTE VALCINELLA | 43.278.600 | 12.285.310 | 605 | IV |
| ATVO | AVT- MONTE VALENTINO | 43.382.110 | 12.406.630 | 638 | IV |
| BADI | BADIALI | 43.509.670 | 12.244.330 | 430 | IV |
| BDI | BAGNI DI LUCCA | 44.062.380 | 10.596.980 | 830 | IV |
| BERNI | BERNINAPASS | 46.413.400 | 10.023.100 | 2310 | CH |
| BHB | BRICHERASIO | 44.835.170 | 7.263.330 | 585 | GU |
| BLLA | BELLARIA | 44.142.940 | 12.470.330 | 1 | IV |
| BLY | BANJA LUKA | 44.748.800 | 17.183.900 | 256 | MN |
| BNALP | BANNALP | 46.870.500 | 8.425.000 | 1540 | CH |
| BNI | BARDONECCHIA | 45.052.820 | 6.676.330 | 1407 | MN |
| BOB | BOBBIO | 44.767.920 | 9.447.820 | 910 | IV |
| BOSI | BOZEN-ZIVILSCHUTZ ZENTRALE | 46.495.200 | 11.318.500 | 242 | SI |
| BRIS | BRISIGHELLA | 44.224.540 | 11.766.570 | 260 | IV |
| BRES | BRESSANONE | 46.698.680 | 11.734.100 | 2454 | IV |
| BRMO | BORMIO | 46.476.000 | 10.373.070 | 1380 | IV |
| BRSN | BARISANO | 44.284.070 | 12.076.870 | 20 | IV |
| BRT | BARI CASTELLANA | 40.873.620 | 17.148.070 | 300 | IV |
| BSSO | BUSSO | 41.546.100 | 14.593.800 | 1010 | IV |
| BULG | BULGHERIA - CAMEROTA | 40.078.300 | 15.377.600 | 815 | IV |
| CADA | CAPODARCO | 43.194.200 | 13.761.400 | 148 | IV |

| Codice stazione | Ubicazione | Latitudine | Longitudine | Elevazione (m) | Rete |
|-----------------|----------------------------|------------|-------------|----------------|------|
| CAFE | CARIFE | 41.028.000 | 15.236.600 | 1070 | IV |
| CAFI | CASTIGLION FIORENTINO | 43.329.200 | 11.966.300 | 547 | IV |
| CAFR | CASTEL FRENTANO | 42.227.300 | 14.347.000 | 250 | IV |
| CAGR | AGIRA | 37.622.000 | 14.499.900 | 548 | IV |
| CAMP | CAMPOTOSTO | 42.535.780 | 13.409.000 | 1283 | IV |
| CASP | CASTIGLIONE DELLA PESCAIA | 42.790.800 | 10.865.200 | 390 | IV |
| CAVT | CASTELVETRANO - MARCITA | 37.678.830 | 12.755.600 | 158 | IV |
| CDCA | CITTÀ DI CASTELLO | 43.458.400 | 12.233.600 | 50 | IV |
| CDRU | CIVITA DI RUTA - OTTATI | 40.489.600 | 15.304.600 | 1057 | IV |
| CEL | CELESTE | 38.260.310 | 15.893.930 | 702 | MN |
| CERA | FILIGNANO | 41.597.800 | 14.018.300 | 800 | IV |
| CERT | CERRETO | 41.949.030 | 12.981.760 | 773 | IV |
| CESI | CESI-SERRAVALLE DI CHIANTI | 43.004.900 | 12.904.600 | 840 | IV |
| CESX | CESI | 42.610.000 | 12.580.000 | 380 | IV |
| CGL | PUNTA SERPEDDI' | 39.366.000 | 9.296.000 | 1050 | IV |
| CGRP | CIMA GRAPPA | 45.880.670 | 11.804.670 | 1757 | NI |
| CIGN | SANT'ELIA A PIANISI | 41.654.180 | 14.905.020 | 350 | IV |
| CING | CINGOLI | 43.375.570 | 13.195.400 | 626 | IV |
| CIRO | CHAMPORCER | 45.601.900 | 7.568.200 | 2516 | GU |
| CLTB | CALTABELLOTTA | 37.578.570 | 13.215.620 | 957 | MN |
| CMPO | CAMPOTTO PO | 44.580.800 | 11.805.600 | 2 | IV |
| CMPR | CAMPORA | 40.318.100 | 15.303.000 | 732 | IV |
| CORL | CORLEONE (PALERMO) | 37.894.300 | 13.303.800 | 660 | IV |
| CRAC | CRACO | 40.365.000 | 16.435.000 | 384 | IV |
| CRE | CAPRESE MICHELANGELO | 43.618.880 | 11.951.670 | 1215 | IV |
| CRJA | COSTA RAJA | 37.801.620 | 13.004.330 | 560 | IV |
| CRMI | CARMIGNANO | 43.790.000 | 10.970.000 | 490 | IV |
| CSLB | CASTELBUONO | 37.937.450 | 14.057.850 | 583 | IV |
| CSNT | CASTELLINA IN CHIANTI | 43.473.110 | 11.290.170 | 636 | IV |
| CSSN | CASSANO IRPINO | 40.860.900 | 15.023.900 | 690 | IV |
| CTI | CASTELLO TESINO | 46.048.180 | 11.649.700 | 1180 | IV |
| CTL8 | CASTELLEONE | 45.276.300 | 9.762.200 | 60 | IV |
| CUC | CASTROCUCCO | 39.993.820 | 15.815.540 | 637 | MN |
| DAVOX | DAVOS | 46.780.600 | 9.879.700 | 1830 | CH |
| DGI | DORGALI GROTTA ISPINIGOLI | 40.318.020 | 9.606.680 | 354 | IV |
| DIVS | DIVCIBARE | 44.098.100 | 19.991.700 | 1000 | MN |
| DIX | GRAND DIXENCE | 46.080.500 | 7.404.000 | 2400 | CH |
| DOI | SAN DAMIANO MACRA | 44.504.150 | 7.246.650 | 1039 | IV |
| ECCS | CONTRADA CASSONE | 37.710.500 | 15.064.330 | 1500 | I1 |
| ECNV | CATENANUOVA | 37.595.600 | 14.712.500 | 484 | IV |
| ECPN | CASE DEL PIANO | 37.742.830 | 14.988.500 | 2985 | I1 |
| ECTS | CASTIGLIONE | 37.882.000 | 15.121.000 | 681 | I1 |
| EMA | | 37.688.330 | 15.062.330 | 1250 | I1 |
| EMGD | MONTE GROSSO | 37.670.330 | 15.007.330 | 1350 | I1 |
| EMI | | 37.721.330 | 14.916.500 | 1560 | I1 |
| EMV | VIEUX EMOSSON | 46.063.200 | 6.898.900 | 2210 | CH |
| EMVD | | 37.691.000 | 14.983.500 | 1855 | I1 |
| ERBM | EREMO DI BISMANTOVA | 44.419.450 | 10.412.680 | 933 | IV |
| ERC | ERICE | 38.037.630 | 12.587.300 | 776 | IV |
| ESLN | SERRA LA NAVE | 37.693.400 | 14.974.400 | 1787 | IV |
| ESPC | SERRA PIZZUTA | 37.691.670 | 15.027.330 | 1600 | I1 |

| Codice stazione | Ubicazione | Latitudine | Longitudine | Elevazione (m) | Rete |
|-----------------|-----------------------------|------------|-------------|----------------|------|
| ESPD | | 37.697.170 | 15.034.500 | 1600 | I1 |
| FAEN | FAENZA | 44.289.500 | 11.877.000 | 41 | IV |
| FAGN | FAGNANO | 42.265.730 | 13.583.790 | 761 | IV |
| FAVR | FAVARA 2 | 37.267.080 | 13.666.930 | 258 | IV |
| FDMO | FIORDIMONTE | 43.036.500 | 13.087.300 | 550 | IV |
| FG2 | SERRACAPRIOLA | 41.804.800 | 15.160.920 | 241 | IV |
| FG4 | CANDELA | 41.131.970 | 15.517.520 | 450 | IV |
| FG5 | ORSARA DI PUGLIA | 41.282.500 | 15.267.780 | 660 | IV |
| FGMS | MONTE SANT'ANGELO 2 | 41.707.880 | 15.953.450 | 848 | IV |
| FIAM | FIAMIGNANO | 42.268.020 | 13.117.180 | 1070 | IV |
| FINB | FINALE LIGURE | 44.177.500 | 8.325.300 | 85 | GU |
| FIR | FIRENZE | 43.774.366 | 11.255.134 | 40 | IV |
| FIU | FONDO FIUMICELLO (MINERBIO) | 44.640.310 | 11.491.650 | 12 | IV |
| FIVI | FIVIZZANO | 44.239.300 | 10.127.300 | 380 | GU |
| FNVD | FONTANA VIDOLA | 44.167.820 | 11.122.900 | 950 | IV |
| FRES | FRESAGRANDINARIA | 41.973.510 | 14.669.260 | 414 | IV |
| FRON | FRONTONE | 43.517.770 | 12.725.720 | 515 | IV |
| FROS | FROSINI | 43.209.720 | 11.156.220 | 432 | IV |
| FSSB | FOSSOMBRONE | 43.693.090 | 12.777.070 | 523 | IV |
| FUORN | OFENPASS | 46.620.200 | 10.263.500 | 2335 | CH |
| FUSIO | FUSIO | 46.454.900 | 8.663.100 | 1480 | CH |
| FVI | FORNI AVOLTRI | 46.596.580 | 12.780.400 | 1024 | IV |
| GALF | GAGLIANO CASTELFERRATO | 37.710.700 | 14.566.500 | 740 | IV |
| GATE | GAMBATESA | 41.513.145 | 14.910.201 | 487 | IV |
| GAVE | GAVELLI | 42.692.200 | 12.894.200 | 1161 | IV |
| GEPF | GEMONA | 46.275.000 | 13.138.600 | 12 | RF |
| GIB | GIBILMANNA | 37.990.126 | 14.026.023 | 1020 | IV |
| GIGS | GRAN SASSO | 42.450.000 | 13.569.000 | 1000 | IV |
| GIMEL | ST GEORGES-GIMEL | 46.534.700 | 6.265.800 | 1130 | CH |
| GIO | MONTE SAN GREGORIO | 37.566.670 | 15.108.330 | 200 | IV |
| GIUL | GIULIANO DI ROMA | 41.558.270 | 13.254.580 | 566 | IV |
| GMB | GAMBARIE | 38.168.070 | 15.828.880 | 1300 | IV |
| GMNA | GEMONA | 46.279.800 | 13.138.320 | 250 | IV |
| GRFL | GERFALCO | 43.147.170 | 10.975.450 | 750 | IV |
| GRI | GIRIFALCO | 38.822.130 | 16.420.020 | 510 | IV |
| GROG | ISOLA DI GORGONA | 43.426.180 | 9.892.010 | 118 | IV |
| GSCL | GUSCIOLA | 44.350.470 | 10.588.100 | 674 | IV |
| GUAR | GUARCINO | 41.794.500 | 13.312.290 | 741 | IV |
| GUMA | GUALDO DI MACERATA | 43.062.700 | 13.335.200 | 574 | IV |
| HAGA | HYBLEAN AUGUSTA | 37.285.000 | 15.155.000 | 126 | IV |
| HAVL | AVOLA | 36.959.600 | 15.122.000 | 502 | IV |
| HCRL | CARLENTINI | 37.283.100 | 15.032.500 | 240 | IV |
| HMDC | MODICA | 36.959.000 | 14.783.100 | 595 | IV |
| HVZN | VIZZINI | 37.178.300 | 14.715.500 | 787 | IV |
| IACL | ALICUDI | 38.533.000 | 14.355.000 | 145 | IV |
| IFIL | FILICUDI | 38.564.200 | 14.575.300 | 277 | IV |
| ILLI | LIPARI | 38.445.700 | 14.948.300 | 283 | IV |
| IMI | IMPERIA | 43.910.500 | 7.893.170 | 840 | IV |
| IMOL | IMOLA | 44.359.550 | 11.742.480 | 27 | IV |
| INTR | INTRODACQUA | 42.011.540 | 13.904.600 | 924 | IV |
| IVPL | VULCANO PIANO | 38.376.300 | 14.980.100 | 486 | IV |

| Codice stazione | Ubicazione | Latitudine | Longitudine | Elevazione (m) | Rete |
|-----------------|------------------------------------|------------|-------------|----------------|------|
| IVUG | ISOLA VULCANO GRILLO | 38.396.000 | 14.986.000 | 250 | IV |
| JOPP | JOPPOLO | 38.606.800 | 15.885.600 | 500 | IV |
| KEK | KERKIRA | 39.713.000 | 19.798.700 | 280 | HL |
| KLV | KALAVRYTA, ACHAIA | 38.043.670 | 22.150.420 | 758 | HL |
| KOSI | KOHLERN-TITSCHEN | 46.463.000 | 11.377.800 | 1604 | SI |
| LADO | SAN NICOLA DELL'ALTO | 39.283.981 | 16.979.492 | 488 | IV |
| LATE | LATERA | 42.613.700 | 11.804.000 | 610 | IV |
| LAV9 | LANUVIO | 41.677.780 | 12.698.880 | 300 | IV |
| LNSS | LEONESSA | 42.602.860 | 13.040.320 | 1155 | IV |
| LPD | LAMPEDUSA | 35.511.000 | 12.595.000 | 20 | IV |
| LPEL | LAMA DEI PELIGNI | 42.046.800 | 14.183.200 | 760 | IV |
| LPI | LIPARI | 38.489.580 | 14.932.450 | 611 | IV |
| LSD | LAGO SERRU' - CERESOLE REALE | 45.459.500 | 7.134.330 | 2285 | GU |
| LTRZ | LATERZA | 40.603.250 | 16.819.100 | 381 | IV |
| LVI | LEVANZO | 37.985.550 | 12.336.930 | 30 | IV |
| MA9 | MARINO | 41.770.170 | 12.659.330 | 340 | IV |
| MABI | MALGA BISSINA | 46.054.920 | 10.514.000 | 1853 | IV |
| MAGA | MAGASA | 45.775.300 | 10.628.600 | 1265 | IV |
| MAIM | MASTIANO | 43.914.170 | 10.491.500 | 200 | GU |
| MAON | MONTE ARGENTARIO | 42.428.280 | 11.130.900 | 237 | IV |
| MATE | MATERA | 40.649.070 | 16.704.420 | 494 | GE |
| MCEL | MONTICELLO | 40.324.900 | 15.801.900 | 960 | IV |
| MCGN | MACUGNAGA | 45.957.370 | 7.987.780 | 1185 | IV |
| MCRV | CALABRITTO - MT. CERVIALTO | 40.782.600 | 15.168.400 | 1191 | IV |
| MCT | MONTECAMMARATA | 37.618.640 | 13.607.610 | 1558 | IV |
| MDI | MONTE DI NESE | 45.769.720 | 9.716.000 | 954 | IV |
| MELA | MELANICO - S. CROCE DI MAGLIANO | 41.705.900 | 15.127.000 | 115 | IV |
| MESG | MESAGNE | 40.589.408 | 17.850.423 | 78 | IV |
| MEU | MONTE LAURO | 37.111.120 | 14.830.000 | 986 | IV |
| MFNL | MONTE FINESTRELLE | 37.790.820 | 12.922.420 | 677 | IV |
| MGAB | MONTEGABBIONE | 42.912.630 | 12.112.140 | 547 | IV |
| MGR | MORIGERATI | 40.137.600 | 15.553.520 | 288 | IV |
| MIDA | MIRANDA | 41.641.880 | 14.254.020 | 950 | IV |
| MIGL | MIGLIONICO | 40.604.400 | 16.441.000 | 440 | IV |
| MILZ | MILAZZO FARO | 38.271.300 | 15.231.300 | 0 | IV |
| MMGO | MONTE MAGAGGIARO | 37.661.950 | 12.976.730 | 397 | IV |
| MMK | MATTMARK | 46.051.670 | 7.965.000 | 2200 | CH |
| MMME | MONGIUFFI-MELIA | 37.935.200 | 15.253.900 | 959 | IV |
| MMN | MORMANNO | 39.890.961 | 15.990.414 | 921 | IV |
| MNO | MONTE SORO | 37.931.000 | 14.695.000 | 1830 | IV |
| MNS | MONTASOLA | 42.385.460 | 12.681.060 | 706 | IV |
| MOCO | BICCARI - MONTE CORNACCHIA | 41.370.000 | 15.158.000 | 1049 | IV |
| MODE | MODENA | 44.629.722 | 10.949.167 | 41 | IV |
| MODR | MONDRAGONE | 41.145.900 | 13.877.900 | 345 | IV |
| MONC | MONCUCCO TORINESE | 45.073.900 | 7.927.100 | 480 | IV |
| MOSI | GRO.MONTONI-VINSCHGAU | 46.616.400 | 10.549.500 | 1957 | SI |
| MPAZ | PALIZZI | 37.953.100 | 16.006.700 | 496 | IV |
| MPG | MONTE PELLEGRINO | 38.161.670 | 13.360.000 | 600 | IV |
| MRB1 | MONTE ROCCHETTA | 41.122.700 | 14.968.150 | 688 | IV |
| MRGE | MORGE | 45.769.750 | 7.061.010 | 1660 | IV |
| MRLC | MURO LUCANO | 40.756.400 | 15.488.920 | 605 | IV |

| Codice stazione | Ubicazione | Latitudine | Longitudine | Elevazione (m) | Rete |
|-----------------|----------------------------|------------|-------------|----------------|------|
| MRVN | MINERVINO MURGE | 41.060.900 | 16.195.800 | 610 | IV |
| MSAG | MONTE S. ANGELO | 41.712.000 | 15.909.600 | 890 | IV |
| MSC | M. MASSICO | 41.191.500 | 13.971.330 | 109 | OV |
| MSCL | SCILLA | 38.232.000 | 15.790.000 | 893 | IV |
| MSI | MESSINA | 38.205.250 | 15.553.850 | 55 | IV |
| MSRU | POGGIO SCUDEARU | 38.263.900 | 15.508.300 | 408 | IV |
| MSSA | MAISSANA | 44.316.250 | 9.517.390 | 930 | IV |
| MTCE | MONTECELIO | 42.022.800 | 12.742.220 | 388 | IV |
| MTGR | MONTAGNA GRANDE | 37.893.370 | 12.759.320 | 751 | IV |
| MTRZ | MONTERENZIO | 44.312.800 | 11.424.800 | 570 | IV |
| MTSN | MONTESANO SULLA MARCELLANA | 40.266.300 | 15.751.500 | 1056 | IV |
| MTTG | MOTTA SAN GIOVANNI | 38.003.100 | 15.699.920 | 484 | IV |
| MUGIO | MUGGIO | 45.921.900 | 9.041.700 | 830 | CH |
| MURB | MONTE URBINO | 43.263.000 | 12.524.600 | 845 | IV |
| NL9 | NOLA | 40.920.500 | 14.545.000 | 75 | OV |
| NOCI | NOCI | 40.788.800 | 17.064.400 | 420 | IV |
| NOVE | NOVELLARA | 44.798.220 | 10.716.080 | 16 | IV |
| NRCA | NORCIA | 42.833.550 | 13.114.270 | 927 | IV |
| OC9 | CASAMICCIOLA | 40.745.830 | 13.900.830 | 123 | OV |
| OFFI | OFFIDA | 42.935.000 | 13.685.700 | 320 | IV |
| ORI | ORIOLO CALABRO | 40.050.960 | 16.450.405 | 375 | IV |
| ORO | OROPA | 45.626.780 | 7.981.300 | 1157 | IV |
| OSKI | OSCHIRI | 40.821.000 | 9.108.300 | 896 | IV |
| OVO | OSSERVATORIO VESUVIANO | 40.827.500 | 14.396.670 | 584 | OV |
| PALA | MONTE PALA | 46.245.000 | 12.924.000 | 1280 | NI |
| PALZ | PALAZZO SAN GERVASIO | 40.944.100 | 15.960.200 | 450 | IV |
| PAOL | PAOLISI | 41.031.206 | 14.567.486 | 715 | IV |
| PARC | PARCHIULE | 43.648.600 | 12.238.600 | 580 | IV |
| PCP | PIAN CASTAGNO-PONZONE | 44.541.330 | 8.545.170 | 770 | GU |
| PDG | PODGORICA | 42.429.700 | 19.260.800 | 40 | MN |
| PE9 | PESCOSANNITA | 41.233.330 | 14.833.330 | 395 | OV |
| PESA | PESARO | 43.941.050 | 12.840.180 | 221 | IV |
| PGD | POGGIO SODO | 43.875.280 | 11.721.380 | 1500 | IV |
| PIEI | PIEIA | 43.535.670 | 12.535.000 | 665 | IV |
| PII | PISA | 43.721.930 | 10.524.950 | 66 | IV |
| PIPA | PIETRAPAOLA | 39.485.140 | 16.815.800 | 479 | IV |
| PLAC | PLACANICA | 38.449.400 | 16.438.300 | 602 | IV |
| PLLN | POLLINA | 37.992.600 | 14.143.100 | 787 | IV |
| PLMA | PALMARIA-PORTOVENERE | 44.049.840 | 9.850.710 | 22 | IV |
| PLONS | PLONS | 47.049.200 | 9.380.700 | 1068 | CH |
| POFI | POSTA FIBRENO | 41.717.430 | 13.712.020 | 878 | IV |
| POLC | POLCENIGO | 46.026.600 | 12.500.500 | 150 | NI |
| POZ | POZZUOLI | 40.820.330 | 14.120.500 | 3 | OV |
| PRMA | PARMA | 44.763.740 | 10.313.110 | 78 | IV |
| PSB1 | PESCO SANNITA | 41.223.450 | 14.810.780 | 551 | IV |
| PTCC | PATOCOCO | 46.407.500 | 13.354.000 | 700 | IV |
| PTMD | PANTELLERIA - KUDDIA MIDA | 36.788.500 | 11.993.400 | 626 | IV |
| PTQR | PIETRAQUARIA | 42.021.930 | 13.400.570 | 957 | IV |
| PTRJ | PIETRAROJA | 41.364.100 | 14.529.000 | 1027 | IV |
| PTRP | PIETRAPERIOSA | 40.521.480 | 16.061.240 | 1077 | IV |
| PTS | PANTELLERIA | 36.807.000 | 11.993.000 | 100 | IV |

| Codice stazione | Ubicazione | Latitudine | Longitudine | Elevazione (m) | Rete |
|-----------------|-------------------------------------|------------|-------------|----------------|------|
| PZI | PALAZZOLO ACREIDE | 37.057.150 | 14.947.550 | 603 | IV |
| PZUN | POTENZA UNIVERSITÀ | 40.645.800 | 15.807.000 | 820 | BA |
| PZZ | PRAZZO (STROPPO) | 44.506.800 | 7.116.000 | 1430 | GU |
| PZZT | MONTE PIZZETTO | 44.131.300 | 10.861.700 | 1236 | IV |
| QLNO | QUILIANO | 44.324.250 | 8.345.920 | 547 | IV |
| RAFF | RAFFO ROSSO | 37.222.500 | 14.362.400 | 310 | IV |
| RAVA | RAVARINO | 44.755.870 | 11.118.800 | 15 | IV |
| RDP | ROCCA DI PAPA | 41.758.330 | 12.716.670 | 760 | IV |
| RESU | RESUTTANO | 37.646.800 | 14.056.800 | 785 | IV |
| RFI | ROCCAMONFINA | 41.300.570 | 13.984.720 | 780 | IV |
| RGNG | RIGNANO GARGANICO | 41.674.170 | 15.586.380 | 587 | IV |
| RISI | REIN IN TAUFERS-AHRNTAL | 46.948.000 | 12.078.700 | 1785 | SI |
| RMP | MONTE PORZIO CATONE | 41.811.120 | 12.702.220 | 380 | IV |
| RNI2 | RIONERO SANNITICO | 41.703.280 | 14.152.400 | 950 | IV |
| ROM9 | ROMA (SEDE INGV) | 41.828.420 | 12.515.530 | 110 | IV |
| RORO | ROCCA ROSSA | 44.112.170 | 8.066.170 | 260 | GU |
| ROSI | RO.KOPF-STERZING | 46.928.100 | 11.411.800 | 1917 | SI |
| ROVR | ROVERE' VERONESE | 45.646.800 | 11.072.100 | 1316 | IV |
| RRL | CESANA TORINESE | 44.920.830 | 6.790.830 | 2130 | GU |
| RSM | REPUBBLICA DI SAN MARINO | 43.930.270 | 12.449.700 | 645 | IV |
| RSP | RENO SUPERIORE | 45.148.170 | 7.265.330 | 1285 | GU |
| SABO | SABOTINO | 45.987.500 | 13.633.600 | 621 | NI |
| SACR | S. CROCE DEL SANNIO | 41.397.400 | 14.705.700 | 859 | IV |
| SACS | SAN CASCIANO DEI BAGNI | 42.849.060 | 11.909.670 | 845 | IV |
| SAL | SALO' | 45.607.780 | 10.525.480 | 90 | IV |
| SALB | SAN LORENZO BELLIZZI | 39.877.200 | 16.345.900 | 1200 | IV |
| SALO | SALÒ | 45.618.300 | 10.524.300 | 600 | IV |
| SAMA | S.MARIA DELLE MOLE (CIAMPINO, ROMA) | 41.780.500 | 12.592.300 | 119 | IV |
| SAOF | SAORGE | 43.986.000 | 7.553.000 | 595 | FR |
| SASS | SASSA | 43.258.050 | 10.689.830 | 438 | IV |
| SATI | PASSO SALATI | 45.875.300 | 7.868.500 | 3005 | GU |
| SBPO | S.BENEDETTO PO | 45.051.080 | 10.919.870 | 10 | IV |
| SC2M | SCURTABÒ | 44.404.300 | 9.534.300 | 664 | GU |
| SCHR | S. CHIRICO RAPARO | 40.199.240 | 16.075.900 | 968 | IV |
| SCLL | SCILLA | 38.256.250 | 15.714.320 | 81 | IV |
| SCTE | SANTA CESAREA TERME | 40.072.400 | 18.467.500 | 150 | IV |
| SDI | SAN DONATO VAL COMINO | 41.709.950 | 13.810.700 | 698 | IV |
| SEI | SANT'AGATA | 44.054.280 | 11.358.550 | 610 | IV |
| SENI | SENIGALLIA | 43.705.200 | 13.233.100 | 10 | IV |
| SERS | SERSALE | 39.035.900 | 16.688.600 | 1221 | IV |
| SFI | SANTA SOFIA | 43.904.770 | 11.846.950 | 548 | IV |
| SGG | S.GREGORIO MATESE | 41.386.670 | 14.379.170 | 880 | OV |
| SGO | SICIGNANO DEGLI ALBURNI | 40.560.450 | 15.307.380 | 651 | IV |
| SGRT | SAN GIOVANNI ROTONDO | 41.754.600 | 15.743.700 | 960 | IV |
| SGTA | SANT'AGATA DI PUGLIA | 41.135.000 | 15.365.000 | 890 | IV |
| SIRI | MONTE SIRINO - MOLITERNO | 40.182.100 | 15.867.500 | 1063 | IV |
| SLCN | SALA CONSILINA | 40.390.000 | 15.632.770 | 986 | IV |
| SLNA | SALINA | 38.563.550 | 14.832.950 | 361 | IV |
| SMA1 | SAN MARTINO | 42.630.500 | 13.335.300 | 1150 | IV |
| SMPL | | 42.094.000 | 9.285.000 | 405 | FR |
| SN1 | CAPO MULINI MARE | 37.547.600 | 15.397.500 | -2065 | IV |

| Codice stazione | Ubicazione | Latitudine | Longitudine | Elevazione (m) | Rete |
|-----------------|--------------------------------|------------|-------------|----------------|------|
| SNAL | S. ANGELO DEI LOMBARDI | 40.925.420 | 15.209.080 | 874 | IV |
| SNTG | ESANATOGLIA | 43.255.000 | 12.940.570 | 650 | IV |
| SOI | SAMO | 38.073.230 | 16.054.240 | 305 | IV |
| SOLUN | SOLUNTO | 38.091.930 | 13.532.610 | 190 | IV |
| SOR | TERMINI DI SORRENTO | 40.582.000 | 14.335.000 | 497 | OV |
| SSFR | MONTELAGO DI SASSOFERRATO | 43.436.280 | 12.782.250 | 750 | IV |
| SSY | SORTINO | 37.157.700 | 15.073.700 | 600 | IV |
| STAL | STALIGIAL | 46.260.100 | 12.710.400 | 625 | IV |
| STR1 | STROMBOLI 1 | 38.795.000 | 15.224.170 | 488 | IV |
| STR3 | STROMBOLI 3 | 38.797.830 | 15.230.500 | 195 | OV |
| STR4 | STROMBOLI 4 | 38.773.850 | 15.211.500 | 86 | OV |
| STR5 | STROMBOLI 5 | 38.791.070 | 15.203.170 | 632 | IV |
| STR8 | STROMBOLI 8 | 38.799.670 | 15.218.670 | 529 | IV |
| STRA | STROMBOLI A | 38.795.240 | 15.217.120 | 843 | IV |
| STV | SANT'ANNA DI VALDIERI | 44.245.500 | 7.326.000 | 930 | GU |
| T0104 | COPPITO- MADONNA DELLE GRAZIE | 42.359.900 | 13.338.200 | 754 | IV |
| T0401 | MONTOTONE (FERMO) | 43.062.070 | 13.595.670 | 343 | IV |
| T0402 | ABBADIA DI FIASTRA (TOLENTINO) | 43.221.340 | 13.406.350 | 212 | IV |
| TDS | TERRANOVA DA SIBARI | 39.660.100 | 16.337.620 | 244 | IV |
| TEOL | TEOLO | 45.361.667 | 11.673.889 | 370 | IV |
| TERO | TERAMO | 42.622.790 | 13.603.930 | 673 | IV |
| TIP | TIMPAGRANDE | 39.179.350 | 16.758.270 | 789 | MN |
| TIR | TIRANA | 41.347.215 | 19.863.082 | 247 | MN |
| TOLF | TOLFA | 42.064.060 | 12.000.170 | 371 | IV |
| TR9 | TREVICO | 41.045.830 | 15.232.000 | 1094 | OV |
| TRAV | TRAVERSELLA | 45.512.670 | 7.747.000 | 990 | GU |
| TRI | TRIESTE | 45.708.830 | 13.764.170 | 161 | MN |
| TRIF | TRIFONTI | 43.114.780 | 10.902.650 | 596 | IV |
| TRIV | TRIVENTO | 41.766.600 | 14.550.200 | 598 | IV |
| TRTR | TORTORETO ALTA | 42.808.100 | 13.913.800 | 160 | IV |
| TUE | STUETTA | 46.472.230 | 9.347.320 | 1924 | MN |
| USI | USTICA | 38.707.870 | 13.179.130 | 285 | IV |
| VAGA | VALLE AGRICOLA | 41.415.400 | 14.234.200 | 795 | IV |
| VARE | VARESE | 45.867.694 | 8.770.000 | 1219 | IV |
| VCEL | VILLA CELIERA | 42.394.550 | 13.840.590 | 1185 | IV |
| VENT | VENTOTENE | 40.794.780 | 13.421.560 | 108 | IV |
| VINO | VILLANOVA | 46.253.830 | 13.275.500 | 608 | NI |
| VLC | VILLA COLLE MANDINA | 44.159.130 | 10.386.180 | 562 | MN |
| VMG | VILLORE DEL MUGELLO | 43.961.670 | 11.543.830 | 450 | IV |
| VSL | VILLASALTO | 39.496.000 | 9.378.000 | 370 | MN |
| VULT | MONTE VULTURE - MELFI | 40.954.900 | 15.616.300 | 1101 | IV |
| VVLD | VILLAVALLELONGA | 41.869.650 | 13.623.240 | 1051 | IV |
| WDD | WIELD DALAM | 35.837.300 | 14.524.200 | 44 | MN |
| WTTA | WATTENBERG | 47.263.670 | 11.636.330 | 1764 | OE |
| ZCCA | ZOCCA | 44.350.850 | 10.976.500 | 700 | IV |

1.2.1. Gestione e manutenzione delle stazioni sismiche

La manutenzione delle stazioni della rete è gestita in collaborazione dal Laboratorio Sismologico del CNT, dall'Osservatorio di Grottaminarda, dall'Osservatorio di Gibilmanna, dall'Osservatorio di

Ancona, e da personale del CNT ubicato presso altre sedi (Milano, L'Aquila), e con altri Enti con cui sussiste una convenzione di collaborazione (Università di Genova, Osservatorio di Prato, Osservatorio di Perugia, CRS di Udine, ecc.). Le attività di manutenzione vanno dal regolare aggiornamento HW/SW della strumentazione, al monitoraggio del funzionamento delle stazioni remote, alla diagnostica e analisi di qualità dei segnali, e agli interventi (ordinari e straordinari) in sito di riparazione, gestione e manutenzione.

1.2.2. Controllo dell'acquisizione e della qualità dei dati

Personale turnista e di laboratorio è dedicato al monitoraggio regolare e costante dello stato di funzionamento della strumentazione remota, dei sistemi di trasmissione dati, e dei sistemi di acquisizione e di elaborazione centralizzati. Data la delicatezza di questa attività, su cui si basa la efficienza ed affidabilità del servizio di sorveglianza sismica, notevoli risorse vengono ivi investite, sia in termini di personale sia in termini economici, di strumentazione ed infrastrutture (laboratori, autoparco), per il suo efficiente svolgimento.

Per le reti a trasmissione terrestre, sono stati mantenuti i collegamenti tramite la rete RUPA (Rete Unitaria della Pubblica Amministrazione); la prevista migrazione dei collegamenti delle stazioni remote al nuovo provider nell'ambito dei Servizi Pubblici di Connettività (SPC) non è tuttora realizzabile, per problematiche gestionali del provider, mentre questi nuovi servizi sono stati in parte implementati nei collegamenti tra i centri di monitoraggio. Attualmente, 62 stazioni risultano collegate con la tecnologia RUPA. A queste, vanno aggiunte altre 40 stazioni collegate con varie tecnologie di trasmissione digitale (Internet, ponti radio terrestri, ecc.). Le circa 30 stazioni superstiti a trasmissione analogica sono state aggiornate alla trasmissione digitale, soprattutto satellitare. Vanno inoltre menzionate stazioni sismiche gestite dall'INGV su base convenzionata regionale (Regioni Marche e Molise), su progetti di collaborazione (Abruzzo, Umbria, Toscana) o su progetti specifici (Val Tiberina, Lombardia, Veneto, Sicilia e Calabria), che contribuiscono sensibilmente ad un monitoraggio più di dettaglio della sismicità su aree campione.

A queste vanno aggiunte le reti gestite dalla Sezione di Napoli e di Catania: tali reti, pur essendo principalmente indirizzate al monitoraggio vulcanico, forniscono comunque un sensibile contributo al monitoraggio complessivo del territorio nazionale.

1.2.3. Rete Euro-Mediterranea (MedNet)

Un'importante integrazione al monitoraggio sismico proviene anche da stazioni operanti esternamente al territorio nazionale, sia gestite direttamente dall'Istituto tramite il progetto MedNet che gestite da altri Enti, ma partecipanti ad un meccanismo di scambio dati ormai ben consolidato su chiave europea. La rete MedNet, nata negli anni '90 per scopi di ricerca pura, con requisiti tecnologici molto elevati, ha assunto sempre più negli ultimi anni funzioni di monitoraggio e di informazione su forti eventi a livello euro mediterraneo. Oggi la rete MedNet è una realtà affermata a livello europeo per la produzione di dati di elevata qualità sismologica.

1.3. Reti mobili

1.3.1 Rete mobile

Le reti mobili gestite dal CNT si suddividono fondamentalmente in reti di emergenza e reti per esperimenti. Le reti di emergenza sono di due tipi: la prima è una rete di stazioni sismiche standalone, con acquisizione dati locale; è una rete di 8 stazioni, sempre disponibili, che ha il vantaggio di essere di rapidissima installazione. Ogni stazione dispone di un sismometro e di un accelerometro, per la massima copertura di dinamica senza rischio di saturazione da forti segnali. Per questa rete, è stata tuttavia sviluppata la possibilità di telemetria in tempo reale, ricorrendo all'uso di modem/router in telefonia mobile UMTS. Questa tecnica di trasmissione dati, senza dubbio meno affidabile di quella satellitare, ha però dalla sua il vantaggio di una grande semplicità, scarso ingombro, leggerezza, e bassi consumi, aspetti questi che rendono possibile il collegamento dati per acquisizione centralizzata in modo semplice e in tempi estremamente rapidi. Di tale tecnica di trasmissione dati la rete ne ha beneficiato fin dalla gestione dell'emergenza Abruzzo. La seconda è una rete composta da 9 stazioni + una di riserva, con telemetria in ponte radio + satellite. Questa rete costituisce un'integrazione alle stazioni della Rete Sismica Nazionale, per studi di sismicità di dettaglio dell'area colpita da un forte evento. In aggiunta a queste due reti, è stata sviluppata una terza rete di tipo satellitare, orientata a costi particolarmente contenuti di strumentazione e di trasmissione dati. Attualmente la rete si compone di 3 stazioni complete, di cui una funge anche da centro di trasmissione dati via satellite, ed è stata utilizzata con successo in occasione della sequenza sismica che ha colpito l'area del reatino (Montereale e zone limitrofe) nel settembre del 2010. Infine, il parco strumentale dispone di altre 44 stazioni remote standalone, normalmente utilizzate per esperimenti scientifici di campagna, eventualmente utilizzabili in caso di emergenza per la copertura di aree colpite.

1.3.2. Rete OBS

La rete OBS/H si compone di 7 strumenti equipaggiati con sensori a larga banda e di un prototipo sviluppato nell'ambito della convenzione. L'attività principale relativa a questo settore è stata l'uso della strumentazione in ambito di campagne di acquisizione in mare, anche in collaborazione con altri progetti di ricerca, finalizzati alla comprensione della tettonica attiva. Si riassumono di seguito gli impegni che sono stati realizzati durante il 2010.

A Marzo 2010, grazie al supporto del Comando Generale della Guardia Costiera che ci ha concesso l'impiego di un pattugliatore della 6° squadriglia di stanza a Messina, è stato definitivamente recuperato l'OBS/H che ha partecipato per tre anni al progetto NERIES-NA6. I dati acquisiti, convertiti secondo i formati richiesti, sono stati resi disponibili alla comunità scientifica attraverso il portale di ORFEUS.

Nel corso del 2010 altre due campagne sono state condotte allo scopo di monitorare l'attività sismo-vulcanica di alcuni distretti del Tirreno meridionale di particolare interesse geofisico.

La prima campagna denominata "Palermo 2010", ha portato al recupero di un OBS/H, deposto il 7 dicembre 2009 nel punto di coordinate lat. 38°25,039'N, long. 13°36,723'E, a circa 7 km dall'epicentro del mainshock del cosiddetto "Terremoto di Palermo" del 6 settembre 2002, ad una

profondità di 1500 m. La stazione sottomarina è stata recuperata il 27 luglio 2010 dopo 232 giorni di acquisizioni continue. Questa campagna è stata finanziata con i fondi destinati al capitolo Studi e Ricerche del Centro Nazionale Terremoti a seguito di un progetto presentato dall'Unità Funzionale "Osservatorio Di Gibilmanna e dai Dipartimenti di Chimica e Fisica della Terra (CFTA) e Geologia dell'Università di Palermo. Le operazioni di deposizione e recupero sono state condotte mediante l'ausilio di un'imbarcazione da pesca.

Lo strumento utilizzato era equipaggiato con un sismometro Guralp CMG40T-OBS 3C 60sec., un idrofono HTI-04-PCA/ULF, un datalogger SEND Geolon-MLS, 21 bit, 4 canali ed un logger di temperatura Tinytag ACS-0001-PK, con A/D converter a 16 bit.

Durante la terza campagna, condotta per mezzo della nave oceanografica Urania nell'ambito del progetto "PANSTR 2010", sono stati deposti tra il 5 e il 15 febbraio 5 OBS/H lungo la direttrice che congiunge il vulcano sottomarino Marsili a Stromboli, nei punti indicati nella mappa di Fig. 2. I 5 OBS/H sono stati recuperati in tre diversi momenti: tre durante una campagna della nave oceanografica URANIA del Centro Nazionale delle Ricerche di rientro da una missione nel Mar di Marmara, mentre gli ultimi due sono stati recuperati ad Ottobre 2010 nel corso di una campagna condotta dalla nave oceanografica ASTREA dell'ICRAM. Le stazioni sismiche sottomarine sono state tutte equipaggiate con sensore sismico Guralp CMG40T-OBS 3C 60 sec. e con un sensore di pressione differenziale (DPG) 200 sec - 2Hz. Solo per l'OBS/H deposto sul vulcano sottomarino Marsili il DPG è stato sostituito con un idrofono HTI-04-PCA/ULF 1-2500Hz, per meglio monitorare la presenza di attività idrotermale ad alta frequenza. Quest'ultimo, inoltre, è stato equipaggiato con un logger di temperatura Tinytag ACS-0001-PK, dotato di A/D converter a 16 bit.

L'obiettivo di questa seconda campagna è stato il monitoraggio dell'attività sismo-vulcanica prodotta dal vulcano sottomarino Marsili e la raccolta di nuovi dati sismologici che permettano una migliore caratterizzazione dei volumi sismo-genetici presenti in quest'area.

Inoltre le stazioni deposte durante le 2 campagne nel Tirreno hanno acquisito gli scoppi generati da una potente batteria di Air gun posizionati a bordo della nave oceanografica spagnola Sarmiento de Gamboa che, unitamente alla nave oceanografica URANIA, utilizzata per la logistica degli OBS da prospezione, ha condotto una campagna di sismica attiva nel Mar Tirreno tra il 9 Aprile e il 6 Maggio 2010. Questa è stata la più grande campagna di sismica attiva mai condotta nel Mar Tirreno ed ha visto la partecipazione di vari gruppi INGV (Centro Nazionale Terremoti - Unità Funzionale Ridge di Roma 2 - OBSLab di Gibilmanna) per la messa in campo sia delle stazioni della Rete sismica Nazionale sia della Rete mobile che degli OBS/H INGV.

La partecipazione al workshop NERIES-ESONET ha consentito di illustrare le attività condotte nello specifico settore consentendo di instaurare nuove occasioni di collaborazioni a livello internazionale.

Rispettivamente ad Aprile 2010 e a Novembre 2010 sono stati presentati due progetti di finanziamento, destinati a favorire una reale collaborazione tra Enti di Ricerca e Piccole e Medie industrie. Tali progetti hanno come scopo la realizzazione di prototipi di stazione sismica sottomarina real time stand-alone, cioè priva di costosi connessioni a cavi sottomarini per il collegamento con il centro di monitoraggio a terra.

1.4. Strumentazione disponibile

Nella tabella che segue viene indicata la dotazione strumentale del CNT

| Sismometri | | Acquisitori | | Storage | |
|---------------------------|----|-----------------|----|---------|----|
| TRILLIUM 40 | 42 | QUANTERRA Q680 | 5 | SERVER | 15 |
| TRILLIUM 120 | 18 | QUANTERRA Q4120 | 8 | | |
| TRILLIUM 240 | 20 | QUANTERRA Q730 | 6 | | |
| TRILLIUM 120 COMPACT | 18 | QUANTERRA Q330 | 3 | | |
| LENNARTZ LE-3D/5S | 57 | TAURUS | 25 | | |
| LENNARTZ LE-3D/1S | 21 | CARINA | 35 | | |
| LENNARTZ LE-3D light MKII | 35 | REFTEK 130 | 57 | | |
| GEOTECH S-13 | 70 | | | | |
| GURALP CMG-40 | 10 | | | | |
| STRECKEISEN STS-1 | 3 | | | | |
| STRECKEISEN STS-2 | 10 | | | | |

| Accelerometri | | Digitalizzatori | | | |
|---------------|-----|-----------------|-----|--|--|
| EPISENSOR | 120 | GAIA | 150 | | |
| GURALP CMG-5 | 10 | TRIDENT | 160 | | |
| | | CYGNUS | 105 | | |

| | | | | | |
|-------------------------------------|---|--|--|--|--|
| Moduli OBS/H | 7 | | | | |
| Prototipo OBS/H vers. "B" | 1 | | | | |
| Prototipo OBS da prospezione | 1 | | | | |

1.5. Dati raccolti e modalità di immagazzinamento e divulgazione

1.5.1. Centri di acquisizione dati

Nel 2010, il servizio di sorveglianza sismica ha localizzato 13200 terremoti nell'area italiana in senso lato (territorio nazionale e aree circostanti, i cui terremoti possano interessare la popolazione italiana). 561 terremoti sono stati di magnitudo superiore a 2.5, mentre 14 (34) sono quelli con magnitudo superiore a 4.0 e 1 (6) con magnitudo superiore a 5.0 (peraltro profondo, in mare). Per confronto, evitando il 2009 chiaramente dominato dalla sequenza aquilana, nel 2008 erano rispettivamente 6900, 582 (sopra 2.5), 15 (sopra 4.0) e 2 (sopra 5). Mentre le magnitudo superiori rimangono all'interno di una variabilità statistica, i terremoti a magnitudo basse sono decisamente aumentati, a significare che la capacità di detezione della rete è decisamente aumentata.

Il sistema di distribuzione dei dati parametrici calcolati dal servizio di sorveglianza sismica è in corso di riprogettazione. Per il momento è stato aggiornato l'esistente ed è stato introdotto un sistema di autenticazione teso a ridurre gli usi illeciti dei prodotti della sorveglianza.

Particolare attenzione continua a essere dedicata alla robustezza ed affidabilità del sistema complessivo di acquisizione dati (*disaster recovery*): oltre alla ridondanza di tutti i canali di trasmissione dati satellitari, il sistema di acquisizione, archiviazione e distribuzione è duplicato nella sede Irpinia, per assicurare una ridondanza geografica.

Il nuovo sistema per l'acquisizione, il processamento, l'archiviazione, la distribuzione è ormai funzionante e completo del suo sistema automatico di configurazione e ripristino a partire dalle informazioni immagazzinate nel database del CNT, La gestione di 8 server di acquisizione, 4 di localizzazione e innumerevoli programmi di analisi e distribuzione è automatica e quasi indipendente dall'intervento umano e quindi da possibili cedimenti legati ad errori.

È stato studiato un sistema di backup e ridondanza per il database delle informazioni di stazione, dei parametri di evento calcolati, e della configurazione dei server. La sua realizzazione, che ha previsto l'installazione di due database identici, in grado di subentrare l'uno all'altro, ma anche di popolarsi vicendevolmente (configurazione master-master) è completata. Il sistema Earthworm ha raggiunto un buon livello di funzionamento, è molto affidabile e anch'esso è configurato automaticamente. È stato portato avanti un ottimo lavoro sul tuning del programma di picking, che produce attualmente picking di grande precisione. Lo sviluppo procede verso la realizzazione di un sistema di configurazione del picker dinamico, che sia cioè in grado di adattarsi alle condizioni di rumorosità della stazione. I dati archiviati per il 2010 ammontano a complessivi 4.6 TB (tutto l'archivio è intorno ai 14 TB), da 435 stazioni di 24 reti diverse, secondo la seguente tabella, dalla quale sono omesse le reti che contribuiscono all'archivio con meno di 5 stazioni:

| Rete | Stazioni | Dati (GB) |
|------|----------|-----------|
| IV | 261 | 3882,97 |
| MN | 25 | 320,8 |
| FR | 8 | 165,46 |
| GU | 17 | 144,53 |
| NI | 12 | 143,45 |
| GE | 12 | 134,78 |
| CH | 12 | 90,54 |
| RO | 12 | 79,98 |
| SI | 11 | 77,87 |
| SL | 7 | 59,17 |
| TT | 6 | 28,76 |
| HL | 7 | 27,48 |
| AC | 10 | 23,95 |
| SS | 10 | 5,82 |

Prosegue lo sforzo di verifica delle informazioni di stazione. Il controllo della qualità dei dati prosegue secondo le modalità consuete:

- 1) in tempo reale, con diverse procedure di visualizzazione dei sismogrammi ed un'analisi del dato sul server di acquisizione, via via che esso viene acquisito (presenza dei segnali, qualità della temporizzazione, centratura del sensore, scarto lo quadratico medio della registrazione, il numero di gap);
- 2) sui dati archiviati, con la valutazione giornaliera, settimanale, mensile ed annuale degli spettri a tutte le stazioni della rete, in diverse bande di frequenza.

Il grosso sforzo prodotto per l'archiviazione dei dati e la raccolta, la verifica e l'organizzazione dell'informazione di stazione ha reso possibile il risultato straordinario di un sistema di distribuzione dei dati di forma d'onda al passo con i tempi, in modo omogeneo fra le diverse componenti di osservazione sismologica dell'INGV (CNT e non) e in totale sintonia con le altre organizzazioni europee: i dati della rete nazionale, delle stazioni mobili (sia impiegate per le emergenze, sia per gli esperimenti) vengono distribuiti sotto un unico portale. E' stato progettato e implementato in forma prototipale un sistema non interattivo di distribuzione (basato su tecnologia *webservice technology*) per il *download* di grosse quantità di dati.

Con lo stesso sistema tutti i dati sismici partecipano alla distribuzione dei dati a larga banda dell'European Integrated Data Archive (EIDA).

1.5.2. Dati prodotti dalle stazioni OBS/H

Durante le tre campagne condotte nel corso del 2010 sono stati acquisiti vari set di dati sismici e idrofonici. Si è concluso il progetto NERIES con il recupero definitivo dell'OBS/H nel Mare Ionio e

gli ultimi dati, così come i precedenti, saranno presto online, a disposizione della comunità scientifica, presso l'Orfeus Data Center (ODC). Durante la campagna Tirreno 2010 sono stati acquisiti, oltre alla sismica passiva i segnali degli Airgun utilizzati per la campagna MEDOC. Le elaborazioni di tali dati integrati con i profili degli OBS da prospezione e con i dati acquisiti dalla rete sismica nazionale permanente e da quelle delle reti mobili terrestri sono attualmente in corso. Nota a parte meritano i dati acquisiti durante la campagna Palermo 2010 durante la quale un unico OBS/H ha acquisito oltre 400 eventi in 8 mesi per i quali sono stati identificati 9 distinti cluster.

2. Monitoraggio accelerometrico del territorio nazionale

2.1. Organizzazione della rete

Dal 2006, la politica del Centro Nazionale Terremoti è quella di disporre di stazioni di rilevamento geofisico di tipo multisensore. In gran parte delle stazioni della rete sono stati installati diversi sensori per acquisire efficacemente tutto lo spettro delle frequenze emesse dalle sorgenti sismiche, e ricoprire completamente la dinamica dei segnali sismici. In questa ottica di ottimizzazione dei segnali, sono stati installati in tutti i nuovi siti, ma anche in buona parte di quelli già esistenti, un sensore velocimetrico triassiale a larga banda, un GPS geodetico e un sensore triassiale accelerometrico. I segnali dei primi due sensori sono trasmessi in forma continua in tempo reale, mentre i segnali accelerometrici vengono trasmessi ed acquisiti, nei casi ove la banda disponibile del canale di trasmissione dati è sufficiente, in forma continua, negli altri la trasmissione dati è con modalità "on demand", a seguito di richiesta automatica. Tale richiesta viene effettuata per ogni evento sismico di rilievo. Lo sviluppo della rete ha portato ad avere oggi sul territorio più di 100 accelerometri, con una copertura maggiore nel sud della penisola e nella Sicilia orientale. Nella figura che segue viene rappresentata la situazione aggiornata della rete di di accelerometri con trasmissione dei segnali al Centro Nazionale Terremoti.

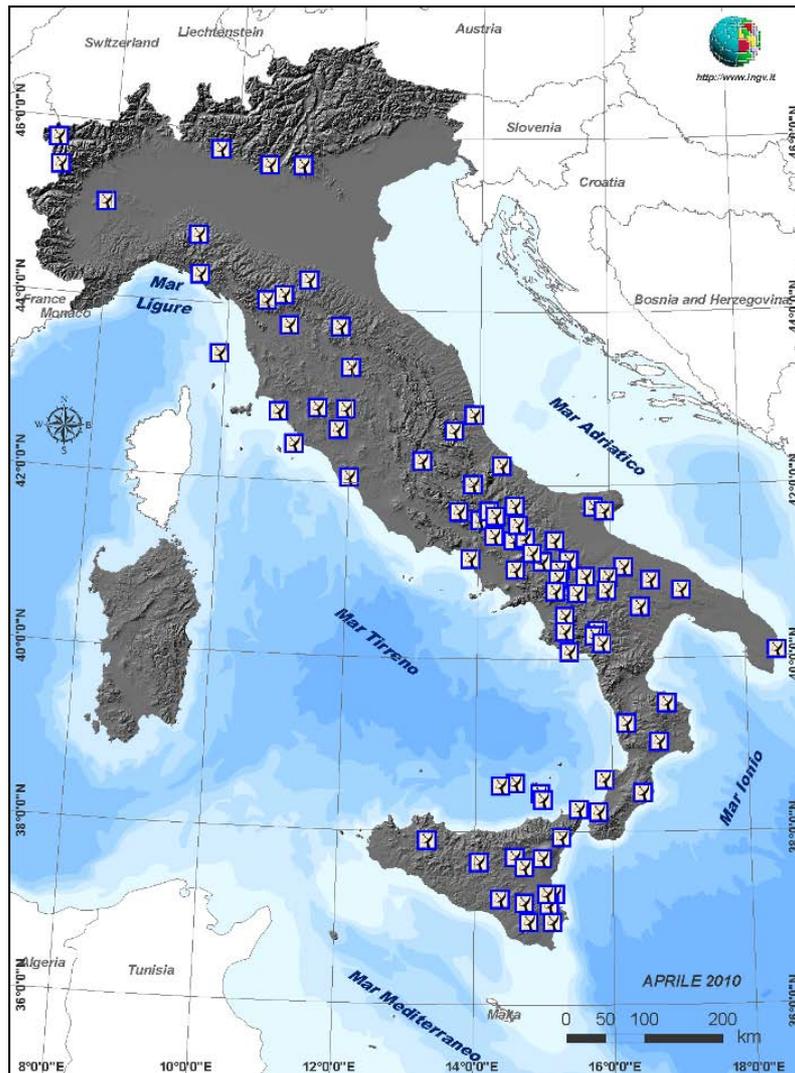


Figura 2.1.1 – Rete accelerometrica dell'INGV.

| Stazione | Sito | Latitudine | Longitudine | Elevazione (m) |
|----------|---------------------------|------------|-------------|----------------|
| ACER | ACERENZA | 40.786 | 15.942 | 690 |
| AMUR | ALTAMURA | 40.907 | 16.604 | 443 |
| ARCI | ARCIDOSO | 42.851 | 11.475 | 1080 |
| ASQU | ASQUA | 43.797 | 11.789 | 860 |
| ATPC | POGGIO CASTELLACCIO | 43.481 | 12.457 | 810 |
| BDI | BAGNI DI LUCCA | 44.062 | 10.596 | 830 |
| BOB | BOBBIO | 44.767 | 9.447 | 910 |
| BRIS | BRISIGHELLA | 44.224 | 11.766 | 260 |
| BSSO | BUSSO | 41.546 | 14.593 | 1010 |
| BULG | BULGHERIA - CAMEROTA | 40.078 | 15.377 | 815 |
| CADA | CAPODARCO | 43.194 | 13.761 | 148 |
| CAFE | CARIFE | 41.028 | 15.236 | 1070 |
| CAFI | CASTIGLION FIORENTINO | 43.329 | 11.966 | 547 |
| CAFR | CASTEL FRENTANO | 42.227 | 14.347 | 250 |
| CARO | CAROLEI | 39.254 | 16.219 | 618 |
| CASP | CASTIGLIONE DELLA PESCAIA | 42.790 | 10.865 | 390 |
| CDCA | CITTA' DI CASTELLO | 43.458 | 12.234 | 50 |

| Stazione | Sito | Latitudine | Longitudine | Elevazione (m) |
|----------|------------------------------|------------|-------------|----------------|
| CDRU | CIVITA DI RUTA - OTTATI | 40.489 | 15.304 | 1057 |
| CERA | FILIGNANO | 41.597 | 14.018 | 800 |
| CING | CINGOLI | 43.376 | 13.195 | 626 |
| CMPR | CAMPORA | 40.318 | 15.303 | 732 |
| CORL | CORLEONE (PALERMO) | 37.894 | 13.303 | 660 |
| CRMI | CARMIGNANO | 43.790 | 10.970 | 490 |
| CTL8 | CASTELLEONE | 45.276 | 9.762 | 60 |
| ECNV | CATANANUOVA | 37.595 | 14.712 | 484 |
| ESLN | SERRA LA NAVE | 37.693 | 14.974 | 1787 |
| FIAM | FIAMIGNANO | 42.268 | 13.117 | 1070 |
| FIR | FIRENZE | 43.774 | 11.255 | 40 |
| FIVI | FIVIZZANO | 44.239 | 10.127 | 380 |
| FNVD | FONTANAVIDOLA | 44.168 | 11.123 | 950 |
| GALF | GAGLIANO CASTELFERRATO | 37.710 | 14.566 | 740 |
| GATE | GAMBATESA | 41.513 | 14.910 | 487 |
| GROG | ISOLA DI GORGONA | 43.426 | 9.892 | 118 |
| HAGA | HYBLEAN AUGUSTA | 37.285 | 15.155 | 126 |
| HAVL | AVOLA | 36.959 | 15.122 | 502 |
| HMDC | MODICA | 36.959 | 14.783 | 595 |
| HVZN | VIZZINI | 37.178 | 14.715 | 787 |
| IACL | ALICUDI | 38.533 | 14.355 | 145 |
| IFIL | FILICUDI | 38.564 | 14.575 | 277 |
| ILLI | LIPARI | 38.445 | 14.948 | 283 |
| INTR | INTRODACQUA | 42.012 | 13.905 | 924 |
| IVPL | VULCANO PIANO | 38.376 | 14.980 | 486 |
| JOPP | JOPPOLO | 38.606 | 15.885 | 500 |
| LATE | LATERA | 42.613 | 11.804 | 610 |
| LSD | LAGO SERRU' - CERESOLE REALE | 45.459 | 7.134 | 2285 |
| MAON | MONTE ARGENTARIO | 42.428 | 11.130 | 237 |
| MCEL | MONTICELLO | 40.324 | 15.801 | 960 |
| MCRV | CALABRITTO - MT. CERVIALTO | 40.782 | 15.168 | 1191 |
| MDI | MONTE DI NESE | 45.769 | 9.716 | 954 |
| MGAB | MONTEGABBIONE | 42.913 | 12.112 | 547 |
| MGR | MORIGERATI | 40.138 | 15.554 | 288 |
| MIDA | MIRANDA | 41.641 | 14.254 | 950 |
| MIGL | MIGLIONICO | 40.604 | 16.441 | 440 |
| MMME | MONGIUFFI-MELIA | 37.935 | 15.253 | 959 |
| MNS | MONTASOLA | 42.385 | 12.681 | 706 |
| MOCO | BICCARI – MONTE CORNACCHIA | 41.370 | 15.158 | 1049 |
| MODE | MODENA | 44.630 | 10.949 | 41 |
| MODR | MONDRAGONE | 41.145 | 13.877 | 345 |
| MONC | MONCUCCO TORINESE | 45.073 | 7.927 | 480 |
| MRB1 | MONTE ROCCHETTA | 41.122 | 14.968 | 688 |
| MRGE | MORGE | 45.769 | 7.061 | 1660 |
| MRLC | MURO LUCANO | 40.756 | 15.488 | 605 |
| MRVN | MINERVINO MURGE | 41.060 | 16.195 | 610 |
| MSAG | MONTE S. ANGELO | 41.712 | 15.909 | 890 |
| MSRU | POGGIO SCUDEARU | 38.263 | 15.508 | 408 |
| MTRZ | MONTERENZIO | 44.313 | 11.425 | 570 |
| MTSN | MONTESANO SULLA MARCELLANA | 40.266 | 15.751 | 1056 |
| MURB | MONTE URBINO | 43.263 | 12.525 | 845 |

| Stazione | Sito | Latitudine | Longitudine | Elevazione (m) |
|----------|--------------------------|------------|-------------|----------------|
| NOCI | NOCI | 40.788 | 17.064 | 420 |
| NRCA | NORCIA | 42.834 | 13.114 | 927 |
| PALZ | PALAZZO SAN GERVASIO | 40.944 | 15.960 | 450 |
| PAOL | PAOLISI | 41.031 | 14.567 | 715 |
| PIPA | PIETRAPAOLA | 39.485 | 16.816 | 479 |
| PLAC | PLACANICA | 38.449 | 16.438 | 602 |
| POFI | POSTA FIBRENO | 41.717 | 13.712 | 878 |
| PSB1 | PESCO SANNITA | 41.223 | 14.810 | 551 |
| PTRJ | PIETRAROJA | 41.364 | 14.529 | 1027 |
| RAFF | RAFFO ROSSO | 37.222 | 14.362 | 310 |
| RNI2 | RIONERO SANNITICO | 41.703 | 14.152 | 950 |
| ROM9 | ROMA - INGV | 41.828 | 12.516 | 110 |
| ROVR | ROVERÈ VERONESE | 45.647 | 11.072 | 1316 |
| RSP | RENO SUPERIORE | 45.148 | 7.265 | 1285 |
| SACR | S. CROCE DEL SANNIO | 41.397 | 14.705 | 859 |
| SACS | SAN CASCIANO DEI BAGNI | 42.849 | 11.909 | 845 |
| SALB | SAN LORENZO BELLIZZI | 39.877 | 16.346 | 1200 |
| SALO | SALÒ | 45.618 | 10.524 | 600 |
| SCTE | SANTA CESAREA TERME | 40.072 | 18.467 | 150 |
| SENI | SENIGALLIA | 43.705 | 13.233 | 10 |
| SERS | SERSALE | 39.035 | 16.688 | 1221 |
| SGRT | SAN GIOVANNI ROTONDO | 41.754 | 15.743 | 960 |
| SGTA | SANT AGATA DI PUGLIA | 41.135 | 15.365 | 890 |
| SIRI | MONTE SIRINO - MOLITERNO | 40.182 | 15.867 | 1063 |
| SNAL | S. ANGELO DEI LOMBARDI | 40.925 | 15.209 | 874 |
| STAL | STALIGIAL | 46.260 | 12.710 | 625 |
| SSY | SORTINO | 37.157 | 15.073 | 600 |
| TERO | TERAMO | 42.623 | 13.604 | 673 |
| TOLF | TOLFA | 42.064 | 12.000 | 371 |
| TRIV | TRIVENTO | 41.766 | 14.550 | 598 |
| TRTR | TORTORETO ALTA | 42.808 | 13.913 | 160 |
| USI | USTICA | 38.707 | 13.179 | 285 |
| VAGA | VALLE AGRICOLA | 41.415 | 14.234 | 795 |
| VULT | MONTE VULTURE - MELFI | 40.954 | 15.616 | 1101 |

Parallelamente alle stazioni strong motion gestite dal Centro Nazionale Terremoti, la Sezione di Milano-Pavia sviluppa gli aspetti relativi all'acquisizione e gestione dei dati accelerometrici di un'altra serie di stazioni installate nel settore dell'Italia Settentrionale. L'area di analisi ricade principalmente in Lombardia e Veneto e si concentra principalmente nell'area interessata dall'evento sismico del 24 novembre 2004 (MI 5.2). Alla fine del 2010 si era giunti all'installazione di 21 stazioni accelerometriche, facenti capo alla RAIS (Rete Accelerometrica in Italia Settentrionale). Di queste stazioni, 13 trasmettono in tempo reale i segnali alla sede di Milano mentre le restanti 8 sono collegate via modem gsm on demand.

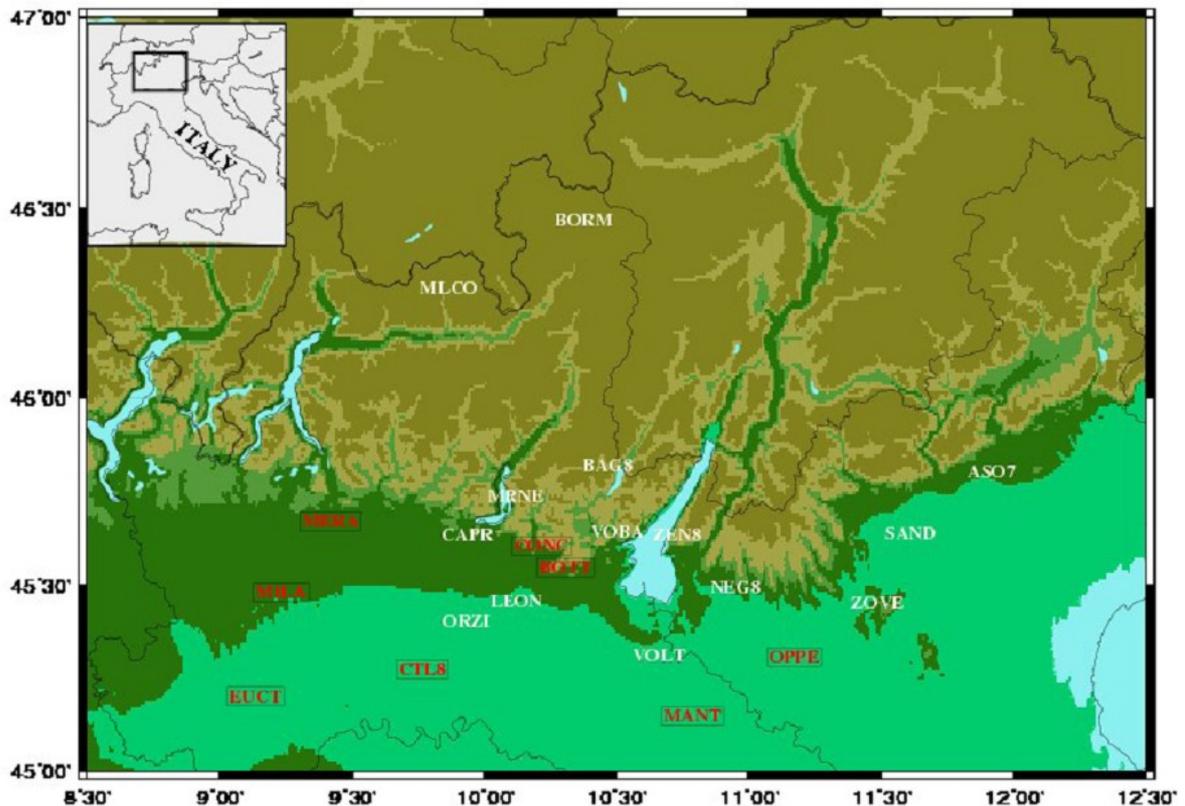


Figura 2.1.1 - Stazioni di registrazione RAIS (al 31/12/2010). In rosso le stazioni in real-time.

Per l'acquisizione delle stazioni in real-time è stato adottato il software SeisComP, inoltre, sfruttando le caratteristiche di SeedLink, i dati vengono scaricati in formato MiniSEED che risulta essere uno dei formati maggiormente utilizzati nello scambio dati in tempo reale tra le differenti istituzioni europee. Oltre all'implementazione del sistema di acquisizione sono state sviluppate procedure per automatizzare l'analisi dei dati accelerometrici. Per l'estrazione degli eventi registrati dalle stazioni accelerometriche della RAIS si utilizzano come riferimento le localizzazioni effettuate dalla Sala Sismica del CNT di Roma. I parametri estratti, relativi alle accelerazioni di picco ed alle ampiezze spettrali (per periodi di 0.3, 1 e 3 secondi), sono utilizzati per la generazione di ShakeMap®.

| Codice Stazione | Sito | Lat. N | Lon. E | Quota (m) | Data Installazione | Note |
|------------------------|-----------------|---------------|---------------|------------------|---------------------------|------------------------------|
| MERA | Merate | 45.6725 | 09.4182 | 350 | 25.10.2005 | 25.03.09 real-time con Gaia2 |
| MILA | Milano | 45.4803 | 09.2321 | 125 | 01.06.2006 | 22.04.09 real-time con Gaia2 |
| EUCT | Pavia | 45.2026 | 09.1349 | 82 | 26.06.2006 | 31.07.09 real-time con Gaia2 |
| CTL8 | Castelleone | 45.2763 | 09.7622 | 66 | 07.06.2006 | 22.07.09 real-time con Gaia2 |
| BAG8 | Bagolino | 45.8228 | 10.4664 | 807 | 15.06.2006 | |
| CONC | Concesio | 45.6060 | 10.2170 | 126 | 03.05.2006 | 23.04.09 real-time con Gaia2 |
| CAPR | Capriolo | 45.6372 | 09.9345 | 215 | 31.05.2006 | |
| VOBA | Vobarno | 45.6429 | 10.5040 | 292 | 28.06.2006 | |
| NEG8 | Negrar | 45.4976 | 10.9482 | 167 | 29.06.2006 | |
| ZEN8 | San Zeno | 45.6378 | 10.7319 | 596 | 30.06.2006 | |
| ASO7 | Asolo | 45.8049 | 11.9180 | 221 | 03.08.2006 | |
| BORM | Bormio | 46.4694 | 10.3764 | 1235 | 29.11.2006 | |
| MLCO | Malenco | 46.2918 | 09.8638 | 2030 | 30.11.2006 | |
| MANT | Mantova | 45.1495 | 10.7897 | 36 | 14.12.2006 | 29.07.09 real-time con Gaia2 |
| ZOVE | Zovencedo | 45.4536 | 11.4876 | 376 | 28.06.2007 | |
| MRNE | Marone | 45.7397 | 10.1175 | 600 | 10.07.2007 | |
| LEON | Capriano | 45.4582 | 10.1234 | 92 | 18.07.2007 | |
| VOLT | Volta Mantovana | 45.3132 | 10.6606 | 107 | 09.11.2007 | |
| SAND | Sandrigo | 45.6399 | 11.6099 | 51 | 19.12.2007 | |
| ORZI | Orzinuovi | 45.4056 | 09.9307 | 83 | 24.04.2008 | |
| OPPE | Oppeano | 45.3082 | 11.1723 | 20 | 25.09.2009 | 25.09.09 real-time con Gaia2 |
| BOTT | Botticino | 45.5494 | 10.3095 | 200 | 27.10.2009 | 27.10.09 real-time con Gaia2 |

Per il monitoraggio accelerometrico la RAIS si avvale della seguente strumentazione:

| Sensori | |
|--------------------------|-------------------|
| <i>Tipo</i> | <i>Produttore</i> |
| Episensor FBA ES-T | Kinematics |
| Acquisitori | |
| <i>Tipo</i> | <i>Produttore</i> |
| Gaia2 | INGV-CNT |
| Reftek 130-01 (3 canali) | Reftek |
| Reftek 130-01 (6 canali) | Reftek |

Le elaborazioni dei dati registrati dalla RAIS sono rese disponibili attraverso un sito web dedicato alla rete accelerometrica (<http://rais.mi.ingv.it>). Inoltre, i dati delle registrazioni sono resi disponibili nel database ITACA (<http://itaca.mi.ingv.it/ItacaNet/>).

3. Monitoraggio geochimico delle aree vulcaniche

Le attività di sorveglianza geochimica delle aree vulcaniche attive svolte dalla Sezione di Palermo sono consistite nel monitoraggio delle fasi fluide rilasciate da sistemi vulcanici e geotermici ad essi connessi. Lo studio delle variazioni chimico-fisiche dei gas e delle acque di queste aree fornisce importanti indicazioni sulla circolazione dei fluidi e sulle dinamiche magmatiche in atto nel sistema vulcanico.

Le attività di monitoraggio sono state effettuate attraverso:

- i) misure e campionamenti periodici di acque e gas;
- ii) misure continue, tramite strumentazioni dislocate sul territorio in grado di trasmettere i dati alla sala di monitoraggio della Sezione.

Le reti per il monitoraggio geochimico dell'attività vulcanica sono state integrate ed aggiornate in sinergia con il "Programma Triennale della Sorveglianza Sismica e Vulcanica in Sicilia" (Accordo di Programma Quadro con la Regione Siciliana del 7/11/2003). Le attività hanno previsto il mantenimento e l'aggiornamento delle stazioni esistenti e l'installazione di nuove stazioni automatiche permanenti per la misura dei seguenti parametri:

- flussi di CO₂ e gradienti di temperatura nei suoli;
- parametri chimico-fisici delle acque;
- pressione totale di gas disciolto nelle acque;
- chimismo del plume.

Le nuove stazioni installate e le parti di ricambio sono state sviluppate e realizzate nei laboratori della Sezione.

Le aree vulcaniche monitorate dalla Sezione di Palermo sono: Etna, Stromboli, Vulcano, Vesuvio, Campi Flegrei, Ischia, Pantelleria e Panarea con frequenze di intervento differenti, adeguate al livello di attività di ciascuna area. I dati acquisiti attraverso il monitoraggio periodico e continuo sono stati utilizzati per sviluppare modelli geochimici in grado di descrivere la circolazione dei fluidi nei differenti sistemi vulcanici e per le valutazioni di pericolosità vulcanica.

3.1. Strumentazione disponibile

Le strumentazioni riportate nella tabella seguente sono state utilizzate per la realizzazione di varie componenti delle reti di monitoraggio e per l'analisi della composizione chimica ed isotopica dei campioni di fluidi naturali (acque e gas) rilasciati in tutte le aree precedentemente indicate; tali strumentazioni, pertanto, non verranno riportate nelle schede successive, relative alle singole aree vulcaniche monitorate.

| | |
|---------------------------|--|
| <p><i>Meccanica</i></p> | <p>Il laboratorio di meccanica è una struttura fondamentale per il supporto alla sorveglianza vulcanica e sismica. Le attività di ricerca e sorveglianza svolte in queste aree, infatti, richiedono la risoluzione di innumerevoli problemi di carattere tecnico-pratico e la realizzazione di prototipi di strumenti di misura in grado di lavorare in ambienti chimicamente aggressivi. Il personale del laboratorio si occupa della progettazione e della realizzazione di componenti meccaniche e di strumenti portatili per il campionamento e le analisi <i>in situ</i> di gas ed acque e per la misura dei flussi di massa e di energia. Inoltre, realizza sistemi e linee di purificazione ad ultra alto vuoto impiegate nel campo delle analisi isotopiche. Le principali strumentazioni di cui il laboratorio dispone sono:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fresatrice verticale ITAMA FV 20 VS • Tornio parallelo automatico Commodor AC Weiler • Segatrice a nastro x metalli MEP Shark 260 • Segatrice a disco da tavolo per legno • Tranciatrice ad angolo variabile IMAC tipo VA 200/6 • Cesovia Oleodinamica per lamiera tipo Omag serie CM • Pressa-Piegatrice per lamiera tipo Femas serie PI da 100 ton. • Levigatrice a disco e nastro Marpol tipo 343 • Affilatrice x utensili doppia tipo 114 Aceti Macchine • Affilatrice utensili tipo Cuoghi Ape 40 • Molatrice doppia disco/spazzola metallica • Sabbiatrice industriale Lampugnani tipo LC/S • Gruppo di saldatura ossiacetilenica dotato di carrello porta bombole • Saldatrice ad atmosfera controllata per saldatura TIG tipo Cebora Ac/Dc 1835-M • Posizionatore a tavola modello SPS marca AUTOMA • Saldatrice Filo continuo mig/mag tipo Selco Genesis 352 • Puntatrice per saldatura a resistenza tipo Telwin Digital Modular 230 • Trapano a colonna Seer Mac tipo Rag 20-22 • Trapano radiale tipo IT 40-900S Gianni Bonza • Compressore aria Ceccato CSA 10 bar • Rotolatrice motorizzata Hillus 286 mot <p>Il laboratorio, inoltre, dispone di una serie di elettroutensili portatili (trapani, smerigliatrici, saldatrice, roditrice, etc.)</p> |
| <p><i>Elettronica</i></p> | <p>Il laboratorio di elettronica è una struttura essenziale per le attività svolte dalla Sezione di Palermo nell'ambito della sorveglianza vulcanica e sismica. Gran parte delle componenti elettroniche delle stazioni permanenti per il monitoraggio continuo dei parametri geochimici vengono sviluppate e realizzate nei laboratori della Sezione. Ciò, negli anni, ha consentito acquisire un know-how ragguardevole attraverso cui oggi è possibile: i) sviluppare strumentazioni non reperibili in commercio e/o modificarle in modo da renderle funzionali in ambienti chimicamente aggressivi ed inaccessibili; ii) risolvere malfunzionamenti delle reti in tempi rapidi; iii) abbattere in modo sensibile i costi di mantenimento.</p> <p>Le principali attività svolte nel laboratorio di elettronica sono: a) manutenzione delle strumentazioni impiegate nelle reti di monitoraggio e nei laboratori analitici della Sezione; b) progettazione, realizzazione e sviluppo delle componenti elettroniche presenti nelle stazioni di monitoraggio e di sensori per la misura di parametri geochimici; d) installazione delle stazioni di monitoraggio. Il laboratorio di elettronica dispone di numerosi strumenti per la misura di grandezze elettriche e macchine per la realizzazione ed assemblaggio delle schede elettroniche basate su tecnologia SMD.</p> <p>Di seguito vengono riportate le principali strumentazioni disponibili:</p> <ul style="list-style-type: none"> - N. 3 oscilloscopi LeCroy WS 422; - N. 4 alimentatori da laboratorio TTI QL355T; - N. 1 generatore di forme d'onda programmabile TTI TGA 1241; - N. 1 generatore di forme d'onda Dagatron 8220; - N. 2 multimetri programmabili Protek 4100; - N. 2 calibratori Escort 2000; - N. 4 stazioni saldanti Weller da banco; - N. 2 schede di acquisizione per notebook NiDaq3600; - N. 1 stazione montaggio smd pick & place, essemtec CSM Pantera; - N. 1 forno per saldatura automatica smd, essemtec RO-06 plus; - N. 1 macchina serigrafica uniprint i-tronik. - N. 1 Calibratore del punto di rugiada – Portable dew point generator LI-COR LI 610 |

| | | |
|--|---|--|
| <i>Laboratori analitici</i> | I Laboratori Analitici della Sezione di Palermo sono stati sviluppati negli anni sotto lo stimolo delle attività di sorveglianza e ricerca parallelamente al progresso del settore strumentale e vantano ormai una consolidata esperienza scientifica e tecnologica. I laboratori supportano tutte le attività di sorveglianza e ricerca della Sezione e, grazie all'esperienza ed alle competenze maturate, rappresentano il riferimento nazionale per il supporto analitico alle altre Sezioni dell'INGV impegnate in attività di monitoraggio e ricerca nell'ambito della geochimica dei fluidi. Le specifiche esigenze di ricerca e di nuove tecniche analitiche hanno portato allo sviluppo tecnologico dei laboratori stimolando la messa a punto di nuove metodologie di misura e/o la realizzazione di nuove strumentazioni "ad hoc". | |
| <i>Chimica delle acque</i> | <i>Cromatografia liquida</i> | N. 2 - DIONEX DX 120 - Determinazione quantitativa dei cationi nei campioni di acque. |
| | | METROHM 761 COMPACT IC - METROHM 766 IC SAMPLE PROCESSOR - Determinazione del contenuto anionico delle acque naturali, dei fluidi fumarolici (ampolle alcaline) e derivati dal desorbimento di trappole alcaline. |
| | | Spettrofotometro SHIMADZU UV – 1601 - Determinazione quantitativa di boro ed ammoniaca in acque e condensati fumarolici |
| | <i>ICP-MS</i> | AGILENT 7500ce con sistema ORS (Octapole Reaction System) - Determinazione quantitativa di elementi in tracce in liquidi e solidi. |
| <i>ICP - Ottico</i> | Horiba Jobin – Yvon ultima 2 – Determinazione quantitativa di elementi in tracce in liquidi e solidi in matrici saline. | |
| <i>Chimica dei Gas</i> | <i>Gas-cromatografia</i> | N°1 - PERKIN ELMER Clarus 500 dotato di colonna 60/80 Carboxen 1000, detector TCD, metanizzatore e FID disposti in serie - Determinazione quantitativa di He, H ₂ , O ₂ , N ₂ , CO, CH ₄ , CO ₂ in gas liberi, gas disciolti in acqua o gas arricchiti in ampolle alcaline. |
| | | N°2 - PERKIN ELMER XL Autosystem dotati di colonna 60/80 Carboxen 1000 e colonna RT MoSieve 5A, entrambi con detector TCD, metanizzatore e FID disposti in serie - Determinazione quantitativa di He, H ₂ , O ₂ , N ₂ , CO, CH ₄ , CO ₂ e di Ar, H ₂ , O ₂ , N ₂ , CO, CH ₄ in gas liberi, gas disciolti in acqua o gas arricchiti in ampolle alcaline. |
| <i>Isotopi delle acque e dei gas</i> | <i>Isotopi Stabili</i> | GV 2003 con modulo automatico di preparazione GILSON XL222 e CARB PREP SYSTEM. Determinazioni: - δ ¹⁸ O (H ₂ O)- δ ¹³ C _(TDIC) (Total Dissolved Inorganic Carbon) - δ ¹³ C e δ ¹⁸ O in carbonati solidi |
| | | FINNIGAN DELTA PLUS con Dual Inlet System – Multiport – Micro volume. Determinazioni:- δ ¹³ C e δ ¹⁸ O della CO ₂ in campioni gassosi |
| | | FINNIGAN DELTA PLUS XP con ConFlo III + TC/EA - GC/C III – Trace GC – GC/TC – PreCon Determinazioni: δD - δ ¹⁸ O (H ₂ O) - δ ¹³ C - δ ¹⁸ O (CO ₂) in campioni gassosi - δ ¹³ C - δD (CH ₄) in campioni gassosi- δ ¹⁵ N (N ₂) in campioni gassosi |
| | | FINNIGAN DELTA PLUS XP con ConFlo III + TC/EA Determinazioni: - δD - δ ¹⁸ O (H ₂ O) |
| | <i>Isotopi dei gas Nobili</i> | HELIX SFT - spettrometro di massa a magnete variabile in condizioni di vuoto statico dotato di uno doppio "flight tube" per la determinazione dei rapporti isotopici ³ He/ ⁴ He. |
| | | ARGUS - spettrometro di massa a magnete variabile che lavora in condizioni di vuoto statico, realizzato per l'analisi isotopica delle masse dell'Argon. |
| HELIX MCT – Multicollector tube - spettrometro di massa a magnete variabile che lavora in condizioni di vuoto statico, realizzato per l'analisi isotopica di Ne, Ar, Kr, Xe. | | |
| <i>Laser Ablation</i> | <i>Laser ad eccimeri</i> | COHERENT Geolas COMPex Pro 100 excimer laser device Laser wavelength 193 nm |
| | <i>ICP-MS</i> | AGILENT 7500ce con sistema ORS (Octapole Reaction System) - Determinazione quantitativa di elementi in tracce nelle melt inclusions. |
| <i>Spettroscopia</i> | <i>Misure di SO₂ nei plumes vulcanici</i> | Mini DOAS |
| | | - Active DOAS della Oceanoptics - Camera UV sperimentale per la determinazione dei tenori di SO ₂ in atmosfera |

3.2 Etna

3.2.2. Reti per il monitoraggio continuo dei parametri geochimici

Lo schema che segue riassume le reti gestite dalla Sezione di Palermo (30 stazioni) per il monitoraggio continuo dei parametri geochimici.

| Rete | Parametri monitorati | Località |
|------------------|---|--|
| ETNAGAS | Flusso di CO ₂ emesso dai suoli e parametri meteorologici (T _{atm} , P _{atm} , umidità dell'aria, direzione e velocità del vento) in 19 siti con trasmissione dati su rete GSM | P39, SML1, SML2, Albano1, Maletto, MSM1, Roccacampana2, Primoti, SV1, P78, Parcoetna, N1, N2, Agro, Ripenaca, 3c, Brunek, Fondachello, PassoP. |
| ETNAACQUE | Principali parametri chimico-fisici delle acque di falda (pH, conducibilità elettrica, temperatura, livello freatico) e parametri meteorologici (T _{atm} , P _{atm} , umidità dell'aria, direzione e velocità del vento) in 6 siti con trasmissione dati su rete GSM | Difesa, Ciapparazzo, Valcorrente, Ponteferro, Cherubino, Roccacampana 3, P31, Primotiw. |
| ETNAPLUME | Tre stazioni per la misura del rapporto C/S nei gas del plume | Voragine, NEC, BNC |

3.2.3. Dati raccolti e modalità di immagazzinamento e divulgazione

In quest'area sono state effettuate campagne mensili e bisettimanali di campionamento dei fluidi naturali (acque e gas). I parametri chimico-fisici delle acque (Temperatura, pH, conducibilità elettrica, livello freatico, flusso) sono stati misurati in situ, mentre la composizione chimica (elementi maggiori, alcuni elementi minori ed in tracce) ed isotopica (Deuterio, Ossigeno, TDC) dei campioni è stata effettuata mediante analisi di laboratorio. Sui campioni di gas dai suoli è stata determinata la concentrazione chimica (H₂, O₂, N₂, CO, CH₄, CO₂, H₂O) ed isotopica (Elio, Carbonio). Sono stati anche campionati ed analizzati i gas emessi da alcune fumarole di alta temperatura, prossime ai crateri sommitali, allo scopo di ottenere maggiori informazioni sulle dinamiche di degassamento delle porzioni più superficiali dei condotti di alimentazione magmatica. Le reti di monitoraggio automatico per la misura dei flussi di CO₂ diffusa dai suoli (Rete ETNAGAS), dei principali parametri chimico-fisici delle acque (Rete ETNAACQUE) e dei rapporti fra gas acidi nel plume vulcanico (rapporto CO₂/SO₂) sono state mantenute in efficienza.

Le attività svolte sono sinteticamente elencate nello schema seguente:

- Determinazione della composizione chimica ed isotopica delle acque e dei gas disciolti nella falda attraverso campionamenti effettuati con frequenza mensile su 12 siti (pozzo Monte Ilice, galleria S. Giacomo, galleria Ponteferro, pozzo Guardia, fontana del Cherubino, pozzo Currune, pozzo Acqua Difesa, sorgente Acquarossa, sorgente Acqua Grassa, sorgente Romito, pozzo Solicchiata, galleria Rocca Campana);
- Prospezioni mensili per la stima del flusso diffuso di CO₂ dai suoli in 3 settori dell'edificio etneo (Paternò, Zafferana-S. Venerina e Pernicana - per un totale di oltre 140 siti di misura);
- Determinazione della composizione chimica ed isotopica dei gas emessi in aree periferiche e sommitali del vulcano (10 punti di campionamento - P39, Vallone Salato, Stadio, Naftia, Fondachello, Torre del Filosofo, Belvedere della Valle del Bove, P78 e Primoti - frequenza da settimanale a mensile);

- Analisi dei rapporti CO_2/SO_2 nei gas del plume emessi dai crateri dell'Etna misurati periodicamente attraverso misure a cadenza quindicinale/mensile (in relazione alle condizioni meteo);
- Monitoraggio continuo del flusso diffuso di CO_2 emesso dai suoli e dei parametri meteorologici attraverso 19 stazioni automatiche di misura;
- Monitoraggio continuo dei parametri chimico-fisici delle acque di falda mediante 8 stazioni di misura automatica;
- Monitoraggio continuo del rapporto CO_2/SO_2 nei gas del plume emessi dal cratere Voragine attraverso 3 stazioni sperimentali (Voragine, NEC).

I dati acquisiti sono stati inseriti in appositi database consultabili dal personale della Sezione in modo protetto. Alcune serie temporali sono state rese disponibili in real-time o near-real-time al Dipartimento della Protezione Civile attraverso un sito WEB ad accesso riservato (eriador.pa.ingv.it). Inoltre, i dati sono stati resi pubblici attraverso relazioni e bollettini periodici mensili ad uso dei Dipartimenti di Protezione Civile Nazionale e Regionale (Sicilia) e pubblicati su riviste specializzate nazionali ed internazionali.

3.2.4. Sintesi delle osservazioni

Le attività di monitoraggio sono state svolte in accordo ai programmi di sorveglianza previsti per l'anno 2010. Per alcune delle attività la frequenza degli interventi è stata incrementata, in particolare ad aprile, durante l'attività anomala registrata al "pit-crater", localizzato alla base orientale del cratere di sud-est.

Le indagini svolte nella prima parte dell'anno non hanno messo in evidenza anomalie ben definite soprattutto riguardo il flusso diffuso di CO_2 dai suoli, i gas del plume ed il chimismo delle falde. Le principali variazioni, rilevate nella seconda parte dell'anno, sono riconducibili a processi di ricarica magmatica che hanno interessato le porzioni profonde del sistema di alimentazione etneo (7-13 km sotto il livello del mare). Un trasferimento di fluidi nelle porzioni più superficiali del vulcano è stato riconosciuto nel secondo semestre attraverso il chimismo dei gas del plume.

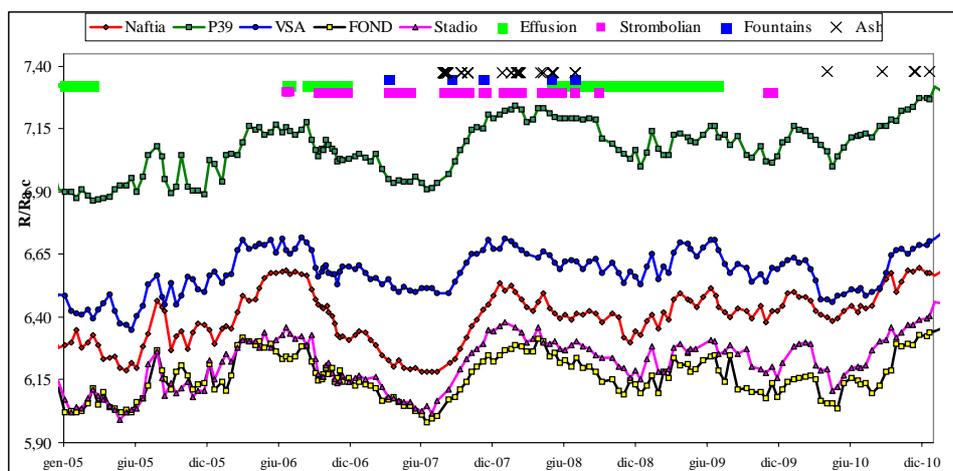


Fig. 3.2.4.1 – Variazioni temporali del rapporto isotopico dell'elio (espresso come R/Ra corretto dall'eventuale contaminazione atmosferica).

Le indagini isotopiche ($^3\text{He}/^4\text{He}$) sui gas emessi in aree periferiche dell'edificio etneo indicano che nel corso del 2009 il sistema magmatico ha gradualmente esaurito la precedente fase di ricarica pre- e sin-eruzione 2008-2009 (Fig. 3.2.4.1).

Nei primi mesi del 2010 si è registrato un breve e temporaneo incremento dei rapporti $^3\text{He}/^4\text{He}$, interpretabile come indizio di iniezione di magma poco degassato nelle porzioni più profonde del sistema di alimentazione (9-13 km sotto il livello del mare). Un nuovo incremento dei rapporti isotopici, indicativo di una nuova fase di ricarica magmatica e tuttora in atto, è stato rilevato nel mese di maggio c.a..

I flussi di CO_2 diffusi dal suolo misurati dalla Rete ETNAGAS hanno evidenziato un andamento moderatamente crescente durante la prima parte dell'anno, ben distribuito in tutti i settori dell'Etna, in particolare dopo lo sciame sismico che ha interessato la faglia della Pernicana il 2 aprile 2010 (fig. 3.2.4.2).

Durante il secondo semestre, si è mantenuto un trend in sostanziale aumento, ma con un ulteriore e più marcato incremento dei flussi tra la fine di agosto e l'inizio di settembre. In particolare gli aumenti hanno interessato alcune stazioni ubicate in aree del vulcano storicamente caratterizzate da importanti anomalie degassanti (P78, sita nel versante orientale, N1 sita in area periferica a Sud Ovest dell'Etna). L'andamento crescente dei flussi sembra suggerire che sia iniziata una nuova fase di alimentazione di un magma profondo e ricco in volatili.

Per quanto riguarda il monitoraggio periodico dei flussi di CO_2 diffusi dal suolo, non sono state registrate variazioni di rilievo nel primo semestre 2010, in tutti i versanti monitorati. Durante la seconda parte dell'anno, nell'area est del vulcano (Zafferana-S.Venerina e Pernicana), i flussi di CO_2 sono cresciuti, rientrando a dicembre su valori medi.

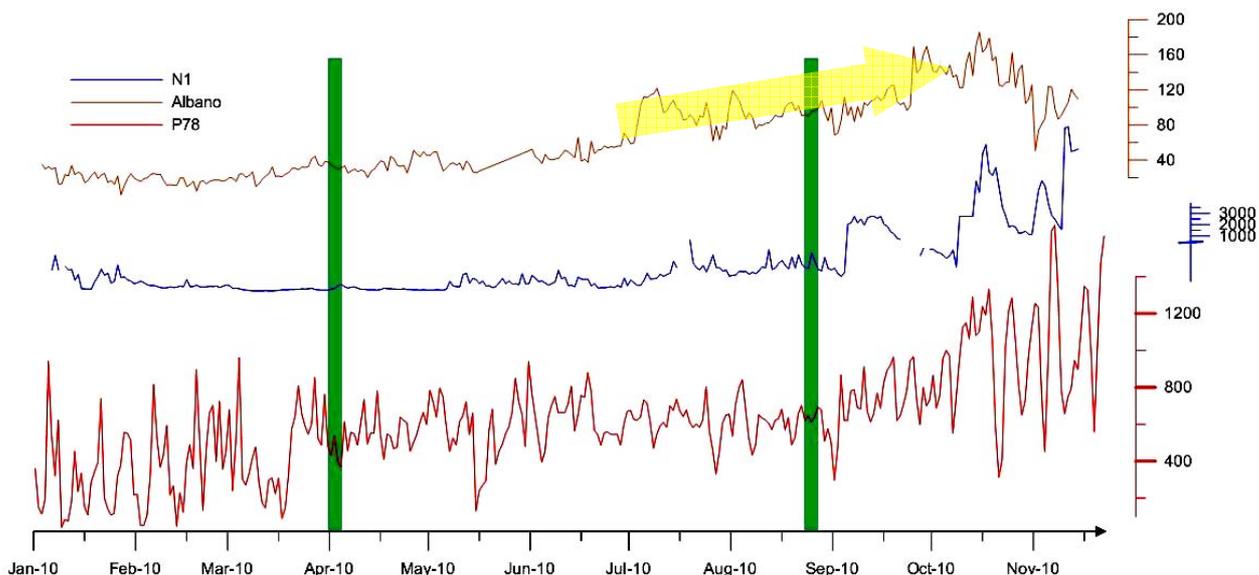


Fig. 3.2.4.2 - Andamento dei flussi di CO_2 ($\text{kg m}^{-2} \text{ day}^{-1}$) da 3 stazioni della Rete EtnaGas durante il 2010. La prima linea in verde indica l'accadimento dello sciame sismico del 2 aprile 2010 che ha interessato la faglia della Pernicana. La seconda linea verde indica l'esplosione del 25 agosto 2010 che ha interessato il cratere della Bocca Nuova.

Nel corso del 2010 il tenore di CO_2 nelle falde acquifere (Rete ETNAACQUE) si sono mantenuti su valori medio elevati seppur mostrando un trend verso valori mediamente più bassi. Lo stesso dicasi per i tenori di CO_2 disciolta nelle acque di Roccacampana (settore Pernicana). Condizioni meteorologiche estremamente avverse a inizio e fine anno 2010 non hanno permesso di effettuare misure del rapporto CO_2/SO_2 del plume dalle stazioni di monitoraggio site nei crateri sommitali. Dalle misure acquisite durante il periodo in osservazione è possibile evidenziare due importanti cicli di variazione del rapporto CO_2/SO_2 . Come si evince dal grafico di fig. 3.2.4.3, le misure del rapporto CO_2/SO_2 mostrano una fase di incremento (curva in blu) ad inizio maggio, i rapporti si mantengono elevati fino ai primi giorni di luglio, e successivamente diminuiscono sensibilmente mantenendosi bassi fino alla fine del mese. Le variazioni sopradette hanno interessato solo il cratere Bocca Nuova. Il cratere di Voragine (curva in rosso) non sembra essere stato interessato da questa fase di degassamento, avendo mantenuto per l'intero periodo d'osservazione valori del rapporto CO_2/SO_2 pressoché costanti e pari a circa 2. Nella seconda parte dell'anno, un secondo importante ciclo di degassamento interessa entrambi i crateri sommitali, mostrando valori elevati da ottobre a fine novembre. Nonostante la mancanza di misure nell'ultimo periodo dell'anno, è possibile dedurre un successivo andamento decrescente, infatti le prime misure del 2011 mostrano nuovamente valori di CO_2/SO_2 mediamente bassi. I cicli di variazione del rapporto CO_2/SO_2 misurati durante l'anno sono ascrivibili a due nuove fasi di trasferimento di fluidi magmatici, più primitivi e profondi, che anticipano gli eventi esplosivi che hanno interessato il cratere di Bocca Nuova (25 agosto e 22 dicembre, in verde in figura).

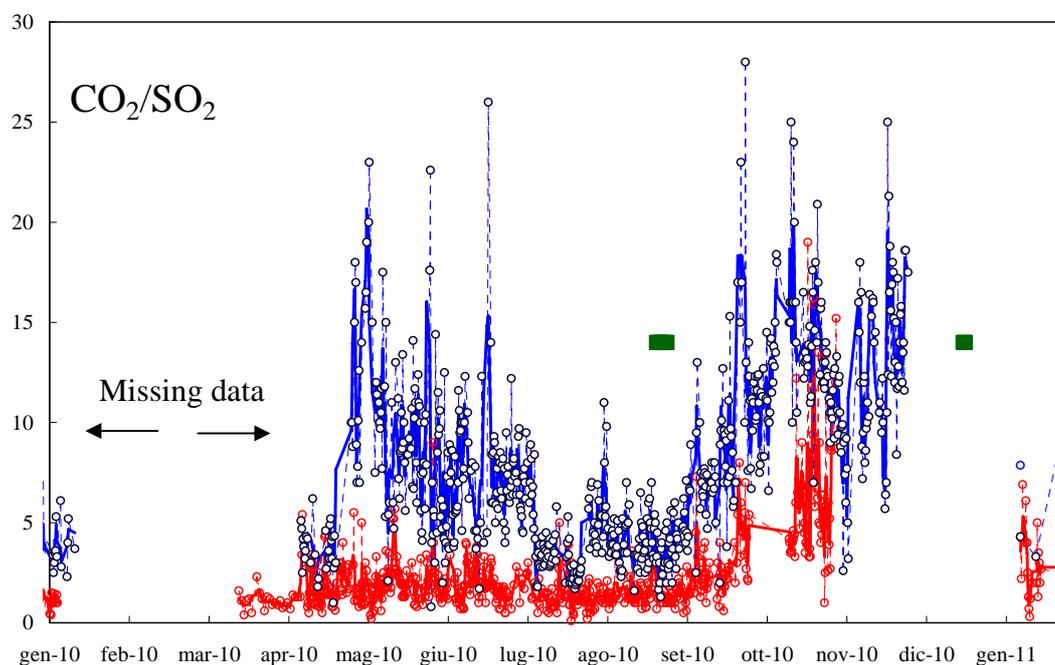


Fig. 3.2.4.3 - Andamento del rapporto di CO_2/SO_2 dalle stazioni di monitoraggio in continuo del plume dell'Etna. La linea in blu indica la media mobile dei valori acquisiti dalla Stazione BNC; la linea in rosso la media mobile dei valori acquisiti dalla Stazione VOR. In verde sono indicate le esplosioni del 25 agosto e del 22 dicembre al cratere Bocca Nuova.

3.3. Vulcano

3.2.1. Reti per il monitoraggio continuo dei parametri geochimici

Lo schema che segue riassume le reti gestite dalla Sezione di Palermo (15 stazioni multiparametriche miste) per il monitoraggio continuo dei parametri geochimici sull'Isola di Vulcano.

| Rete | Parametri monitorati | Località |
|---------------------|--|--|
| VULCANOGAS | Flusso di CO ₂ emesso dai suoli in 11 siti con trasmissione dati. La maggior parte delle stazioni dispone anche di sensori per il monitoraggio dei parametri meteorologici. | P3, P4MAX, Rimessa, Faraglione, P4, Enel, Campo, Bambara, Bordo Sud, C. Sicilia, Discarica |
| VULCANOFUM | Temperature fumaroliche in tre siti dell'area craterica. Flusso di calore rilasciato dal suolo, all'esterno dei campi fumarolici, attraverso misure di gradiente di temperatura, in 2 siti con registrazione dei dati ed 1 sito con trasmissione dati. | Stazione Spiaggia, VULCRA1 e VULCRA2; Flusso calore: MN e Bordo Sud |
| VULCANOACQUE | Principali parametri chimico-fisici della falda (TDGP, conducibilità elettrica, temperatura, livello freatico) in quattro pozzi, con trasmissione dati. Le stazioni dispongono di sensori per la misura dei principali parametri meteorologici. | Le Calette, Bambara, C. Sicilia, Discarica |

3.3.2 Dati raccolti e modalità di immagazzinamento e divulgazione

Sull'isola di Vulcano sono state svolte indagini mensili e bimestrali per la misura dei parametri chimico-fisici, della composizione chimica ed isotopica delle acque di falda e dei fluidi fumarolici, e per la stima del flusso diffuso di CO₂ alla base del cratere La Fossa.

Le attività svolte sono sinteticamente elencate nello schema seguente:

- Determinazioni del chimismo e della composizione isotopica delle acque e dei gas disciolti nella falda attraverso prospezioni effettuate con frequenza bimestrale in 7 siti di campionamento: Bambara, Casamento, Camping Sicilia, Muscarà, Discarica, Eas, Lentia; nei siti sono stati anche misurati i principali parametri chimico fisici: temperatura, pH, Eh, conducibilità elettrica e livello freatico;
- Misura discreta del flusso diffuso di CO₂ dai suoli nell'area di Vulcano Porto (misure effettuate con cadenza bimestrale di oltre 50 punti di misura distribuiti su un'area di circa 2.2 Km²);
- Determinazioni del chimismo e della composizione isotopica dei gas di alta temperatura del campo fumarolico del cratere La Fossa (campionamenti bimestrali delle fumarole F0, FA, F5AT, F11);
- Monitoraggio continuo del flusso diffuso di CO₂ emesso dai suoli e dei parametri meteorologici in 10 siti, mediante stazioni automatiche di misura;
- Monitoraggio continuo dei parametri chimico-fisici delle acque di falda e della pressione totale di gas disciolto nelle acque (TDGP) in 4 siti, mediante stazioni di misura automatica;
- Monitoraggio continuo della temperatura fumarolica (F5, F5AT, FA, Spiaggia) e dei gradienti di temperatura in 5 siti con trasmissione dati.

I dati acquisiti sono inseriti in appositi database, utilizzati in sala di monitoraggio, consultabili dal personale della Sezione in modo protetto. Alcune serie temporali sono anche rese disponibili in real-time o near-real-time al Dipartimento di Protezione Civile attraverso un sito WEB ad accesso limitato (eriador.pa.ingv.it).

Inoltre, i dati sono resi pubblici attraverso relazioni e bollettini periodici mensili ad uso dei Dipartimenti di Protezione Civile Nazionale e Regionale (Sicilia) e pubblicati su riviste specializzate nazionali ed internazionali.

3.3.3. Sintesi delle osservazioni

La tipologia ed il calendario dei campionamenti svolti sull'isola di Vulcano sono stati condotti in accordo con quanto previsto dal programma di sorveglianza definito per quest'area vulcanica. In particolare, le attività di sorveglianza geochimica sono consistite nel monitoraggio delle emissioni di gas diffuso dai suoli (CO_2), delle emissioni fumaroliche site sul bordo e sulla parete interna del cratere La Fossa ed in prossimità del Porto di Levante, e della falda acquifera attraverso alcuni dei pozzi presenti all'interno ed in prossimità dell'abitato di Vulcano Porto.

Le reti per il monitoraggio automatico del flusso di CO_2 emesso dai suoli e dei principali parametri chimico-fisici delle acque di falda (reti Vulcanogas e Vulcanoacqua), installate nel corso del 2008, consentono l'acquisizione di dati geochimici sin dal 2009.

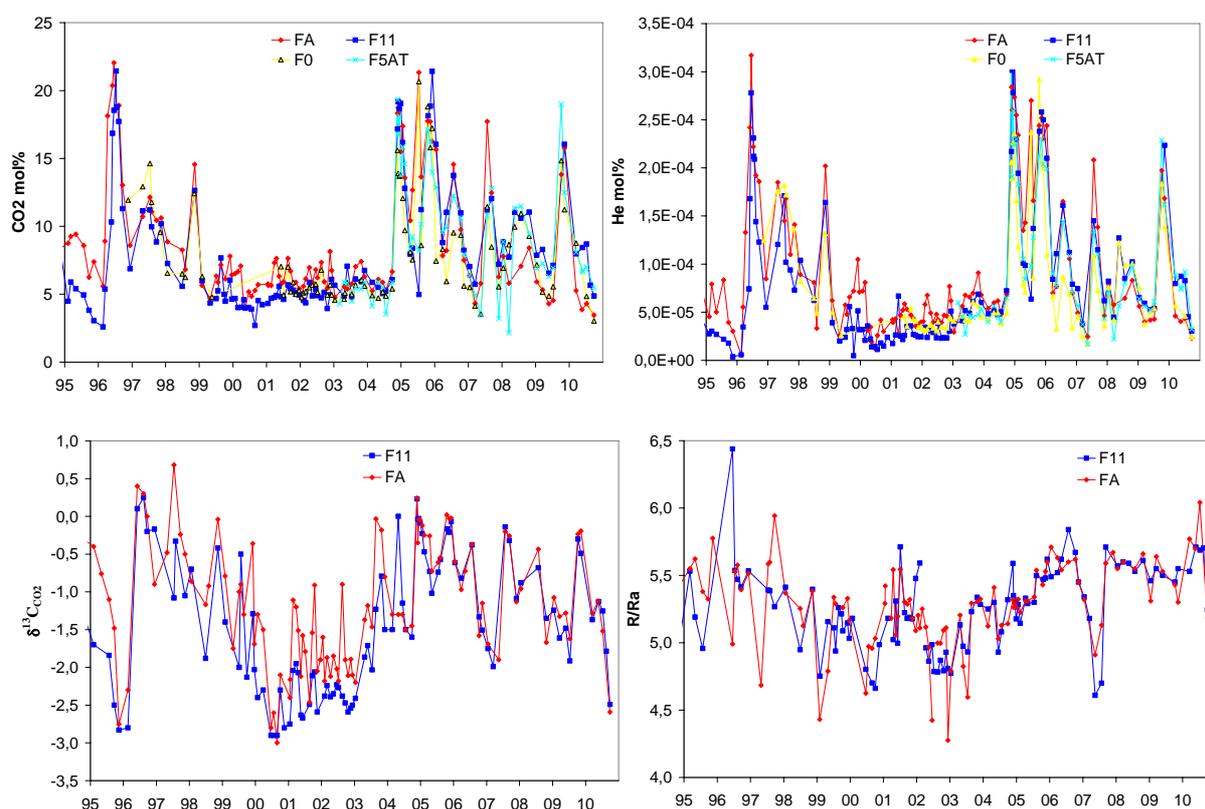


Fig. 3.3.3.1 – Andamento temporale delle delle concentrazioni di CO_2 ed He, e della composizione isotopica del carbonio ($\delta^{13}\text{C}$ vs PDB) ed elio (R/R_a , essendo R il rapporto $^3\text{He}/^4\text{He}$ del campione ed R_a il rapporto in atmosfera) nelle fumarole crateriche.

Relativamente all'area craterica, il 2010 è stato caratterizzato da un notevole decremento delle concentrazioni di specie magmatiche nelle fumarole (Fig.3.3.3.1). Tale abbassamento ha seguito il picco di concentrazione osservato alla fine del 2009, che aveva evidenziato un

incremento nell'apporto di fluidi magmatici in area craterica. Le variazioni osservate nel contenuto di specie magmatiche nei gas fumarolici (CO_2 , He, N_2) sono state accompagnate da una negativizzazione della composizione isotopica del carbonio (Fig.3.3.3.1) mentre i valori del rapporto isotopico dell'He (Fig.3.3.3.1) hanno mostrato un iniziale incremento, seguito da una generale diminuzione alla fine dell'anno. Sulla base delle conoscenze scientifiche acquisite sul sistema vulcanico della Fossa, tali variazioni vengono interpretate come una progressiva diminuzione nell'apporto di fluidi magmatici profondi che hanno alimentato il campo fumarolico.

Coerentemente, le temperature di emissione hanno presentato un andamento in diminuzione nei siti fumarolici posti sull'orlo del cratere ed sul fianco interno, ed una sostanziale costanza per quanto riguarda il sito ubicato esternamente all'area craterica (Fig.3.3.3.2). La stazione MN per la determinazione del flusso di calore superficiale dal suolo in area craterica ha fornito un valore medio di 100 W/m^2 giorno prevalentemente stazionario, ancorchè modulato dagli eventi piovosi. Un sensibile aumento è stato osservato a partire da metà giugno per tutto il periodo estivo, tuttavia le anomalie sono in parte rientrate durante la seconda metà dell'anno.

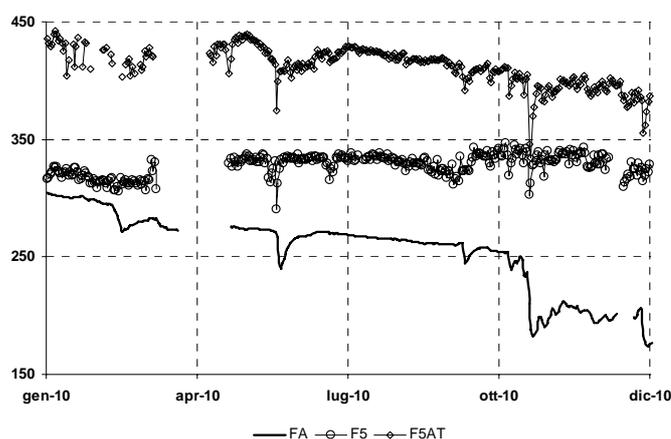


Fig. 3.3.3.2 – Temperature di emissione misurate dai sensori in continuo posti presso le fumarole F5AT (sull'orlo craterico), FA (sul fianco interno) ed F5 (all'esterno del cratere).

Relativamente alla falda si sono rilevate lievi variazioni in alcuni parametri chimico-fisici delle acque campionate (Figg 3.3.3.3). Le variazioni si sono osservate nella seconda metà del 2010 ed hanno riguardato lievi aumenti nei valori di temperatura, salinità e nel rapporto Cl/SO_4 dei pozzi di alta temperatura ubicati a ridosso dell'edificio vulcanico. Deboli aumenti della P_{CO_2} sono stati rilevati essenzialmente nelle acque dei pozzi più periferici rispetto all'edificio craterico. Queste anomalie, terminate negli ultimi mesi del 2010, sono state verosimilmente causate da un temporaneo aumento del contributo di fluidi di origine fumarolica alla falda. Non si può escludere che il maggior apporto di fluidi profondi alla falda termale sia legato a piccole variazioni di permeabilità indotte dall'evento sismico del 16 agosto 2010. Le altre variazioni osservate sono chiaramente riconducibili a fenomeni superficiali legati al ciclo idrologico.

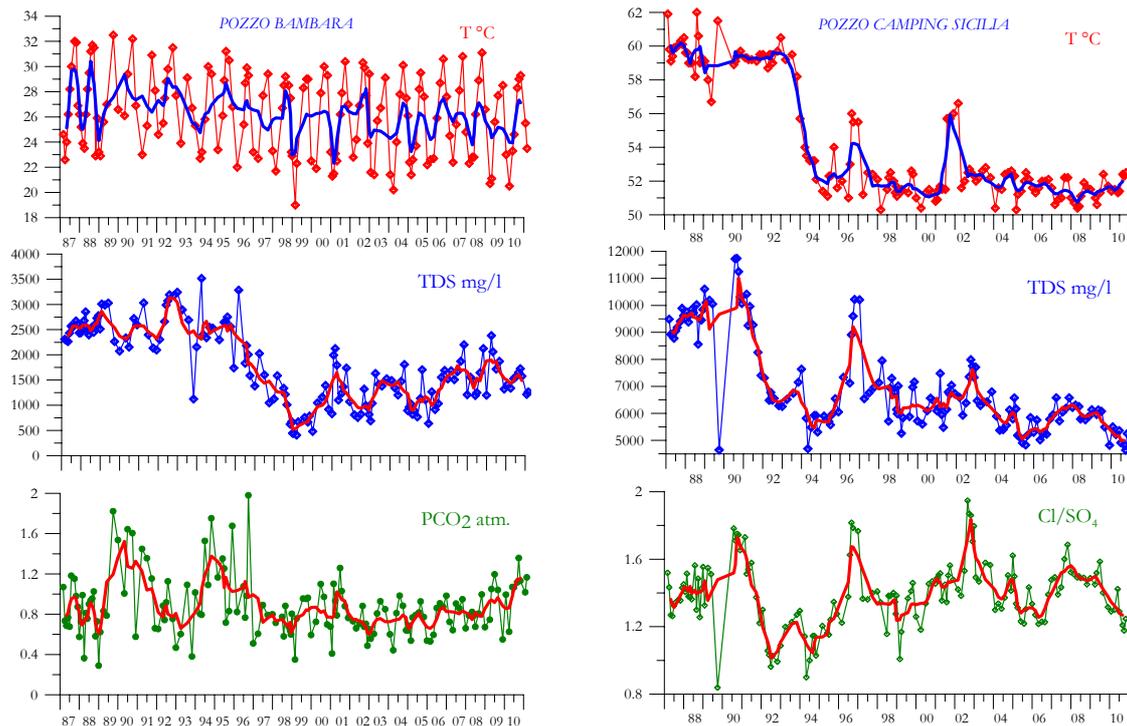


Fig. 3.3.3.3 – Andamento temporale di alcuni dei pozzi termali dell'area di Vulcano porto

I dati acquisiti dalle stazioni di monitoraggio continuo della rete *Vulcanogas* e *Vulcanoacque* non hanno mostrato variazioni significative sia riguardo le emissioni diffuse dai suoli di CO₂ che riguardo le caratteristiche chimico-fisiche delle acque di falda, confermando sostanzialmente bassi livelli di attività esalativa del sistema vulcanico. Anche le campagne periodiche per la misura diretta del flusso di CO₂ dai suoli hanno mostrato valori modesti di flusso, con valori particolarmente bassi (intorno a 35 g m⁻² d⁻¹) durante il periodo estivo (Fig 3.3.3.4).

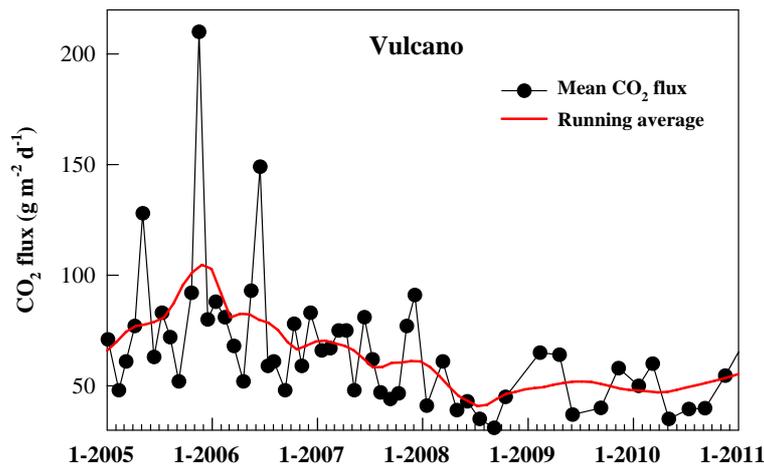


Fig. 3.3.3.4 – Andamento temporale del valore medio del flusso di CO₂ diffuso dai suoli nell'area di Vulcano Porto

In sintesi, le indagini geochimiche svolte in area craterica durante il 2010, hanno evidenziato un sensibile decremento del contributo di fluidi di origine magmatica ai gas fumarolici,

successivo all'episodio di degasamento anomalo osservato nella seconda metà del 2009. Tale apporto di origine profonda si è dunque esaurito entro pochi mesi ed ha indotto solo lievi variazioni nei parametri geochimici dei sistemi periferici di smaltimento di fluidi (acquiferi termali e degassamento dai suoli), suggerendo che l'entità del contributo magmatico è stata modesta in termini di massa ed energia. Alla fine dell'anno, tutti i sistemi di rilascio di fluidi monitorati mostrano valori bassi negli indicatori di degassamento, pertanto il livello di attività esalativa a Vulcano si può considerare molto modesto.

3.4. Stromboli

3.4.1. Reti per il monitoraggio continuo dei parametri geochimici

Lo schema che segue riassume le reti gestite dalla Sezione di Palermo (6 stazioni) per il monitoraggio continuo dei parametri geochimici sull'Isola di Stromboli.

| Parametri monitorati | Località |
|---|---|
| Flusso di CO ₂ emesso dai suoli in 3 siti con trasmissione dati. Le stazioni dispongono dei sensori per il monitoraggio dei parametri meteorologici: T _{atm} , P _{atm} , Umidità dell'aria, Direzione e Velocità del vento, Piovosità. | Pizzo sopra La Fossa, Pozzo Saibbo, Scari |
| Pressione parziale di CO ₂ nella falda, TDGP nello stesso sito con trasmissione dati. | Pozzo Saibbo |
| Rapporto CO ₂ /SO ₂ nei gas del plume, 2 siti con trasmissione dati. Le stazioni dispongono di sensori per la misura di Temperatura e pressione atmosferica. | Pizzo sopra la Fossa, Fortini |
| Flusso di calore rilasciato dal suolo, all'esterno dei campi fumarolici, con trasmissione dati. | Pizzo sopra la Fossa |

3.4.2. Dati raccolti e modalità di immagazzinamento e divulgazione

Le attività svolte durante il 2010 sull'isola di Stromboli sono consistite nel monitoraggio discreto delle acque di falda e dei gas in esse disciolti e nel monitoraggio continuo di alcuni parametri chimico-fisici delle acque termali, della temperatura al suolo in area sommitale e delle emissioni gassose nel plume e dai suoli.

Le strumentazioni per il monitoraggio automatico (reti per la misura del flusso di CO₂ emesso dai suoli, del rapporto CO₂/SO₂ nei gas del plume, della temperatura del suolo e dei gradienti di temperatura) sono state mantenute in efficienza.

Nel complesso, le attività di monitoraggio svolte possono essere così riepilogate:

- Determinazione del chimismo e della composizione isotopica delle acque e dei gas disciolti nella falda termale attraverso campionamenti effettuati con frequenza mensile. Al momento del prelievo, sono stati misurati i principali parametri chimico fisici: temperatura, pH, Eh, conducibilità elettrica;
- Monitoraggio continuo del rapporto CO₂/SO₂ e parametri meteo in 2 siti sul cratere del Pizzo con trasmissione dati;
- Monitoraggio continuo del flusso di CO₂ emesso dai suoli in 3 siti con trasmissione dati;
- Monitoraggio continuo del pH, conducibilità elettrica, temperatura, livello freatico, contenuti di CO₂ disciolta e TDGP in 1 pozzo termale con trasmissione dati.

I dati acquisiti sono stati inseriti in appositi database, utilizzati in sala di monitoraggio, consultabili dal personale della Sezione in modo protetto. Alcune serie temporali sono state rese disponibili in real-time o near-real-time al Dipartimento di Protezione Civile attraverso un sito WEB ad accesso limitato (eriador.pa.ingv.it).

I dati sono stati resi pubblici attraverso relazioni e bollettini periodici settimanali ad uso dei Dipartimenti di Protezione Civile Nazionale e Regionale (Sicilia), e pubblicati su riviste specializzate nazionali ed internazionali.

3.4.3. Sintesi delle osservazioni

Durante il 2010 lo Stromboli è stato caratterizzato prevalentemente da una attività esplosiva "ordinaria" ad eccezione dei primi giorni dell'anno e del periodo compreso tra maggio e luglio durante i quali è stata osservata una maggiore frequenza ed intensità della attività esplosiva. In particolare, tra il 4 ed il 10 gennaio, si sono verificate alcune esplosioni di intensità superiore alla media ed il 25 ed il 30 giugno 2010 sono stati registrati due eventi esplosivi di elevata energia. Gli ultimi mesi dell'anno, sono stati caratterizzati da due intense fasi di "spattering" rispettivamente il 20-23 ottobre ed il 12-13 dicembre.

Le fasi di elevata energia, ma soprattutto le due esplosioni maggiori di giugno sono state precedute da variazioni di particolare ampiezza in alcuni dei parametri geochimici monitorati.

Durante il primo semestre del 2010 (Fig. 3.4.3.1) la media giornaliera del rapporto CO_2/SO_2 del plume di Stromboli si è mantenuta intorno a valori di circa 6.5 tra i mesi di gennaio e marzo, successivamente i valori registrati diminuiscono portandosi su valori medi intorno a 3.5 fino alla fine di maggio. Dall'inizio di giugno si evidenzia un'inversione di tendenza con un rapido incremento del rapporto CO_2/SO_2 che si protrae fino alla fine del mese. Come mostrato dal grafico di Fig.3.4.3.1., alla fine del mese di giugno, i valori del rapporto CO_2/SO_2 sono compresi tra 20 e 29, di gran lunga al di sopra sia delle medie registrate nella prima parte dell'anno, sia dei valori tipici dell'attività ordinaria stromboliana. Come mostrato nei grafici, a queste importanti variazioni nel trend generale e nelle misure di picco del rapporto CO_2/SO_2 fanno seguito i due eventi esplosivi maggiori del 25 e del 30 giugno. Dal successivo mese di luglio, il trend del rapporto carbonio-zolfo appare nuovamente moderatamente decrescente. Nell'ultima parte dell'anno le misure mostrano una variabilità ampia in un range compreso tra 1 e 20 ed un valore medio di $\text{CO}_2/\text{SO}_2 \sim 6.6$ che contraddistingue la più consueta attività stromboliana del vulcano.

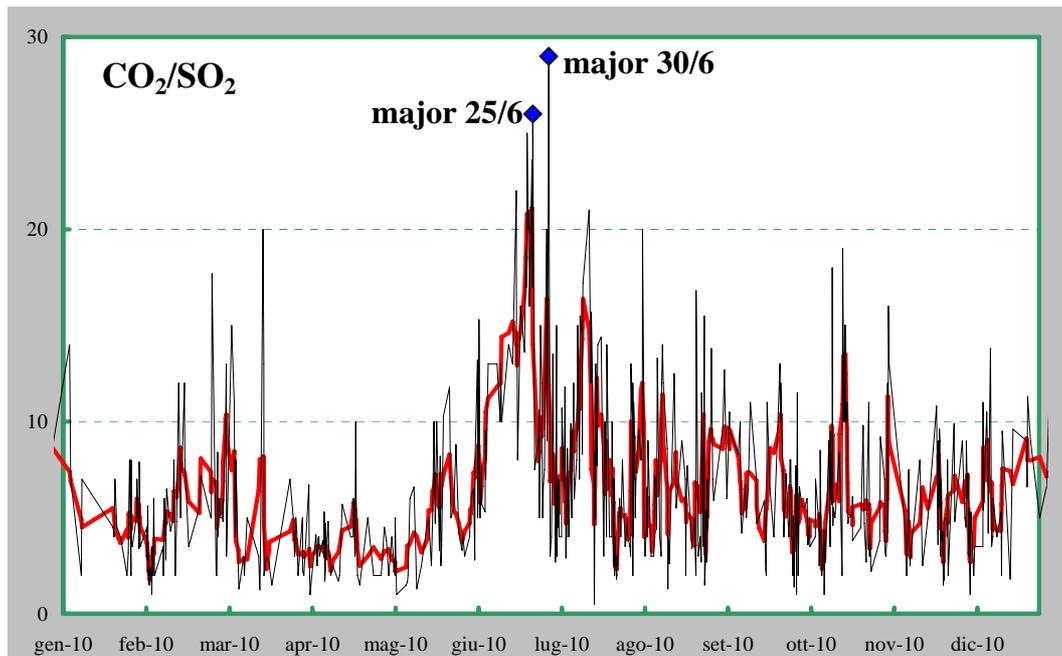


Fig. 3.4.3.1 –Variazioni del rapporto CO_2/SO_2 relative all'anno 2010. La linea in nero riporta i dati acquisiti dalle due stazioni di monitoraggio in continuo STRPIZZO e FORTINI. La linea rossa è la media mobile su 5 punti.

In area craterica, sono state osservate variazioni significative anche nel flusso di CO_2 emesso dai suoli. Il flusso di CO_2 misurato dalla stazione STR02 ha mostrato valori oscillanti fra 4000 e 7000 $\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$ nel primo semestre con un massimo relativo intorno a fine maggio. Infine, dopo un periodo di stabilità intorno a 4000 $\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$ che si è protratto fino ai primi giorni di settembre, è stato registrato un progressivo aumento dei flussi fino ad un massimo relativo di 6750 $\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$ il 16 ottobre 2010. Il periodo finale dell'anno è caratterizzato da un graduale trend in diminuzione dei flussi fino a circa 2000 $\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$.

Anche, la stazione sperimentale "multipizzo" ha mostrato, nel sito a basso flusso, un notevole incremento del flusso già a partire dagli ultimi mesi del 2009 e fino ai primi giorni di febbraio. Successivamente, il flusso di CO_2 si mantiene su livelli medio bassi (intorno ai 5000 $\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$) fino al mese di maggio, ove si registrano nuovamente valori elevati (superiori a 10000 $\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$). Un notevole incremento del flusso di CO_2 è stato osservato anche durante il mese di ottobre 2010.

Sulla base delle conoscenze fin qui acquisite, le variazioni osservate nel rapporto CO_2/SO_2 del plume e nel flusso di CO_2 dai suoli sono riconducibili ad incremento del contributo di gas magmatici rilasciati della porzione più profonda del sistema di degassamento che ha preceduto le fasi di maggiore intensità dell'attività esplosiva.

Le misure di temperatura all'interno delle fratture nel Vallonazzo (stazione VLZ), hanno evidenziato, già a partire dalla fine del 2009, un incremento dei valori che hanno raggiunto i 41 °C nel mese di aprile 2010 (Fig. 3.4.3.2). Tale anomalia è rientrata nei valori di background nel giro di 2 mesi. Infine, a partire da ottobre, è iniziato un altro trend in risalita che ha nuovamente portato le temperature al di sopra dei valori di background. L'altra stazione, posta al pizzo (stazione PFW), invece non ha evidenziato alcun trend significativo anche se si possono individuare due periodi (maggio-giugno e settembre-fine dicembre) caratterizzati da una irregolarità del segnale.

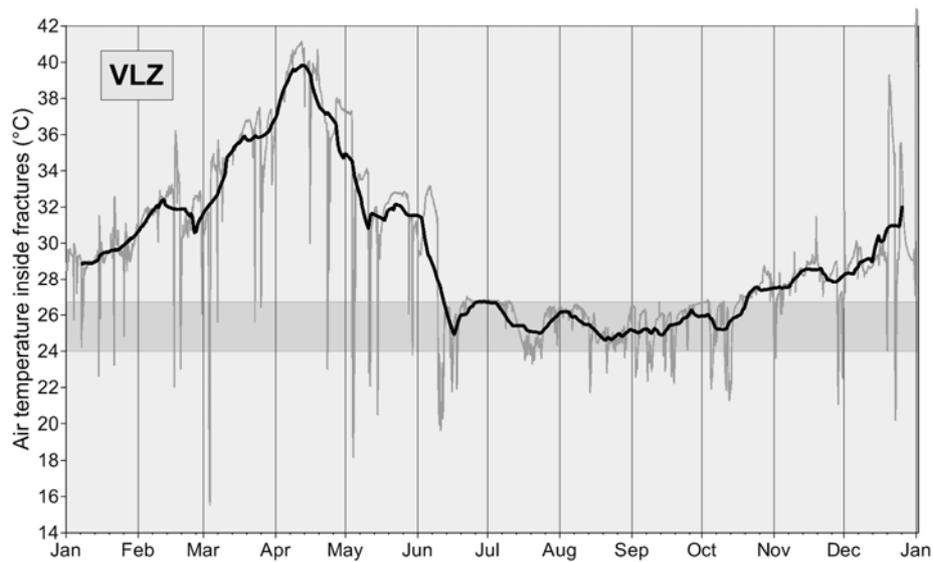


Fig. 3.4.3.2 – Andamento della temperatura delle fratture del Vallonazzo (in nero la media mobile giornaliera). La banda grigia rappresenta l'intervallo di variazione entro il quale si è mosso il segnale termico tra il 2007 ed il 2009.

Per quanto riguarda la falda termale, la pressione parziale di CO₂ disciolta nelle acque del Pozzo COA ha mostrato un progressivo incremento seguendo il trend in crescita iniziato dopo la fase effusiva del 2007. I valori di pressione totale di gas disciolto (TDGP) misurati dalla stazione STR1 posta nel pozzo termale SAIBBO, nel corso del 2010, si attestano su valori di circa 1040 mbar, che sono notevolmente inferiori rispetto a quelli misurati (1200 mbar) nei precedenti periodi di monitoraggio (marzo 2006 - novembre 2009). Gli altri parametri geochimici monitorati non hanno evidenziato variazioni di rilievo.

3.5. Vesuvio

3.5.1. Strumentazione disponibile

Lo schema che segue riassume i parametri geochimici che sono monitorati al Vesuvio dalla Sezione di Palermo.

| Parametri monitorati | Località |
|--|---------------|
| Flusso di calore rilasciato dal suolo, in quattro siti con registrazione dei dati in situ. | Bordo cratere |

3.5.2. Dati raccolti e modalità di immagazzinamento e divulgazione

L'attività di sorveglianza dell'acquifero del Vesuvio è stata condotta su 9 pozzi e 3 sorgenti ubicati sui fianchi dell'edificio vulcanico. Sui campioni di acque, prelevati con cadenza trimestrale, è stata effettuata l'analisi chimica dell'acqua (elementi maggiori) e dei gas disciolti (H_2 , O_2 , N_2 , CO , CH_4 , CO_2 , H_2O). Al momento del prelievo sono stati misurati i principali parametri chimico fisici: temperatura, pH, Eh, conducibilità elettrica.

Inoltre, sul bordo del cratere del Vesuvio, sono stati installati dei sensori per la misura della temperatura nel suolo, allo scopo di valutare eventuali modificazioni della distribuzione e dell'apporto di vapore nell'area craterica.

I dati acquisiti sono stati immagazzinati in appositi database e disponibili, in forma protetta, al personale della Sezione di Palermo e resi pubblici attraverso relazioni e/o pubblicati su riviste specializzate nazionali ed internazionali.

3.5.3. Sintesi delle osservazioni

L'attività di sorveglianza dell'acquifero del Vesuvio è stata condotta su 5 pozzi e 3 sorgenti localizzati, in gran parte, sul fianco sud-occidentale del vulcano, dove sono state identificate le zone di più intensa risalita di fluidi vulcanici e, in misura inferiore, sui fianchi settentrionale ed orientale in prossimità di strutture tettoniche attive. In particolare, i siti campionati si trovano in località Torre del Greco, Torre Annunziata, Boscotrecase, S. Giuseppe Vesuviano, S. Anastasia, Castellammare di Stabia. I siti selezionati per la sorveglianza trimestrale presentano caratteristiche peculiari e sono rappresentativi dell'eterogeneità geochimica dell'acquifero vesuviano. Si tratta di acque fredde o debolmente termali ($9 < T^{\circ}C < 24.5$), di salinità compresa tra 600 e 13000 mg/l e pH tra 5.9 e 8.0. Le acque campionate sul versante sud-occidentale sono caratterizzate da temperature e salinità più alte, da pH più acido e da contenuti di CO_2 disciolta compresi tra 50 e 1100 cc/l STP. Le acque del settore settentrionale sono più fredde, meno saline e caratterizzate da tenori significativamente inferiori in CO_2 disciolta (< 10 cc/l STP). In questa porzione dell'edificio vulcanico, l'unica evidenza di un contributo di gas vulcanici si evince dal rapporto isotopico dell'elio disciolto che, in alcuni siti, indica una chiara derivazione profonda.

I dati raccolti indicano che i trend osservati in falda sin dal 2003 si sono stabilizzati nel corso del biennio 2009-2010. In particolare, sia la temperatura, sia la salinità, sia il contenuto di carbonio disciolto confermano un ridotto contributo dei fluidi profondi rispetto al flusso idrico superficiale rispetto al periodo 2000-2003, nelle aree maggiormente interessate dalla risalita di gas vulcanici.

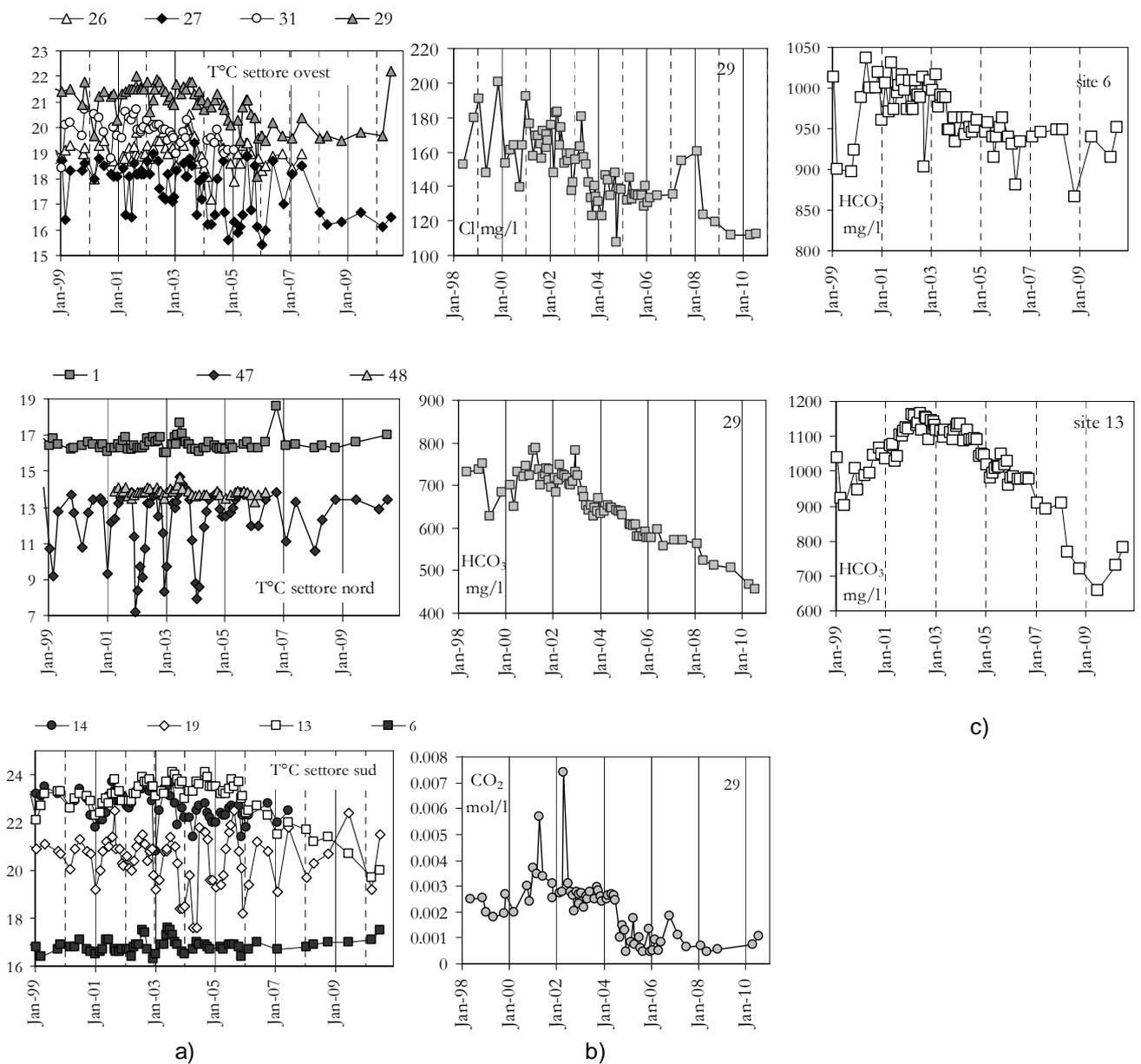


Fig. 3.5.3.1 - a) Variazioni temporali della temperatura nei siti analizzati ; b) Andamento temporale della concentrazione di Cl, HCO₃ e CO₂ disciolta nel sito 29, sul fianco occidentale del Vesuvio; c) variazione della concentrazione dello ione HCO₃ in due siti del settore meridionale.

La temperatura del suolo è misurata da una stazione ubicata sull'orlo craterico del Gran Cono, nel settore nord-orientale, La stazione acquisisce dati con frequenza oraria (media di 15 misure, 1 ogni 4 minuti) relativi alla temperatura del suolo a 10 e 30 cm di profondità ed alla temperatura dell'aria. Le misure acquisite durante il 2010 hanno mostrato un'anomalia termica di breve durata nel mese di gennaio, attribuibile ad un incremento temporaneo del flusso di vapore.

3.6. Campi Flegrei

3.6.1. Strumentazione disponibile

Non è prevista strumentazione fissa da parte della Sezione di Palermo.

3.6.2. Dati raccolti e modalità di immagazzinamento e divulgazione

Durante il 2010 la Sezione di Palermo ha effettuato due campagne di campionamento, delle fumarole Bocca Grande e Bocca Nuova. E' stata determinata la composizione chimica (He , H_2 , CO , CO_2 , N_2 , O_2) ed isotopica ($^3\text{He}/^4\text{He}$, $\delta^{13}\text{C}$) della fase gassosa ed anche la composizione isotopica ($\delta^{18}\text{O}$ e δD) del vapore fumarolico. I dati acquisiti sono stati immagazzinati in appositi database e disponibili, in forma protetta, al personale della Sezione di Palermo e resi pubblici attraverso relazioni.

3.6.3. Sintesi delle osservazioni

Durante il 2010, sono stati effettuati due campionamento dei fluidi emessi dalle due fumarole. I valori delle temperature delle fumarole non hanno mostrato variazioni significative rispetto alle precedenti misure, mantenendosi intorno a 160°C per la fumarola BG e 130°C per la fumarola BN. Anche la composizione chimica ed isotopica dei gas campionati si è mantenuta piuttosto costante. I rapporti isotopici dell'elio sono prossimi a 3.0Ra e la composizione isotopica del carbonio della CO_2 oscilla tra -1.7‰ e -1.4‰ rispettivamente a BN e BG.

Conseguentemente, la stima delle temperature del sistema vulcanico della Solfatara di Pozzuoli ricavata con i geotermometri in fase gassosa, non differisce dalle stime effettuate in precedenza, indicando valori tra 180 e 280°C (Fig. 3.6.3.1). Ciò indica il perdurare di prevalenti condizioni di stazionarietà del sistema magmatico profondo.

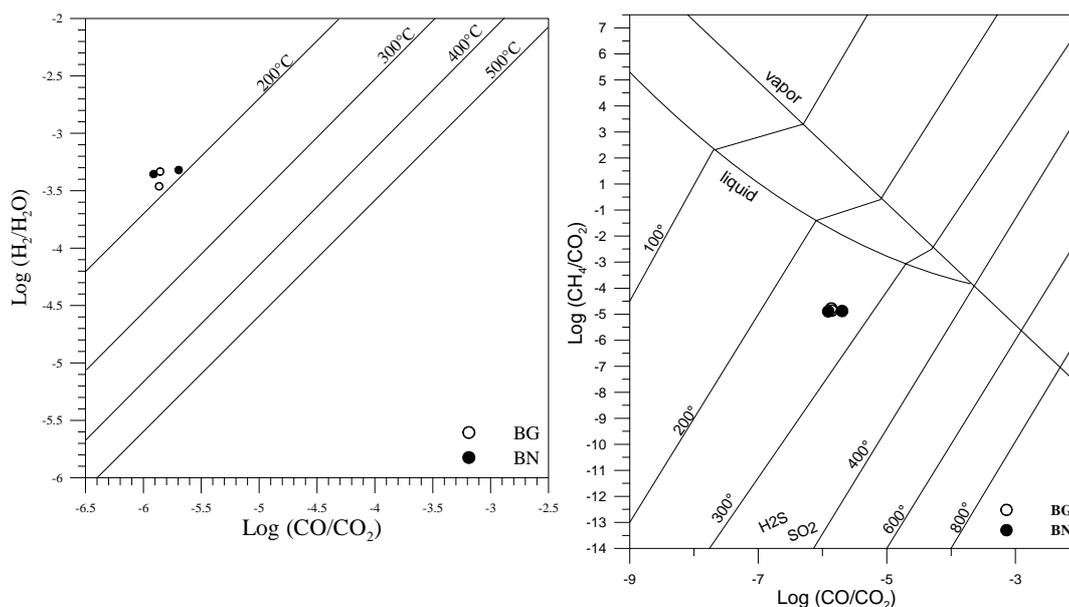


Fig. 3.6.3.1 – Geotermometri $\text{H}_2/\text{H}_2\text{O}$ vs. CO/CO_2 e CH_4/CO_2 vs. CO/CO_2

3.7. Ischia

3.7.1. Strumentazione disponibile

Non è prevista strumentazione fissa da parte della Sezione di Palermo.

3.7.2. Dati raccolti e modalità di immagazzinamento e divulgazione

Durante il primo semestre 2010 la Sezione di Palermo ha effettuato una campagna per il prelievo di campioni di acque termali da sorgenti e pozzi e di gas liberi.

Sui campioni di acque e gas sono state effettuate le seguenti analisi:

- determinazione della composizione chimica (elementi maggiori, alcuni minori e in tracce) ed isotopica (Deuterio e Ossigeno) delle acque e dei gas disciolti della falda attraverso prospezioni effettuate con frequenza semestrale (15 punti di campionamento). Al momento del prelievo sono stati misurati i principali parametri chimico fisici: temperatura, pH, Eh, conducibilità elettrica;
- determinazione della composizione chimica (H_2 , O_2 , N_2 , CO , CH_4 , CO_2 , H_2O) ed isotopica ($^3He/^4He$ e $\delta^{13}C_{CO_2}$) dei gas campionati in aree fumaroliche ed in aree a degassamento anomalo (3 punti di misura);
- prospezioni per la misura del flusso diffuso di CO_2 dai suoli.

I dati acquisiti sono stati immagazzinati in appositi database e disponibili, in forma protetta, al personale della Sezione di Palermo e resi pubblici attraverso relazioni.

3.7.3. Sintesi delle osservazioni

L'attività esalativa dell'isola è caratterizzata dalla presenza di numerose sorgenti termali e di fumarole. La composizione chimica e isotopica dei fluidi emessi è legata alle caratteristiche idrologiche e litologiche delle formazioni rocciose del reservoir. La quantità totale di CO_2 rilasciata dall'intera isola è stata stimata nell'ordine di 15 kg s^{-1} . Il principale contributo all'output totale viene dal degassamento diffuso dai suoli ($\sim 14.8 \text{ kg s}^{-1}$) seguito dalla CO_2 disciolta nelle falde ($\sim 0.3 \text{ kg s}^{-1}$), mentre il contributo di CO_2 dalle fumarole risulta trascurabile ($\sim 0.03 \text{ kg s}^{-1}$). Considerato lo stato quiescente dell'isola, il valore di output di CO_2 è relativamente alto. I valori più alti di flusso di CO_2 sono stati misurati principalmente nella zona orientale e meridionale dell'isola (Fig. 3.7.3.1) in corrispondenza di strutture tettoniche regionali e nelle aree con alta densità di centri eruttivi recenti. Studi geochimici sul sistema idrotermale suggeriscono la presenza di vari acquiferi sovrapposti, a volte interagenti tra loro, le cui acque rispecchiano un'origine mista meteorica e marina. Tali acque, interagendo con fluidi di origine magmatica e con le rocce, assumono caratteri peculiari che permettono di discriminare, oltre a quello marino e meteorico, tre distinti end-member "geotermali" che interagiscono con le falde in tre diversi settori dell'isola (Lacco Ameno, Panza-Serrara e Casamicciola in Fig. 3.7.3.1). L'interazione tra le falde e i fluidi vulcanici è inoltre confermata dalla composizione chimica ed isotopica dei gas disciolti. La fase gassosa, a CO_2 prevalente, ha una

composizione isotopica del C compresa tra 0 ‰ e -3.0 ‰, mentre la composizione isotopica dell'He, intorno a 3.5 Ra, ne conferma l'origine magmatica.

Sulla base dei dati acquisiti, si evince che dagli anni '80 ad oggi non ci sono state variazioni significative nella composizione chimica delle acque e dei gas legate all'attività vulcanica (Fig. 3.7.3.2). La stima della temperatura del reservoir profondo, ricavata da geotermometri in fase liquida e in fase gassosa, è caratterizzata da valori che sono molto vicini a quelli stimati negli anni precedenti, sottolineando che la condizione del sistema geotermico dell'isola è stabile. Inoltre, la costanza dei valori di composizione isotopica dell'He suggerisce che anche il sistema magmatico profondo non ha subito variazioni di rilievo.

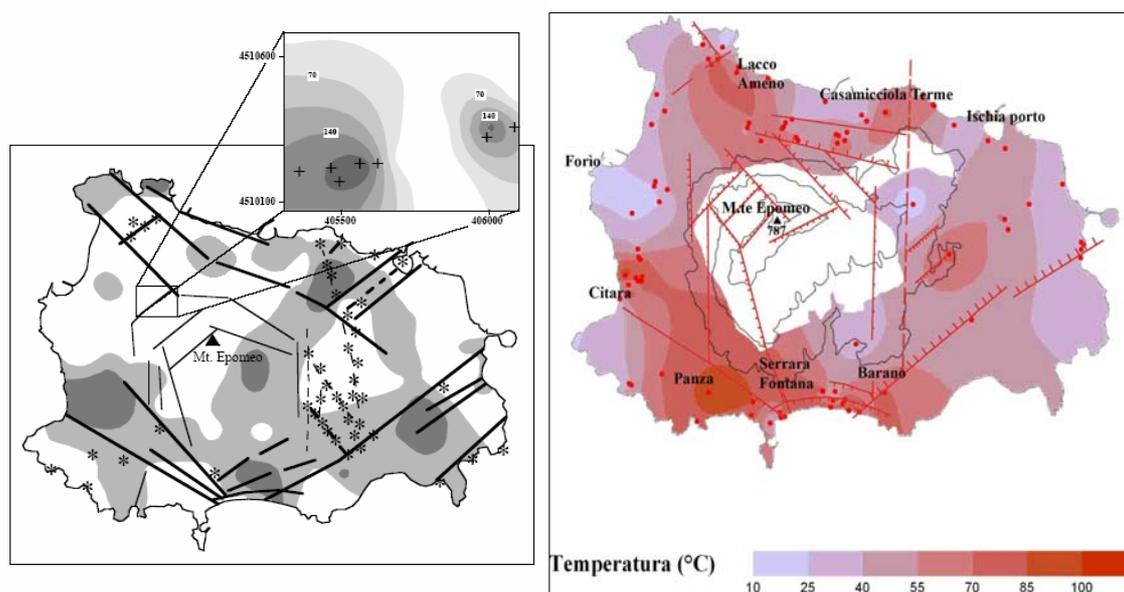


Fig. 3.7.3.1 – Sulla sinistra è riportata la distribuzione delle aree di degassamento anomalo di CO₂. Le aree in grigio chiaro indicano flussi maggiori di 18 g m⁻² d⁻¹, quelle in grigio scuro flussi maggiori di 70 g m⁻² d⁻¹; sulla mappa a destra la distribuzione delle temperature delle acque di falda

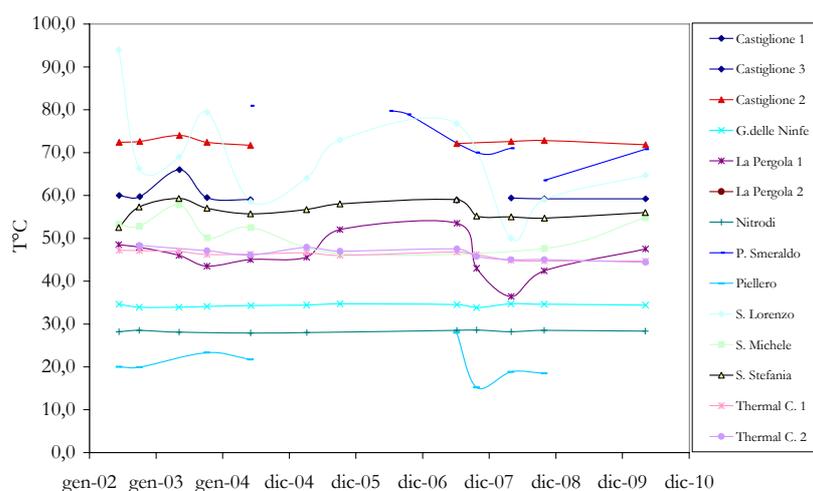


Fig. 3.7.3.2 – Variazioni temporali della temperatura delle acque campionate.

3.8. Pantelleria

3.8.1. Strumentazione disponibile

Lo schema che segue riassume i parametri geochimici che sono monitorati a Pantelleria dalla Sezione di Palermo.

| Parametri monitorati | Località |
|---|-------------------------|
| Una stazione per il monitoraggio del flusso di CO ₂ esalante dal suolo in forma diffusa, il gradiente di concentrazione di CO ₂ in aria ed i parametri meteorologici (T _{atm} , P _{atm} , Umidità dell'aria, Direzione e Velocità del Vento). | Lago Specchio di Venere |

3.8.2. Dati raccolti e modalità di immagazzinamento e divulgazione

La Sezione di Palermo ha effettuato nel 2010 una campagna per il campionamento di acque termali da sorgenti e pozzi, rappresentativi dei circuiti idrologici presenti nell'isola, e di gas liberi in aree a degassamento anomalo.

Sui campioni di acque e gas sono state effettuate le seguenti analisi:

- determinazione della composizione chimica (elementi maggiori, alcuni minori e in tracce) ed isotopica (Deuterio e Ossigeno) delle acque e dei gas disciolti della falda attraverso prospezioni effettuate con frequenza semestrale (15 punti di campionamento). Al momento del prelievo sono stati misurati i principali parametri chimico fisici: temperatura, pH, Eh, conducibilità elettrica;
- determinazione della composizione chimica (H₂, O₂, N₂, CO, CH₄, CO₂, H₂O) ed isotopica (³He/⁴He e δ¹³C_{CO2}) dei gas campionati in aree fumaroliche ed in aree a degassamento anomalo (3 punti di misura);
- Monitoraggio continuo presso il lago Specchio di Venere del flusso di CO₂ esalante dal suolo in forma diffusa, del gradiente di concentrazione di CO₂ in aria e dei parametri meteorologici (T_{atm}, P_{atm}, Umidità dell'aria, Direzione e Velocità del Vento).

I dati acquisiti sono stati immagazzinati in appositi database e disponibili, in forma protetta, al personale della Sezione di Palermo e resi pubblici attraverso relazioni.

3.8.3. Sintesi delle osservazioni

L'isola di Pantelleria è sede di un sistema geotermico ad acqua dominante con temperature, stimate con geotermometri sia in fase liquida che gassosa, comprese tra i 150 ed i 250 °C.

Le manifestazioni idrotermali sono numerose e localizzate soprattutto lungo la costa nella porzione centro-settentrionale dell'isola, mentre le fumarole sono concentrate nella parte meridionale dell'isola in prossimità di centri eruttivi e lungo le faglie attive. Altre emissioni gassose sono ubicate a Gadir e in prossimità del Lago di Venere sia come mofete che come gas gorgoglianti nelle acque del lago. Il campionamento effettuato durante il primo semestre del 2010 ha riguardato gas fumarolici, sorgenti e pozzi termali che meglio caratterizzano i circuiti idrologici dell'area in esame.

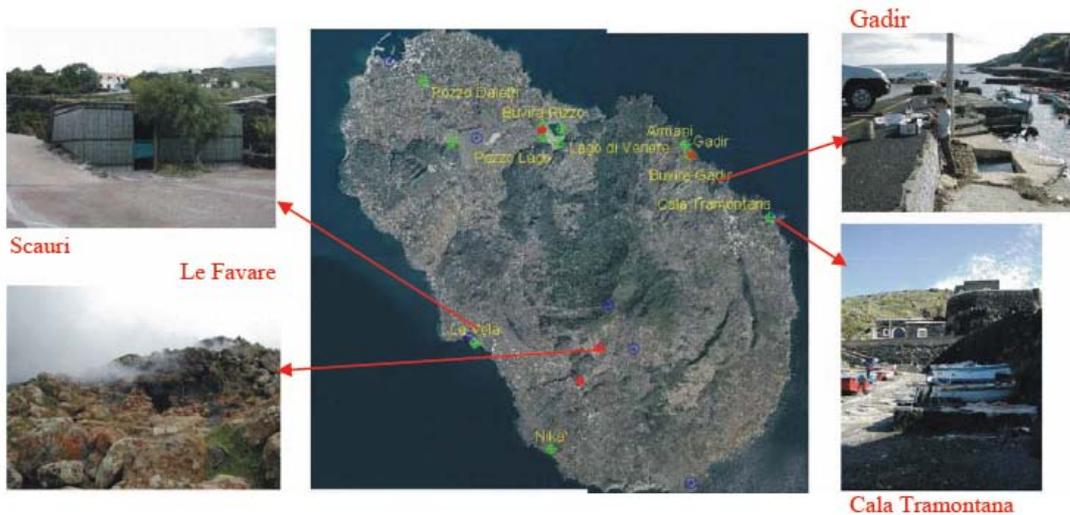


Fig. 3.8.3.1 – Mappa con l'ubicazione dei punti di campionamento. I circoletti verdi rappresentano i pozzi; i circoletti rossi i gas liberi.

Sulla base dei dati e delle osservazioni degli ultimi 10 anni, non si verificano variazioni significative né nel sistema di alimentazione idrotermale né nella composizione delle acque (Fig. 3.8.3.2). Anche per quanto concerne il chimismo e la composizione isotopica dei gas fumarolici di bassa temperatura delle Favare, è stata osservata una sostanziale stabilità composizionale.

Le variazioni registrate sono riferibili soltanto ad interazioni superficiali dovute principalmente ad ingresso di acqua marina e all'emungimento dei pozzi. Per il lago invece le variazioni sono dovute principalmente a variazioni nell'equilibrio tra apporti meteorici ed evaporazione.

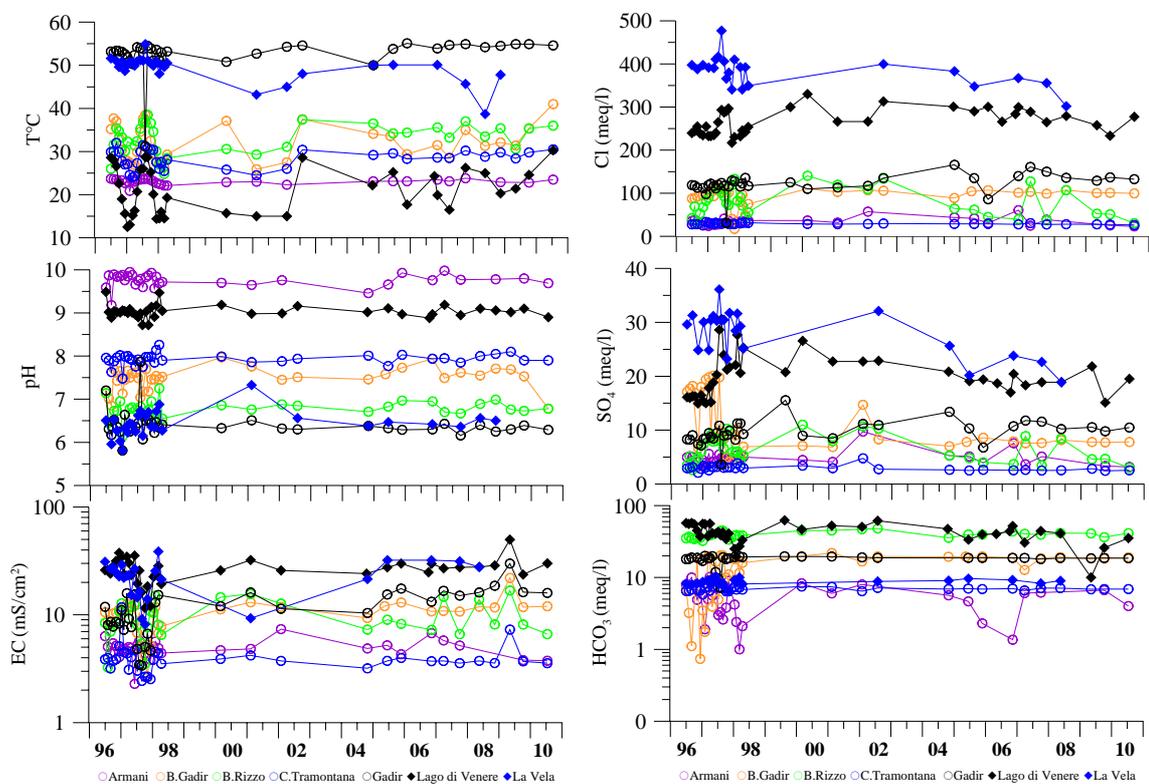


Fig. 3.8.3.2 – Variazioni temporali di conducibilità, pH e temperatura delle acque campionate.

I dati registrati dalla stazione di monitoraggio continuo (concentrazione di CO₂ nei suoli a 40, 90 e 130cm di profondità, Fig. 3.8.3.3) in località Fossa della Pernice (Lago di Venere) mostrano una forte correlazione tra i parametri misurati e quelli meteorologici, quali direzione ed intensità del vento, pressione atmosferica ed eventi piovosi. Durante il 2010 sono state misurate concentrazioni medie giornaliere comprese tra 0.035% (normale concentrazione di CO₂ atmosferica) e 0.3% a 130 cm, tra 0.15 e 1.5% a 90cm, tra 0.5% e 23% a 45cm di altezza dal suolo. Concentrazioni di CO₂ considerate dannose per la salute dell'uomo (>4%vol) sono state raggiunte occasionalmente soltanto all'altezza di 45cm dal suolo, nelle ore notturne in occasione di stasi di vento a causa della morfologia a conca del sito. Nel periodo di osservazione non sono mai stati raggiunti valori di concentrazioni letali (>30%vol). I tenori di CO₂ dal suolo (Fig. 3.8.3.3) variano tra 15 e 63% con i valori minimi raggiunti in occasione di eventi piovosi.

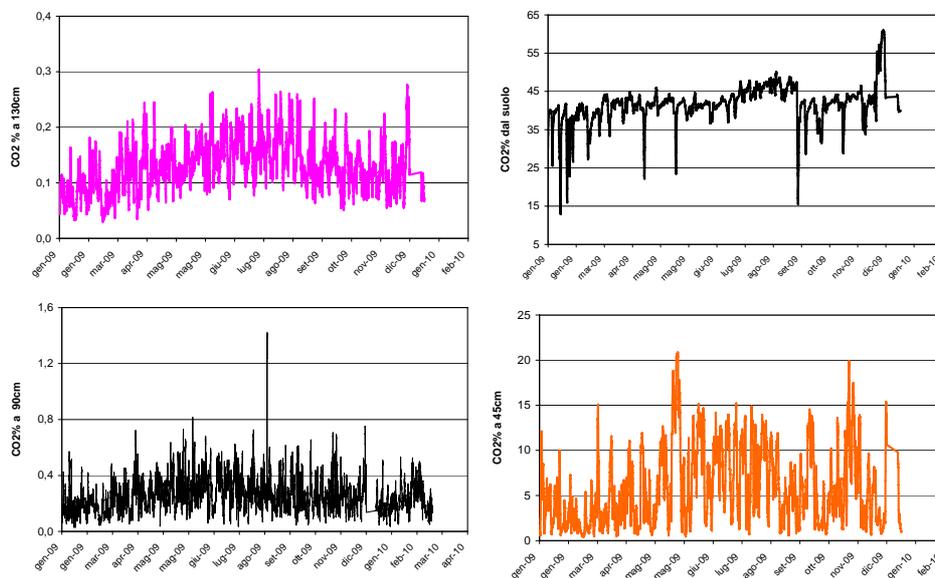


Fig. 3.8.3.3 – Variazioni temporali delle concentrazioni medie giornaliere di CO₂ a 45, 90 e 130 cm e dal suolo.

3.9. Panarea

3.9.1. Strumentazione disponibile

Lo schema che segue riassume i parametri geochimici che sono monitorati a Pantelleria dalla Sezione di Palermo.

3.9.2. Dati raccolti e modalità di immagazzinamento e divulgazione

Nel corso del 2010 sono state campionate le emissioni gassose sottomarine e le acque termali rilasciate dal campo esalativo di Panarea. Le aree esalative continuano ad essere localizzate tra gli isolotti di Bottaro e Lisca Bianca, oltre che sulla spiaggia della Calcara.

Sono stati determinati gli elementi maggiori e minori (Na^+ , K^+ , Mg^{++} , Ca^{++} , Cl^- , SO_4^{--} , NO_3^- , HCO_3^- e CO_3^{--}) e la composizione isotopica del δD e $\delta^{18}\text{O}$ nei campioni di acque termali, unitamente alla composizione chimica ed isotopica (isotopi di elio e carbonio) dei gas.

I dati acquisiti sono stati immagazzinati in appositi database e disponibili, in forma protetta, al personale della Sezione di Palermo e resi pubblici attraverso relazioni.

3.9.3. Sintesi delle osservazioni

L'attività esalativa dell'isola di Panarea, caratterizzata dalla presenza di attività idrotermale sottomarina con numerose emissioni gassose e sorgenti di acque termali, ha mantenuto un livello costante di degassamento durante tutto il 2010. Le acque termali emesse a fondo mare sono caratterizzate da temperature fino a 134°C (misure al punto di emissione; profondità 23m). Durante il 2010 sono stati prelevati campioni di gas ed acque termali con operatori subacquei allo scopo di valutare lo stato dell'attività vulcano-esalativa.

Il monitoraggio effettuato suggerisce che il sistema vulcano-geotermico di Panarea sia in uno stato di bassa attività esalativa. Ciò risulta sia dalle portate di gas rilasciato che dalle condizioni termobariche del sistema idrotermale.

4. Monitoraggio geodetico delle aree vulcaniche

4.1. Vulcani attivi della Campania (Vesuvio, Campi Flegrei, Ischia)

4.1.1 Rete GPS permanente dell'area vulcanica napoletana (NeVoCGPS)

La rete GPS permanente dell'area vulcanica napoletana (NeVoCGPS) (Tab. 4.1.1.1 e Fig. 4.1.1.1.) è attualmente costituita da 30 stazioni di cui 13 nell'area dei Campi Flegrei 9 nella zona del Vesuvio, 3 sull'isola di Ischia, 1 sull'isola di Procida e 2 nell'area bordiera orientale, a cui vanno aggiunte altre 2 stazioni in prova ad Ischia. I dati delle 5 stazioni ENAV, IPRO, LICO, FRUL e PACA (co-gestita con l'Università "Federico II" di Napoli) sono anche disponibili nell'ambito della Rete Integrata Nazionale GPS (RING) dell'INGV, insieme a quelli delle stazioni LNGN (Longano – IS) e PAOL (Paolisi – BN), poste fuori dall'area vulcanica.

Tabella 4.1.1.1 - Informazioni sulle stazioni installate nelle aree vulcaniche della Campania

| Sigla | Sito | Ricevitore + Antenna | Trasmissione | Area | Rate | Cut off | Note |
|-------|----------------------------------|--------------------------------------|--------------|---------------|------|---------|----------|
| ACAE | Accademia Aeronautica (Pozzuoli) | Trimble 4000SSI + TRM29659.00 NONE | PSTN | Campi Flegrei | 30s | 15° | |
| AGR1 | Facoltà d'Agraria (Portici) | Leica RS500 + LEIAT504 LEIS | PSTN | Vesuvio | 30s | 15° | |
| AQMO | Acquedotto Montagnone (Ischia) | Leica RS500 + LEIAT504 LEIS | PSTN | Ischia | 30s | 15° | |
| ARFE | Arco Felice | Leica GRX1200Pro + LEIAT504 NONE | ADSL | Campi Flegrei | 30s | 10° | |
| BAIA | Castello di Baia | Trimble 4000SSI + TRM29659.00 NONE | PSTN | Campi Flegrei | 30s | 15° | |
| BKE1 | Bunker Est (Vesuvio) | Leica GRX1200Pro + LEIAT504 LEIS | GSM | Vesuvio | 30s | 10° | |
| BKNO | Bunker Nord (Vesuvio) | Leica GRX1200GGPro + LEIAT504GG LEIS | Wi-Fi | Vesuvio | 30s | 10° | |
| CHIU | Chiummano (Ischia) | Leica GRX1200Pro + LEIAT504 NONE | GSM | Ischia | 30s | 15° | in prova |
| ENAV | Massalubrense | Leica RS500 + LEIAT504 LEIS | GSM | Area bordiera | 30s | 10° | |
| FORI | Forio d'Ischia | Trimble 4000SSI + TRM29659.00 NONE | PSTN | Ischia | 30s | 15° | |
| FRUL | Frullone (Napoli) | Leica GRX1200Pro + LEIAT504 LEIS | ADSL | Campi Flegrei | 30s | 10° | |
| IPPO | Ippodromo Agnano (Napoli) | Trimble 4000SSI + TRM29659.00 NONE | PSTN | Campi Flegrei | 30s | 15° | |
| IPRO | Procida | Leica RS500 + LEIAT504 LEIS | GSM | Procida | 30s | 10° | |
| LICO | Licola | Leica GRX1200GGPro + LEIAT504 LEIS | ADSL | Campi Flegrei | 30s | 10° | |
| MAFE | Università (Napoli) | Leica GRX1200Pro + LEIAT504 LEIS | ADSL | Napoli | 30s | 15° | |
| MORU | Monterusciello | Leica GRX1200GGPro + LEIAT504 LEIS | ADSL | Campi Flegrei | 30s | 10° | |
| NISI | Nisida (Napoli) | Leica GRX1200Pro + LEIAT504 LEIS | GSM | Campi Flegrei | 30s | 10° | |
| ONPI | Torre del Greco | Leica RS500 + LEIAT504 LEIS | PSTN | Vesuvio | 30s | 15° | |
| OSVE | Sede Storica O. V. | Leica GRX1200Pro + LEIAT504 LEIS | Wi-Fi | Vesuvio | 30s | 15° | |
| PACA | Palma Campania | Leica SR520 + LEIAT504 NONE | GSM | Area bordiera | 30s | 10° | |
| PRET | Pretura d'Ottaviano | Leica RS500 + LEIAT504 LEIS | PSTN | Vesuvio | 30s | 15° | |

| | | | | | | | |
|------|------------------------|-------------------------------------|-------|---------------|-----|-----|----------|
| QUAR | Quarto | Leica GRX1200Pro + TRM29659.00 NONE | PSTN | Campi Flegrei | 30s | 15° | |
| RITE | Rione Terra (Pozzuoli) | Trimble 4000SSI + TRM29659.00 NONE | PSTN | Campi Flegrei | 30s | 15° | |
| SANA | Sant'Anastasia | Leica RS500 + LEIAT504 LEIS | GSM | Vesuvio | 30s | 15° | |
| SANT | Santantuono (Ischia) | Leica GRX1200Pro + LEIAT504 NONE | GSM | Ischia | 30s | 15° | in prova |
| SERR | Serrara (Ischia) | Leica RS500 + LEIAT504 LEIS | PSTN | Ischia | 30s | 15° | |
| SOLO | Solfatara (Pozzuoli) | Leica RS500 + LEIAT504 LEIS | GSM | Campi Flegrei | 30s | 10° | |
| STRZ | La Starza (Pozzuoli) | Leica GRX1200Pro + LEIAT504 LEIS | Wi-Fi | Campi Flegrei | 30s | 15° | |
| TERZ | Terzigno | Leica RS500 + LEIAT504 LEIS | PSTN | Vesuvio | 30s | 15° | |
| VICA | Via Campana (Pozzuoli) | Leica GRX1200Pro + LEIAT504 LEIS | ADSL | Campi Flegrei | 30s | 15° | |

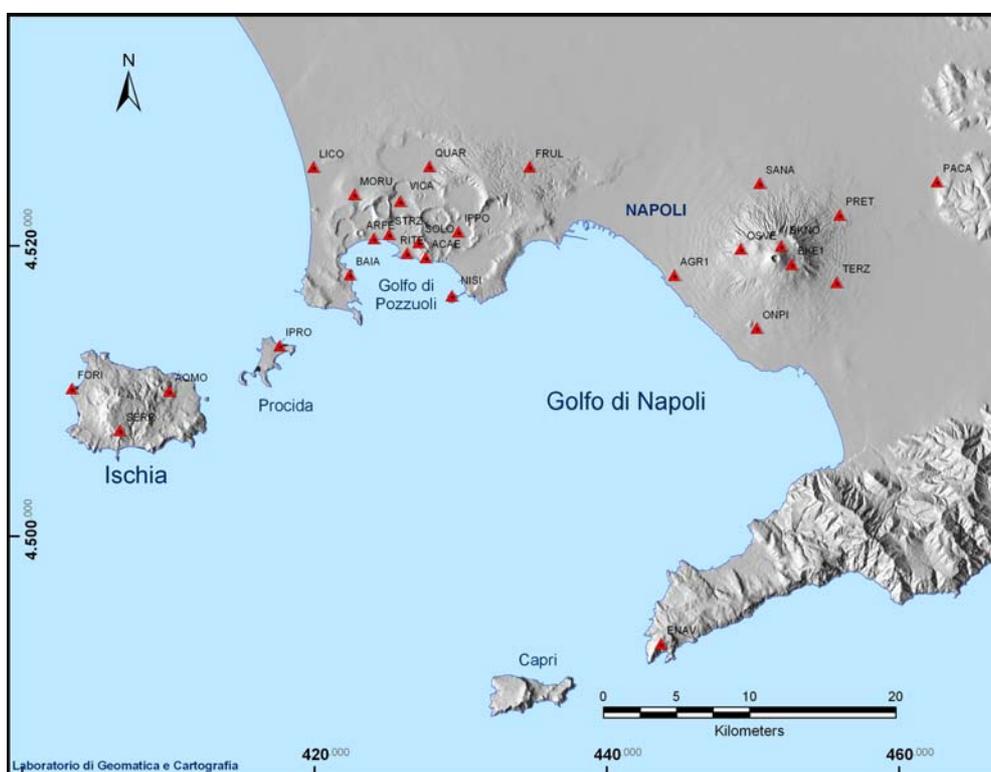


Figura 4.1.1.1 - Rete GPS permanente dell'area vulcanica napoletana (NeVoCGPS)

4.1.2 Analisi dei dati GPS dell'area vulcanica napoletana

Nell'area flegrea l'analisi delle serie temporali GPS evidenzia un progressivo e quasi costante sollevamento ed inflazione dell'area a partire dal 2008.

Dopo che la fase di subsidenza, successiva al sollevamento 2004-2006, si è interrotta alla fine del 2007, è iniziata una nuova fase di sollevamento, proseguita fino a luglio/agosto 2009. Dopo un breve periodo di stasi, è nuovamente ripresa da aprile ad ottobre 2010. Tale evoluzione è ben

evidenziata dalla serie temporale delle variazioni in quota della stazione di RITE, localizzata a Pozzuoli nell'area di massima deformazione verticale (Fig. 4.1.2.1).

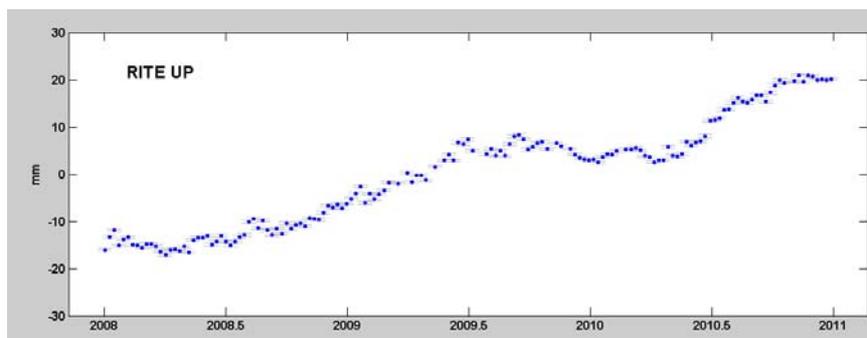


Figura 4.1.2.1 - Variazioni settimanali della quota della stazione di RITE (Pozzuoli) periodo 2008 - 2010.

Nell'area vesuviana non si evidenziano deformazioni significative, e le velocità stimate per il periodo 2004-2010 sono inferiori al mm/anno, sia per la componente planimetrica che verticale. Unica eccezione è la stazione BKE1, ubicata nella parte alta dell'edificio vulcanico, che mostra una velocità di abbassamento di $-4,33 \pm 0.33$ mm/anno (fig 4.1.2.2) in accordo con i risultati delle livellazioni che evidenziano una subsidenza nella zona dovuta a processi di compattazione e/o scivolamento di terreni, poco coerenti ed in forte pendenza.

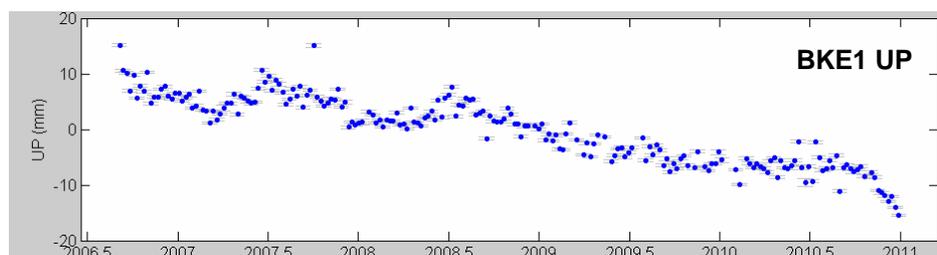


Figura 4.1.2.2 - Variazioni settimanali della quota della stazione BKE1 (Vesuvio) agosto 2006 - dicembre 2010

A giugno 2010 è stata eseguita una campagna di misure delle rete GPS discreta dell'Isola d'Ischia. I dati della campagna e quelli delle precedenti 5 misure effettuate nel periodo 1997-2003 sono stati processati con il software Bernese 5.0, adottando le stesse strategie di processamento utilizzate per la rete GPS permanente, al fine di ottenere risultati omogenei, integrabili e nello stesso sistema di riferimento locale. L'intera isola sembra interessata da un diffuso fenomeno di subsidenza, specie nei settori nord-occidentali e meridionali. In particolare il vertice EPOM, situato sulla sommità del M.te Epomeo, evidenzia un regolare trend in subsidenza valutabile in circa -8 mm/anno (Fig. 4.1.2.3).

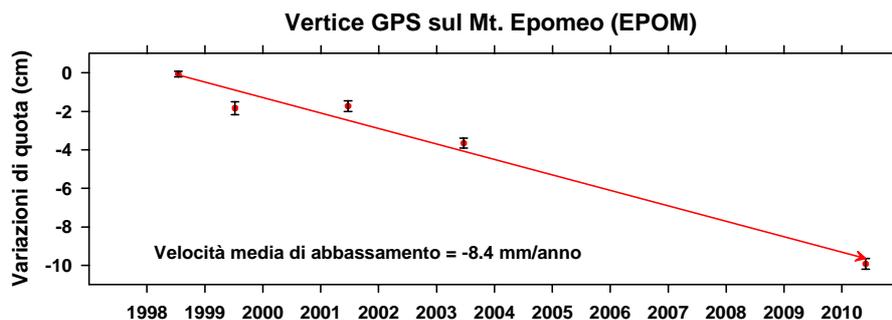


Figura 4.1.2.3 - Variazioni di quota del vertice GPS sul Mt. Epomeo nel periodo 1998 – 2010

4.1.3 Vesuvio - Campo di inclinazione

L'interpretazione dei segnali acquisiti nel corso del 2010 dalle 2 stazioni in registrazione continua OVO e CMD delinea l'assenza di rilevanti deformazioni del suolo a quote alte e conferma la costanza nel tempo dell'inclinazione dell'edificio vulcanico in direzione mediamente NE-SW.

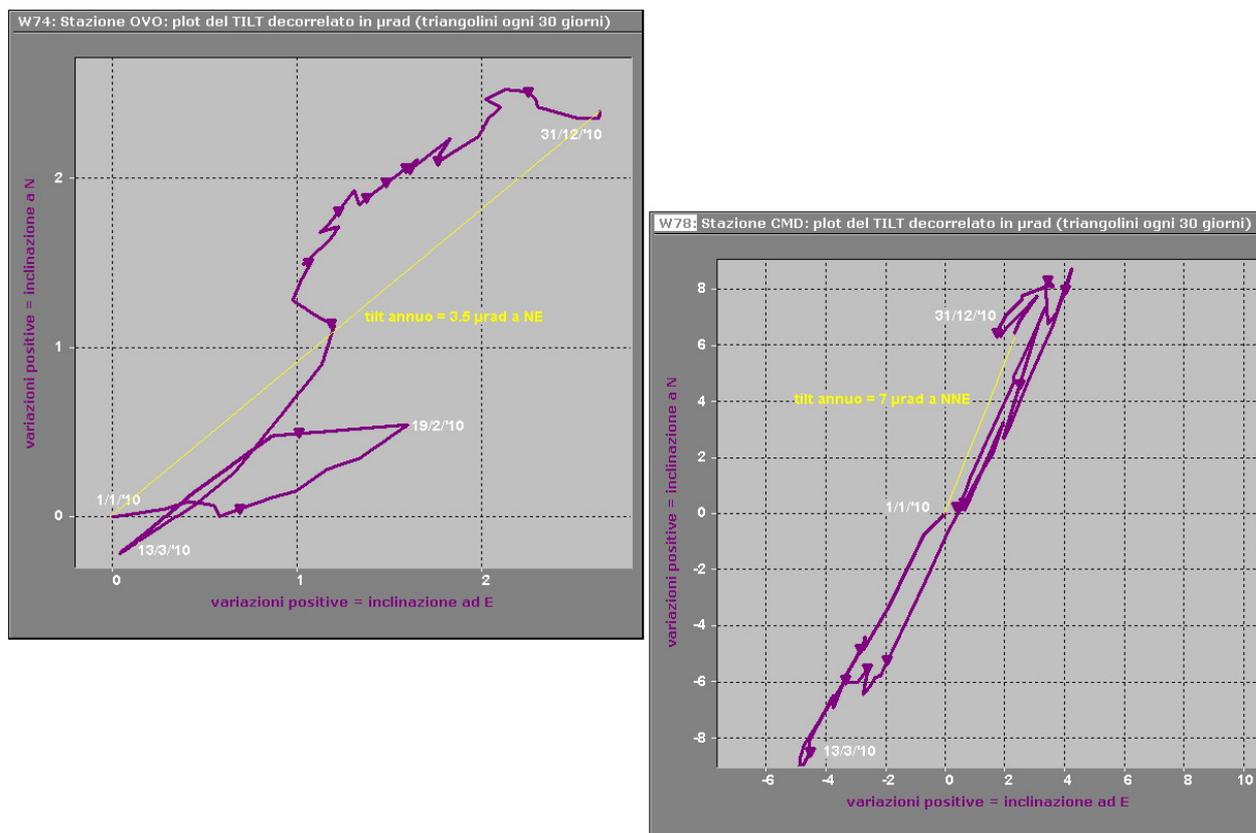


Figura 4.1.3.1 – Andamento annuale dell'inclinazione (μradianti) alle stazioni OVO (sinistra) e CMD (destra), dopo la decorrelazione degli effetti termoeleastici; i valori positivi indicano un'inclinazione del suolo (abbassamento relativo) in tale direzione (N ed E).

Una volta rimossi (in buona parte) gli effetti termici attraverso decorrelazione del segnale clinometrico da quello della temperatura, per la stazione situata più in quota (OVO, 608 m) è stata calcolata per tutto il 2010 un'inclinazione di 3.5 μradianti a NE, mentre per quella collocata ad

altezza minore (CMD, 120 m) è risultata un'inclinazione di 7 μ radianti a NNE. (Fig. 4.1.3.1) Quest'ultimo valore relativamente alto può essere imputabile sia ad una risposta locale, dovuta ad effetti morfologici che interessano il versante dove è posto il sensore, sia alla variazione termoelastica esterna, non completamente risolta dal procedimento di decorrelazione.

4.1.4 Campi Flegrei - Campo di inclinazione

Il campo di inclinazione del suolo stimato per il 2010 attraverso lo studio dei segnali clinometrici acquisiti dalle 8 stazioni della rete flegrea DMA, DMB, DMC, BAI, ARC, TOI, OLB e CSO, sono coerenti con un processo di sollevamento dell'area, con un centroide principale di deformazione localizzato a Pozzuoli, ma puntualmente disomogeneo nel tempo e nello spazio.

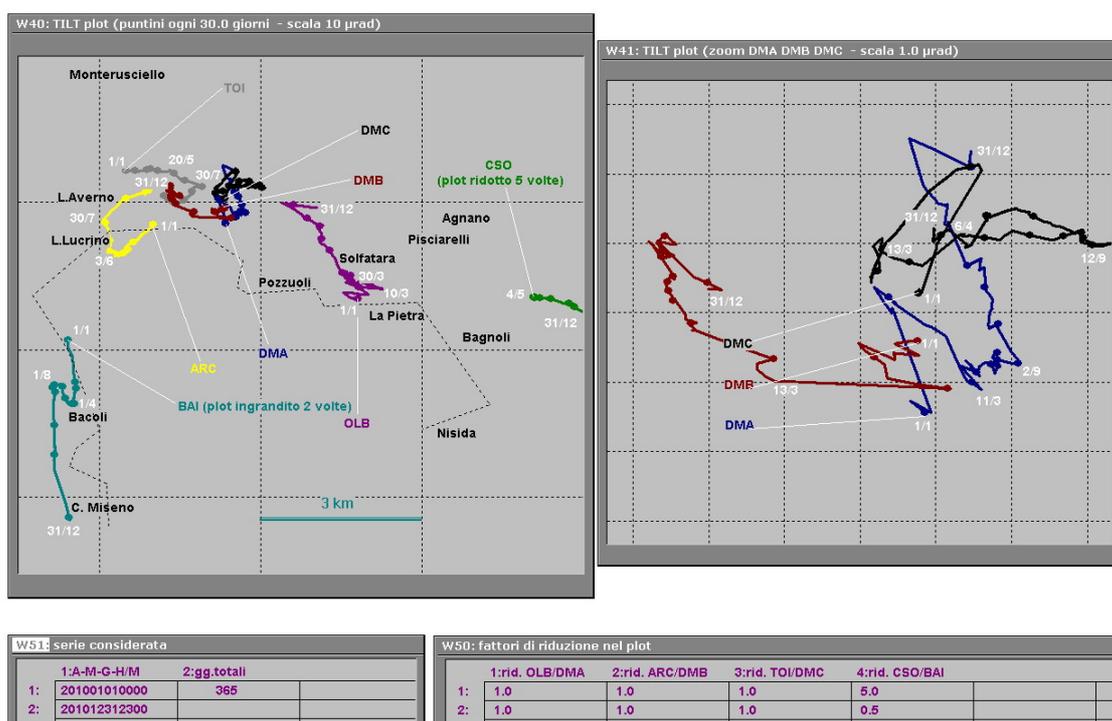


Figura 4.1.4.1 – Andamento annuale dell'inclinazione alle stazioni dei Campi Flegrei (in alto) su mappa georeferenziata, dopo la decorrelazione degli effetti termoelastici. Graficamente scalate secondo opportuni fattori (tabelle in basso) ed inizialmente posizionate sui siti delle stazioni, le variazioni seguono la direzione dell'inclinazione del suolo (abbassamento relativo).

Dall'osservazione globale del pattern deformativo ai Campi Flegrei (Fig. 4.1.4.1), se ne evidenzia una certa complessità quanto più ci si allontana da Pozzuoli. Nella zona ad E di Pozzuoli le stazioni OLB e CSO presentano un tilt con modulo sicuramente maggiore di quello delle stazioni situate ad W.

OLB ha inoltre registrato (Fig. 4.1.4.2) un'anomalia nei giorni precedenti lo sciame sismico del 30 marzo 2010 (120 eventi), con un'inclinazione persistente del suolo (4.8 μ radianti) in direzione WNW nei giorni 28, 29 e 30 marzo, verosimilmente poco influenzata da fattori ambientali, essendo in corrispondenza di un andamento stazionario della temperatura ed una una debole

diminuzione di pressione atmosferica, quest'ultima iniziata nella seconda metà del giorno 29 marzo.

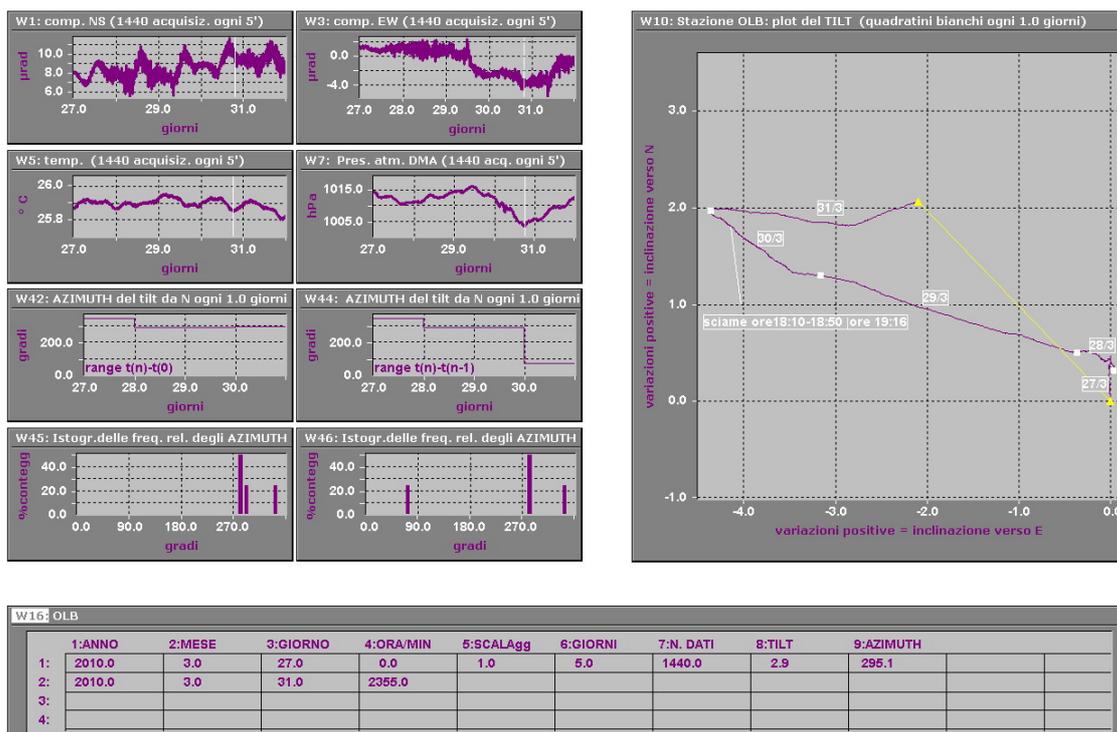


Figura 4.1.4.2 – Andamento climonetrico registrato dalla stazione OLB dal 27 al 31 Marzo 2010 (in alto a destra); sono riportate (in alto a sinistra) le singole componenti NS, EW, Te, la pressione atmosferica, l'azimuth orario da N del vettore tilt e l'istogramma delle frequenze relative degli azimuth . Lo sciamè del 30 Marzo è indicato con una linea bianca.

4.1.5 Campi Flegrei - Rete di Livellazione e campagna 2010

Nell'ambito del programma di sorveglianza geofisica sono state eseguite misure altimetriche di precisione lungo tratti parziali della rete di livellazione dei Campi Flegrei, attualmente costituita da circa 350 capisaldi distribuiti su circa 140 km di linea. La rete è strutturata in quindici circuiti concatenati che coprono un'area di oltre 160 km², compresi i tratti Napoli Mergellina - Mareografo Molo Carmine e Quarto Flegreo - Qualiano (Fig.4.1.5.1).

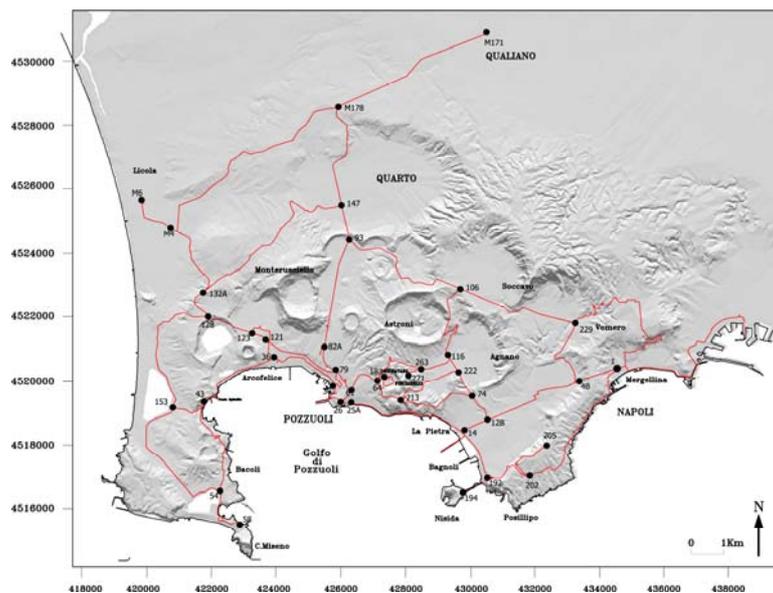


Fig. 4.1.5.1 - Rete Altimetrica dei Campi Flegrei

In Fig. 4.5.1.2 sono riportati i tratti rilevati nella campagna del luglio 2010, quando è stato anche realizzato un ampliamento della rete, con un nuovo circuito di circa 3 km che, partendo dal caposaldo n. 116 in località Agnano, si sposta in direzione Pisciarelli, terminando al caposaldo 64A (Ingresso Solfatara). Una ulteriore tratta realizzata, di circa 600 m, si spinge fino alle fumarole di Pisciarelli. L'ampliamento è finalizzato al miglioramento, con un maggiore dettaglio, dei rilievi dell'area ad Est della Solfatara, attualmente è interessata da un incremento dell'attività fumarolica.



Fig. 4.1.5. 2 - Parte della Rete Altimetrica dei Campi Flegrei misurata nel Luglio 2010. E' riportato anche un nuovo tratto realizzato in località Fumarole Pisciarelli

Le misure eseguite a Luglio 2010 e confrontate con quelle di Luglio 2009 evidenziano che l'area flegrea è stata interessata da una fase di sollevamento del suolo che ha raggiunto valori significativi, superando quindi i limiti dell'errore, sia lungo parte della linea costiera che delle altre due linee interne. In particolare i valori massimi di sollevamento, intorno ai +10 mm, si riscontrano lungo il tratto di linea costiera compreso fra i capisaldi n. 19A/B e 25A (fig. 4.1.5.3).

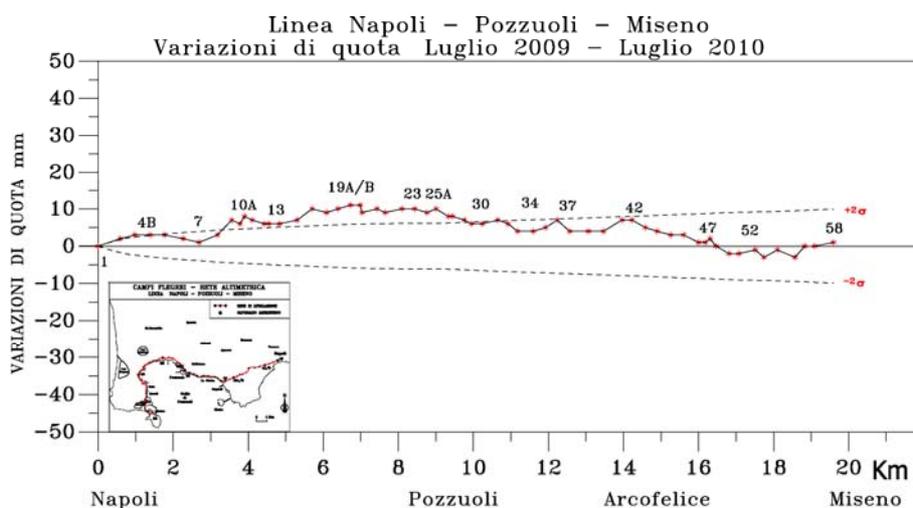


Fig. 4.1.5.3 - Variazioni di quota lungo la linea Costiera nel periodo Luglio 2009 – Luglio 2010. Le linee tratteggiate rappresentano i limiti di confidenza al 95%.

4.1.6 Ischia - Rete di Livellazione e campagna 2010

La linea di livellazione di precisione dell'isola d'Ischia, istituita dall'Istituto Geografico Militare (IGM) nel 1913, dal 1978 è gestita prima dall'Osservatorio Vesuviano ed attualmente dall'INGV. Dal 1987 la rete è stata completamente ristrutturata, istituita un anuova linea, denominata "Borbonica", nel settore N-W dell'isola, e nel corso degli anni ampliata, fino alla configurazione attuale mostrata in fig. 4.1.6.1.

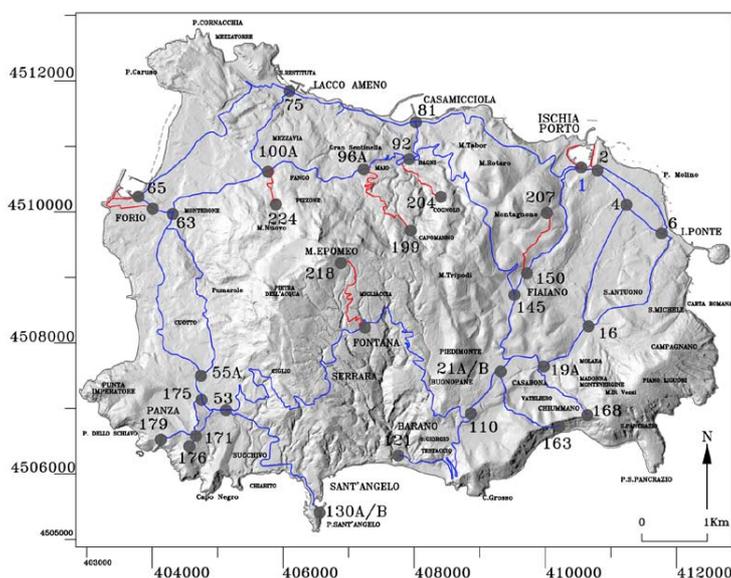


Figura 4.1.6.1 - Rete Altimetrica dell'Isola d'Ischia; in rosso sono rappresentate le linee di nuova istituzione (Giugno 2010).

Le misurazioni altimetriche effettuate nel Giugno 2010, confrontate con quelle eseguite nel 2003, ultimo anno di misure su tutta la rete, nel confermare la notevole complessità del campo di deformazione dell'isola, testimoniano che vari settori dell'isola continuano ad essere interessati da

significativi abbassamenti del suolo, in special modo nei settori nord-occidentali (Fig. 4.1.6.2) e centro- meridionali (Fig. 4.1.6.3).

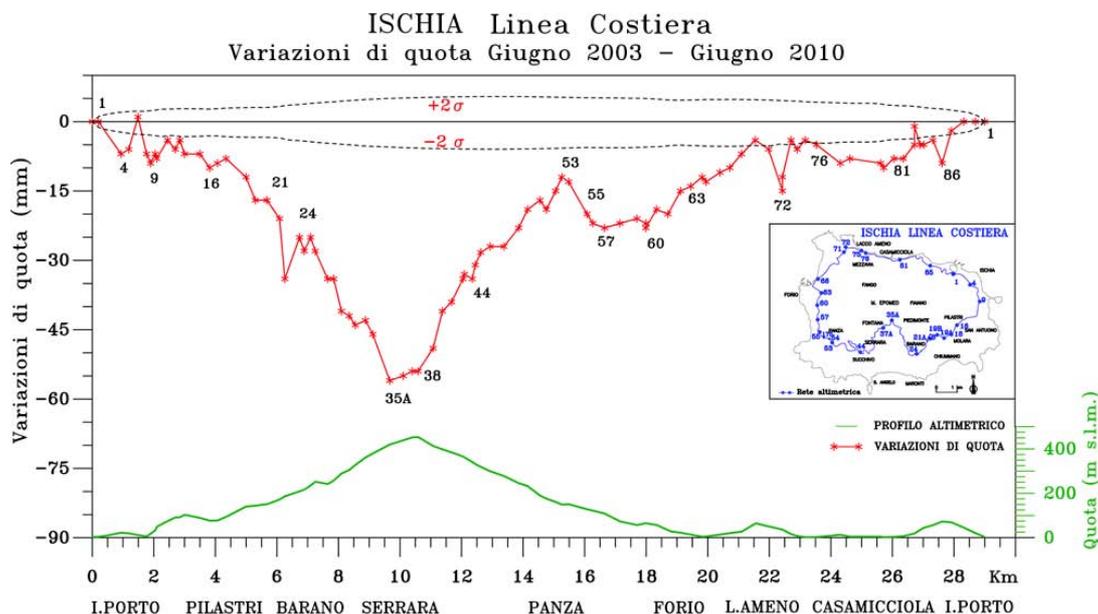


Figura 4.1.6.2 - - Variazioni di quota, relative ai capisaldi installati lungo la linea “Costiera”, riferite al periodo Giugno 2003 – Giugno 2010.

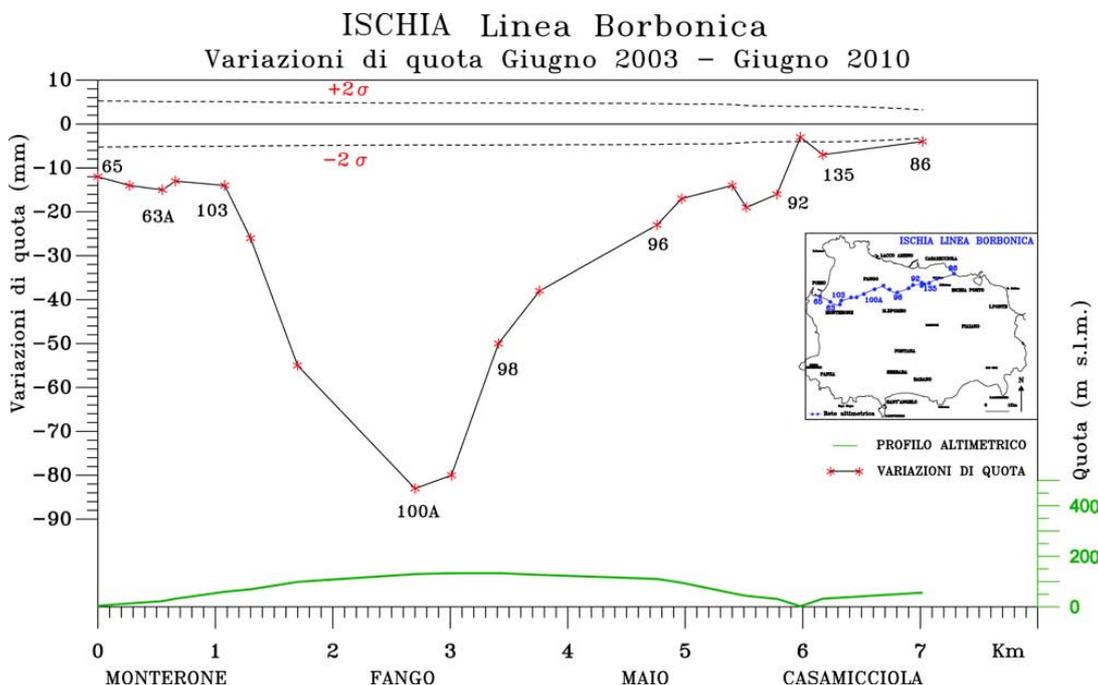


Figura 4.1.6.3 - Variazioni di quota, relative ai capisaldi installati lungo la linea “Borbonica”.

Tale dinamica è stata constatata anche nel passato ed i tassi di deformazione sembrano mantenersi costanti nel tempo. Infatti, dal 1987, quando fu ristrutturata l'intera rete altimetrica, ad oggi il cs. 35A (Fontana) ha esibito una variazione di quota di -168 ± 5 mm mentre il cs. 100A (Lacco Ameno Fango) ha raggiunto -272 ± 6 mm.

4.1.7 InSAR

Nel corso del 2010 è proseguita l'elaborazione dei dati di Interferometria SAR con l'utilizzo del codice ROI_PAC (Repeat Orbit Interferometry PACKage) del JPL (Jet Propulsion Laboratory) per l'Interferometria differenziale classica; parallelamente si stanno effettuando alcuni test con il codice GMTSAR della University of California – San Diego, per l'elaborazione dei dati in banda L.

Al fine di seguire l'evoluzione dell'episodio di sollevamento nell'area flegrea, verificatosi nel secondo semestre del 2010, sono state elaborate diverse coppie interferometriche, per entrambe le orbite, così da discriminare eventuali errori di "phase unwrapping".

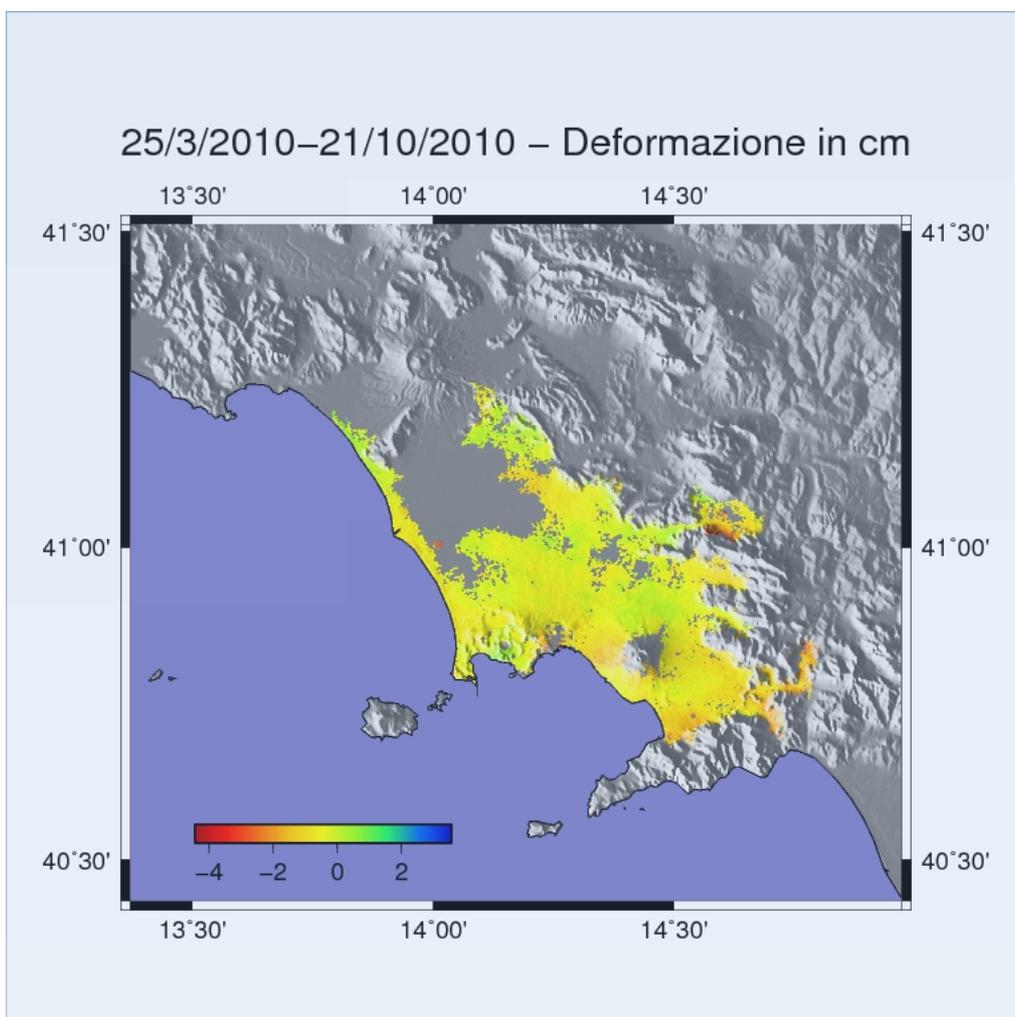


Figura 4.1.7.1 - Mappa di deformazione relativa al periodo 25.03.2010 - 21.10.2010.

Dall'interferogramma relativo al periodo 25.03.2010-21.10.2010 è stata dedotta la mappa di deformazione riportata in fig.1, dalla quale si evince un lieve sollevamento dell'ordine di 2 cm circa, in accordo con i dati GPS in continuo.

4.1.8 Monitoraggio Mareografico

Il monitoraggio dei movimenti verticali del suolo è eseguito, oltre che con le tecniche geodetiche classiche e satellitari, anche tramite l'uso di mareografi che rilevano, in continuo, il livello marino lungo le coste dove si impostano i vulcani attivi dell'area napoletana (Vesuvio, Campi Flegrei) e sull'isola d'Ischia (Tab. 4.1.8.1 e Fig. 4.1.8.1).

Tabella 4.1.8.1 – Stazioni della Rete Mareografica dell' INGV - Osservatorio Vesuviano

| Sigla | Sito | Area | Sensore | Trasm. | Rate |
|-------|---------------------|------------------|----------------------|--------|-------|
| NAPT | Porto di Napoli | Napoli | Digitale | GSM | 1 min |
| NISI | Nisida | Campi Flegrei | Digitale + Meccanico | GSM | 1 min |
| POPT | Porto Pozzuoli | Campi Flegrei | Digitale + Meccanico | GSM | 1 min |
| PMSC | Pozzuoli - Molo Sud | Campi Flegrei | Digitale | GSM | 1 min |
| MISE | Miseno - Bacoli | Campi Flegrei | Digitale | GSM | 1 min |
| FORI | Forio | Ischia | Digitale | GSM | 1 min |
| TDG2 | Torre del Greco | Vesuvio | Digitale + Meccanico | GSM | 1 min |
| CSMS | C. mare di Stabia | Vesuvio | Digitale | GSM | 1 min |
| AGRO | Agropoli (Salerno) | Golfo di Salerno | Digitale | GSM | 1 min |

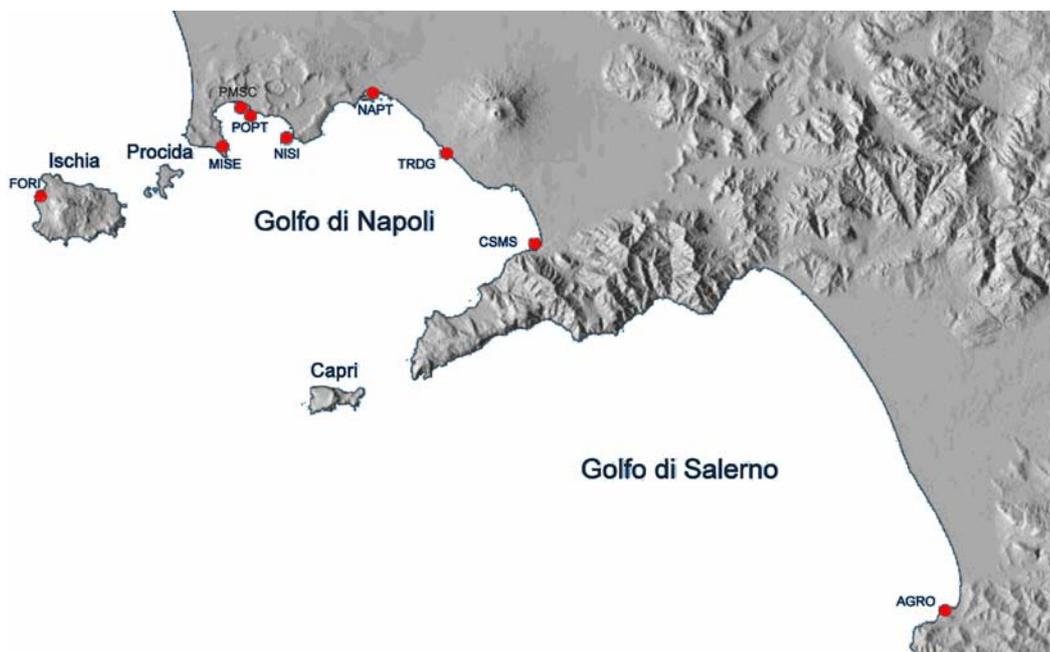


Figura 4.1.8.1 - Rete mareografica dell'area vulcanica della Campania

Le variazioni del livello marino sono controllate tramite la stazione di riferimento di Napoli-porto NAPT, la cui stabilità è controllata tramite livellazione di precisione, avendo collegato il sito alla rete di livellazione dell'area vulcanica napoletana. Per maggiore controllo, anche presso le altre stazioni mareografiche sono materializzati capisaldi periodicamente collegati alle reti di livellazione per il monitoraggio vulcanico.

Nella area centrale della caldera flegrea il sollevamento complessivo dal gennaio 2009 al dicembre 2010 è pari a circa 3 cm (Fig. 4.1.8.2). Tenendo presente la soglia di significatività delle misure mareografiche, tale osservazione è coerente con i dati rilevati dalla rete GPS.

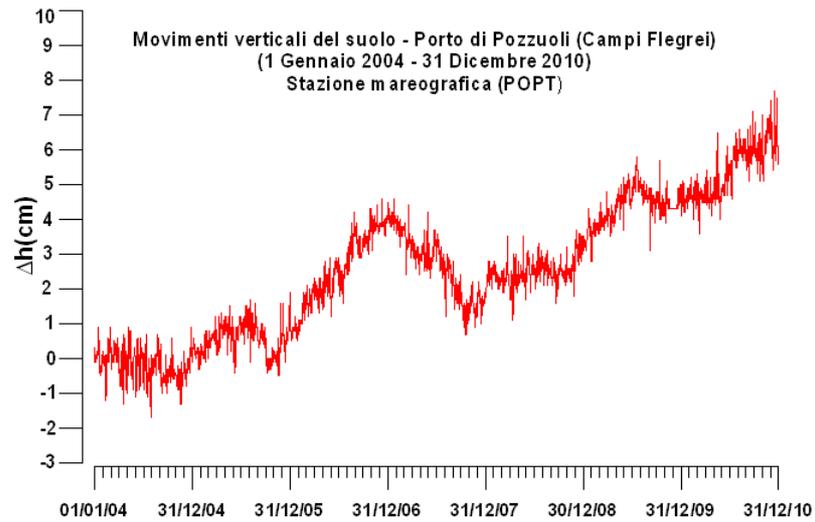


Figura 4.1.8.2 – Movimenti verticali del suolo dal 2004 – 2010 a Pozzuoli-Porto calcolati con i dati mareografici (medie giornaliere)

Nella area centrale della caldera flegrea il sollevamento complessivo dal gennaio 2009 al dicembre 2010 è pari a circa 3 cm (Fig. 4.1.8.3). Tenendo presente la soglia di significatività delle misure mareografiche, tale osservazione è coerente con i dati rilevati dalla rete GPS.

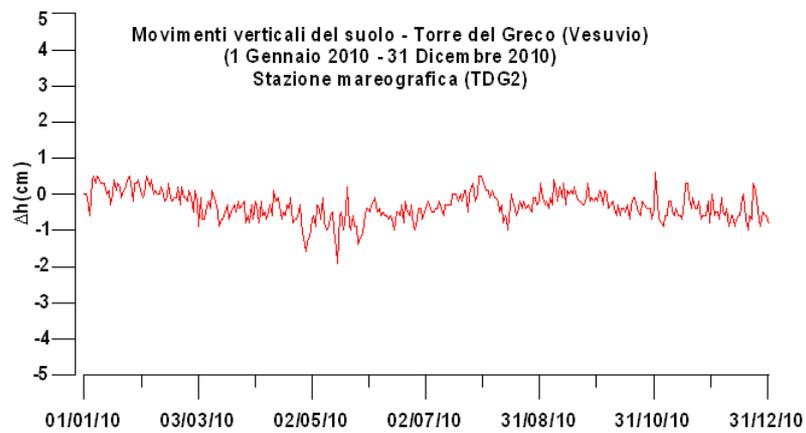


Figura 4.1.8.3 – Movimenti verticali del suolo nel 2010 a Torre del Greco calcolati con i dati mareografici (medie giornaliere)

4.2. Etna

4.2.1. Strumentazione disponibile

Lo schema che segue riassume la tipologia di stazioni permanenti o di capisaldi gestiti dalla Sezione di Catania.

| Tipologia di Stazioni permanenti o di capisaldi | N. |
|--|----|
| Stazioni Permanenti Multiparametriche (Clinometriche e GPS) | 5 |
| Stazioni Permanenti GPS | 30 |
| Stazioni Permanenti Clinometriche | 9 |
| Stazioni Permanenti Estensimetriche | 4 |
| Capisaldi per campagne di misure di Geodesia Terrestre (EDM) e GPS | 6 |
| Capisaldi per campagne di misure di Geodesia Terrestre (EDM) | 38 |
| Capisaldi per campagne di misure GPS | 85 |

Tab. 4.2.1 - Elenco e quadro di dettaglio delle stazioni delle reti permanenti GPS, clinometrica ed estensimetrica dell'Etna (aggiornamento al 1 gennaio 2010)

| Sigla | Sito | Stumentazione | Tipo di monitoraggio | Trasmissione | Rate |
|-------|------------------------|---|----------------------|---------------------------------|---------------------------------------|
| EFAR | Contrada Farella | Ricev.: Leica GRX1200GG Pro; Ant.: AT504 Sensore clino: AGI mod 722 | GPS & Clino. | radio/radio modem | GPS: 1/sec Clino:1/10 min. |
| EMAL | Monte Maletto | Ricev.: Leica GX1220; Ant.: AT504 Sensore clino: AGI mod. 500 | GPS & Clino. | Telef./radio | GPS: 30/sec Clino: 1/10 camp./min. |
| EMEG | Monte Egitto | Ricev.: Leica GX1220; Ant.: AT504 + AGI mod. 500 | GPS & Clino. | Telef./radio | GPS: 30/sec Clino: 1/10 camp./min. |
| EPDN | Pizzi Deneri | Ricev.: Leica GX1220; Ant.: AX1202GG; Sensore clino: braccio lungo | GPS & Clino. | Radio/ radio modem + telefono | GPS: 1/sec Clino:1/10 camp./min. |
| EDAM | Etna Dammusi | Ricev.: Leica GX1220; Ant.: AT504; Sensore clino: AGI mod. 500 | GPS & Clino. | Radio/ radio modem | GPS: 1/sec Clino:1/30 camp./min. |
| ENIC | Nicolosi Sede INGV | Ricev.: Leica GRX1200GG Pro; Ant.: AT504 Sensore clino: AGI mod 722 | GPS | lan | GPS: 1/sec |
| EIIV | Catania Sede INGV | Ricev.: Leica GRX1200GG Pro; Ant.: AX1202GG | GPS | lan | 1/sec |
| EPLU | Punta Lucia | Ricev.: Leica GX1220; Ant.: Leica AX1202GG | GPS | radio modem + WiFi | 1/sec |
| EMGL | Monte Gallo | Ricev.: Leica GX1220; Ant.: Trimble TRM29605 | GPS | telef. | 30/sec |
| ESLN | Serra La Nave | Ricev.: Leica GRX1200GG Pro; Ant.: AT504 | GPS | satellitare | 1/sec |
| EMFN | Monte Fontane | Ricev.: Leica GRX1200GG Pro; Ant.: AT504 | GPS | radio modem + WiFi | 1/sec |
| ESPC | Serra Pizzuta | Ricev.: Leica GX1220; Ant.: AT504 | GPS | radio modem | 1/sec |
| ELEO | Etna San Leonardello | Ricev.: Leica GX1220; Ant.: AT504 | GPS | Radio modem | 1/sec |
| ECPN | Etna Cratere del Piano | Ricev.: Leica GRX1200GG Pro; Ant.: AX1202GG | GPS | radio modem + WiF + satellitare | 1/sec |
| EINT | Intermedia | Ricev.: Leica GX1220; Ant.: AT504 | GPS | radio modem | 5/sec |
| EPOZ | Pozzillo | Ricev.: Leica SR502; Ant.: AT504 | GPS | satellitare | 30/sec |

| | | | | | |
|-------|--------------------------------------|---|---------------|---------------------------|-----------------|
| EPMN | Piedimonte | Ricev.: Leica GRX1200; Ant.: AT504 | GPS | WiFi | 1/sec |
| ECNV | Catenanuova | Ricev.: Leica GMX902; Ant.: AT504 | GPS | Satellitare + telefono | 30/sec |
| ESAL | Sant Alfio | Ricev.: Leica GRX1200GG Pro; Ant.: AT504 | GPS | satellitare | 1/sec |
| EMCN | Monte Conca | Ricev.: Leica GX1220; Ant.: AT504 | GPS | radio modem | 1/sec |
| EMSG | Monte Spagnolo | Ricev.: Leica GRX1200GG Pro; Ant.: AT504 | GPS | radio modem | 1/sec |
| ECAN | Masseria Cannata | Ricev.: Leica GRX1200GG Pro; Ant.: AT504 | GPS | WiFi+satellitare | 1/sec |
| ECNE | Cratere Nord Est | Ricev.: Leica GRX1200GG Pro; Ant.: AX1203+GNSS | GPS | radio modem | 1/sec |
| ECHR | Santa Chiara (Biancavilla) | Ricev.: Leica GMX902; Ant.: AT504 | GPS | satellitare | 30/sec |
| ELCH | Isola Lachea | Ricev.: Leica GRX1200GG Pro; Ant.: AT504GG | GPS | WiFi. | 1/sec |
| ESML | Santa Maria di Licodia | Ricev.: Leica SR502; Ant.: AT504 | GPS | satellitare | 30/sec |
| ESCV | Scorciavacca (Saragoddio) | Ricev.: Leica GMX902; Ant.: AT504 | GPS | satellitare | 30/sec |
| EPZF | Pizzo Felice (Maletto) | Ricev.: Leica GMX902GG; Ant.: AT504GG | GPS | satellitare | 30/sec |
| EBAG | Baglio (Giarre) | Ricev.: Leica GMX902GG; Ant.: AT504GG | GPS | radio modem | 1/sec |
| EFIU | Fiumefreddo | Ricev.: Leica GMX902GG; Ant.: AT504GG | GPS | satellitare | 30/sec |
| EBCN | Bocca Nuova | Ricev.: Leica GX1220; Ant.: AT504GG | GPS | radio modem | 1/sec |
| ETFI | Torre del Filosofo | Ricev.: Leica1230Plus; Ant.: AT504GG | GPS | radio modem | 30/sec |
| EPED | Pedara | Ricev.: Leica; Ant.: AT504GG | GPS | Internet | 30/sec |
| ERIP | Riposto | Ricev.: Leica GMX902GG; Ant.: AT504GG | GPS | locale | 30/sec |
| ELIN | Linera | Ricev.: Leica GRX1200; Ant.: Ax1202 | GPS | radio modem | 1/sec |
| ETEC | Santa Tecla | Ricev.: Leica GMX902GG; Ant.: AT504GG | GPS | radio modem | 1/sec |
| MDZ | Monte Denza | Sensore clino: AGI mod. 500 | Clino. | radio | 1/10 camp./min. |
| MSC | Monte Scavo | Sensore clino: AGI mod. 722 | Clino. | radio | 1/10 camp./min. |
| MNR | Monte Nero | Sensore clino: AGI mod. 722 | Clino. | radio | 1/10 camp./min. |
| CDV | Casa del Vescovo | Sensore clino: AGI mod. 722 | Clino. | radio | 1/10 camp./min. |
| CBD | Case Bada | Sensore clino: AGI mod Lily | Clino. | radio | 1/1 camp./min. |
| MAS | Mascalucia | Sensore clino: AGI mod Lily | Clino. | locale | 1/1 camp./min. |
| GAL | Monte Gallo | Sensore clino: AGI mod Lily | Clino. | locale | 1/15 camp./min. |
| SPN | Monte Spagnolo | Sensore clino: AGI mod Lily | Clino. | locale | 1/15 camp./min. |
| CUAD | Centro acquisizione Dati | 4 sensori Clino in Test Modelli vari | Clino | Lan | 1/10 camp./min. |
| EE5-8 | Pernicana | Sensore: Tipo ISMES | Estensimetria | radio | 1/30 camp./min. |
| TRE1 | Trecastagni; muro esterno | Sensore: Sis Geo | Estensimetria | locale | 1/30 camp./min. |
| TRE2 | Trecastagni; sensore interrato | Sensore: Sis Geo | Estensimetria | locale | 1/30 camp./min. |

4.2.2. Dati raccolti e modalità di immagazzinamento e divulgazione

Le principali attività di sorveglianza e monitoraggio geodetico svolte dalla Sezione di Catania all'Etna, nel corso del 2010, hanno riguardato la normale manutenzione dei sistemi osservativi

permanenti, l'esecuzione delle campagne programmate ed alcuni interventi specifici attivati a seguito degli eventi sismici del fianco orientale avvenuti ad aprile. Per comodità di esposizione le attività saranno dettagliate nel seguente ordine: campagne di misura su reti di capisaldi geodetici, acquisizione dati con stazioni permanenti GPS, misure dirette della deformazione (reti permanenti clinometriche ed estensimetriche) e misure di interferometria SAR. In genere, tutte queste attività hanno contribuito alla redazione dei vari rapporti di Sezione, distribuiti anche al DPC.

4.2.2.1 Campagne di misura su reti di capisaldi geodetici

- In collaborazione con la sezione di Napoli dell'INGV, è stata eseguita a marzo la seconda campagna di misura sui 20 capisaldi della rete di livellazione intorno alla faglia di Trecastagni, nel settore meridionale dell'Etna, per la verifica delle deformazioni verticali del suolo. Gli errori associati a queste misure sono prevalentemente inferiori ad 1mm. Dal confronto tra queste misure e le precedenti (eseguite nel mese di novembre 2009) risulta un chiaro ed importante movimento legato all'attività della faglia di Trecastagni. Sono stati misurati abbassamenti di circa 1-2 mm in 4 mesi a cavallo della faglia; tali movimenti diventano via via più importanti verso E, raggiungendo valori superiori a 4 mm.
- Sempre a marzo è stata eseguita anche una seconda campagna di misura su 18 capisaldi della rete di livellazione intorno alla faglia della Pernicana, sul settore NE dell'Etna. Queste misure sono state confrontate con le precedenti, anche queste eseguite a novembre 2009. Dal confronto risulta un campo di deformazioni interessante; non è stato rilevato, come avviene di solito, alcun salto verticale legato alla faglia ma un progressivo abbassamento dei punti da N verso S indicante una situazione di "blocco" della struttura che viene tesa e trascinata verso il basso.
- In seguito agli eventi sismici di aprile, sono state ripetute le misure di livellazione sull'intero alto versante nord-orientale del vulcano. I dati di livellazione acquisiti in collaborazione con la sezione di Napoli sono stati confrontati con le precedenti misure eseguite a marzo. Dal confronto è risultata evidente una dislocazione verticale di circa 1 cm conseguente allo sciame sismico, che raggiunge valori di circa 6 cm a ridosso della faglia. Evidente anche il sollevamento della parte Nord della struttura.
- A giugno-luglio è stata eseguita la prevista campagna di misura GPS dell'intera rete dell'Etna su oltre 90 capisaldi, cui vanno aggiunti i 34 delle stazioni permanenti, per un totale di quasi 140 punti di misura del campo di deformazione del vulcano. I dati raccolti sono stati confrontati con quelli della campagna condotta sulla stessa rete nel 2009 e con quelli delle misure locali condotte sul versante nord-orientale del vulcano in occasione dello sciame sismico di aprile sulla Faglia della Pernicana. Tali misure sono state anche integrate con i dati di telerilevamento SAR e hanno permesso l'analisi della cinematica co-sismica della faglia, ricostruendo il movimento 3D del terreno intorno ad essa. Tale studio ha permesso di identificare la porzione di faglia attivata e l'area di massima deformazione. Sono stati misurati spostamenti orizzontali verso ESE pari a 6-7 cm su tutto l'alto versante NE del vulcano con un abbassamento diffuso di circa 1 cm, in perfetta coerenza con le

misure sulla rete di livellazione, svolte contemporaneamente alle misure GPS. Il confronto delle misure complete di giugno con quelle eseguite su tutta la rete nel giugno 2009 è stato integrato anche con i dati SAR del satellite ENVISAT. I risultati dell'integrazione mostrano la ricarica del sistema di alimentazione, con una espansione dei fianchi occidentale e settentrionale del vulcano, e un forte movimento di scivolamento dell'intero fianco orientale con spostamenti fino al decimetro.

- In seguito allo sciame sismico che ha colpito a novembre l'area di Acireale, sono state eseguite misure GPS sulla parte sud-orientale della rete, a cui sono state accodate ulteriori misure sulla parte nord-orientale per aggiornare gli spostamenti di quel versante e della faglia della Pernicana. I risultati di queste misure hanno permesso di aggiornare la decennale serie storica delle deformazioni riguardante i dati geodetici sulla Faglia della Pernicana. I risultati preliminari di tali confronti sono stati oggetto di rapporti interni.

4.2.2.2 Acquisizione di dati GPS con stazioni permanenti GPS

La manutenzione ordinaria e straordinaria dei sistemi osservativi di reti GPS permanenti ha garantito la continuità nell'acquisizione dei dati. Nell'attività di manutenzione vanno considerati anche gli adeguamenti dei sistemi di acquisizione, trasmissione e gestione dei dati, inclusi i sistemi HW di archiviazione ed i SW di elaborazione di cui hanno beneficiato tutte le aree oggetto di attività di monitoraggio geodetico da parte della Sezione di Catania. I dati acquisiti sono archiviati in specifici data-base, elaborati secondo procedure automatizzate e visualizzati in funzione della cadenza temporale di acquisizione e processamento tramite appositi software predisposti da tecnici e tecnologi della sezione di Catania INGV. In particolare vengono usate routine che gestiscono l'intero processamento dei dati in modalità tradizionale (su dati campionati ogni 30 sec. per 24 ore) per mezzo del software scientifico GAMIT-GLOBK, ivi compreso l'inserimento delle velocità calcolate delle stazioni remote, in un apposito sistema di riferimento (Etna@ref). Un altro software (RTD) si occupa invece dell'elaborazione in tempo reale dei dati campionati e trasmessi dalle stazioni remote con cadenza di 1 Hz. La visualizzazione dei dati (sia in forma di serie temporale che di mappe di velocità) viene svolta da apposite interfacce web realizzate sempre all'interno del Settore che gestisce le Reti permanenti GPS.

4.2.2.3 Misure dirette della deformazione (reti clinometriche ed estensimetriche)

La manutenzione ordinaria e straordinaria dei sistemi osservativi clinometrici ed estensimetrici ha garantito una buona continuità nell'acquisizione dei dati.

E' stata messa in trasmissione la stazione di Monte Gallo e predisposta per la trasmissione WiFi quella di Monte Spagnolo. E' stata avviato su tutte le stazioni un upgrade del *software* di controllo ed acquisizione dei dati che ha portato ad un abbattimento del rumore, grazie all'aumento della frequenza di campionamento (adesso è 1 Hz) e all'implementazione di un filtro sul numero di campioni molto più alto. Questa ha anche portata ad un miglioramento del *rate* di acquisizione ed immagazzinamento che per quasi tutte le stazioni è passato da un campione ogni 30 minuti ad uno ogni 10 minuti. Inoltre 2 delle stazioni sono attualmente campionate al minuto.

4.2.2.4 Interferometria SAR

Sono state svolte attività di misura delle deformazioni del suolo dell'area etnea con tecniche di interferometria SAR differenziale per il periodo 2009-2010, utilizzando dati acquisiti nell'ambito del progetto ASI-SRV e P.O. Sicilia, finalizzati all'analisi del campo deformativo dell'Etna.

I dati così analizzati sono stati integrati con quelli forniti dagli altri sistemi di monitoraggio al fine di migliorare la definizione delle sorgenti deformative connesse alla recente attività del vulcano. In particolare, è stata eseguita un'analisi di dettaglio del versante orientale del vulcano in seguito allo sciame sismico di aprile lungo la faglia della Pernicana, dove i dati SAR sono stati confrontati ed integrati con quelli delle misure discrete sulla rete GPS per ottenere un'informazione dettagliata del campo di deformazione prodotto dagli eventi sismici e analizzare il movimento della faglia.

A causa dello spostamento dell'orbita del satellite ENVISAT, la serie di dati SAR del sensore ASAR si è fermata a settembre 2010.

Grazie all'attivazione, nell'ambito del progetto ASI-SRV, di acquisizioni dei sensori SAR in banda X installati sui satelliti della costellazione Cosmo-SkyMed è stato possibile continuare il monitoraggio del vulcano anche per gli ultimi periodi dell'anno.

A seguito dall'incremento del rilascio sismico verificatosi nel novembre 2010 nel basso versante orientale, su richiesta del DPC, si è attivata una analisi ad alta risoluzione del versante orientale etneo, utilizzando le immagini COSMO-SkyMed ad alta risoluzione (SPOT). I risultati preliminari non evidenziano deformazioni permanenti nell'area di studio, confermando quanto rilevato dai dati GPS. I risultati di questa analisi di dettaglio hanno evidenziato come i dati COSMO SkyMed in formato Enhanced Spotligh, grazie all'elevata risoluzione spaziale (< 1m) e il ridotto tempo di rivisita globale (8giorni + 1 giorno in opzione tandem) siano un valido supporto al monitoraggio in ambiente vulcanico e in futuro si auspica la possibilità di poterli utilizzare per il monitoraggio delle aree sommitali etnee.

4.2.2.5 Etna - Livellazione di precisione

Nel marzo 2010 è stata effettuata dalle Sezioni INGV di Catania e di Napoli una campagna di livellazione di precisione che ha interessato sia il tratto delle rete altimetrica operante nel settore Nord-Orientale del vulcano, dove attraversa la Faglia di P.no Pernicana, che la nuova rete di livellazione installata nel novembre 2009, che attraversa la Faglia di Trecastagni, sul versante meridionale dell'apparato. I risultati di queste campagne di livellazione sono caratterizzati da un valore dell'errore chilometrico medio inferiore ad 1.0 mm/ km^{1/2}.

Il tratto di rete interessato dalle misure condotte nel marzo 2010 sulla di Piano Pernicana ha una lunghezza di circa 8 km. Le variazioni di quota, calcolate dal confronto dei dati rilevati nel novembre 2009 e nel marzo 2010, mostrano un progressivo abbassamento del suolo da nord a sud, senza una significativa perturbazione del campo di spostamento lungo la faglia attraversata.

I dati rilevati durante la campagne di marzo 2010 sulla rete lunga circa 8 km che attraversa la Faglia di Trecastagni, la cui direzione è circa NNW-SSE, rispetto a quelli quelli del novembre 2009 evidenziano una lieve subsidenza del blocco orientale della faglia.

A seguito dallo sciame sismico del 2-3 aprile che ha intressato P.no Pernicana, nello stesso mese è stata effettuata un'ulteriore campagna di livellazione nel settore Nord-Orientale del vulcano, lungo un tratto di 18 km che si attraversa la Faglia di P.no Pernicana. Dal confronto dei dati rilevati con quelli della campagna precedente (marzo 2010), è risultato in forte abbassamento del versante sud della struttura geologica, con un massimo di 6 cm in prossimità di questa, con una progressiva diminuzione al crescere della distanza dalla faglia, fino all'annullamento a circa 2 km.

4.2.2.6 Sintetica valutazione scientifica dei dati acquisiti

Il complesso dei dati geodetici acquisiti all'Etna indica che la generale fase di inflazione del vulcano, iniziata tra la fine del 2008 e l'inizio del 2009, si è osservata per quati tutto l'anno. Solo verso la fine del 2010 si è iniziato a manifestare un generale di trend di relativa stabilità che ha interrotto il precedente trend in evidente espansione.

Anche le forti velocità di feromazione osservate nel basso versante orientale del vulcano, mostrano una tendenza al rallentamento nel corso della seconda metà del 2010.

4.3. Vulcano-Lipari

4.3.1. Strumentazione disponibile

Lo schema che segue riassume la tipologia di stazioni permanenti o di capisaldi gestiti dalla Sezione di Catania.

| Tipologia di Stazioni permanenti o di capisaldi | N. |
|--|----|
| Stazioni Permanenti Multiparametriche (Clinometriche e GPS) | 3 |
| Stazioni Permanenti GPS | 6 |
| Stazioni Permanenti Clinometriche | 3 |
| Capisaldi per campagne di misure di Geodesia Terrestre (Stazione Totale) e GPS | 1 |
| Capisaldi per campagne di misure di Geodesia Terrestre (Stazione Totale) | 12 |
| Capisaldi per campagne di misure GPS | 27 |

Tabella 4.3.1 – Elenco e quadro di dettaglio delle stazioni delle reti permanenti GPS e clinometrica di Lipari-Vulcano (aggiornamento al 1 gennaio 2010).

| Sigla | Sito | Stumentazione | Tipo di monitoraggio | Trasmissione | Rate |
|-------|---------------------|--|----------------------|-------------------|---|
| VVLC | Vulcanello | Ricev.: Leica GX1220; Ant.: Trimble TRM29605; Sensore clino.: AGI mod. 722 | GPS & Clino. | WiFi + radio | GPS: 30/sec Clino: 1/30 camp./min. |
| VCSP | Campo Sportivo | Ricev.: Leica GRX1200GG Pro; Ant.: AT504; Sensore clino.: AGI mod. 722 | GPS & Clino. | WiFi + radio | GPS: 30/sec Clino: 1/30 camp./min.. |
| VGPL | Grotta Palizzi | Sito test clino Due sensori AGI mod 722 Un sensore AGI mod 500 | GPS & Clino. | gsm + radio | GPS: 30/sec Clino: 1/30 camp./min. |
| LOSV | Lipari Osservatorio | Ricev.: Leica GX1220; Ant.: AX1202GG | GPS | satellitare + lan | 1/30 sec. |
| IACL | Alicudi | Ricev.: Leica GMX902; Ant.: AT504 | GPS | satellitare | 1/30 sec. |
| IFIL | Filicudi | Ricev.: Leica GMX902; Ant.: AT504 | GPS | satellitare | 1/30 sec. |
| IVCR | Vulcano Cratere | Ricev.: Leica GRX1200; Ant.: AT504 | GPS | WiFi | 1/30 sec. |
| IVUG | Grillo | Ricev.: Leica GRX1200GG Pro; Ant.: AT504 | GPS | WiFi | 1/30 sec. |
| IVLT | Lentia | Ricev.: Leica GRX1200GG Pro; Ant.: AT504 | GPS | WiFi | 1/30 sec. |
| PZA | Pozzo AGIP | Sensore clino.: AGI mod. 722 | Clino. | radio | 1/30 min |
| SLT | Sotto Lentia | Sensore clino.: AGI mod. 722 | Clino. | radio | 1/30 min |
| RO3 | Roja 3 | Sensore clino.: AGI mod. 722 | Clino. | radio | 1/30 min |

4.3.2. Dati raccolti e modalità di immagazzinamento e divulgazione

Le principali attività di sorveglianza e monitoraggio geodetico svolte nell'area di Lipari-Vulcano nel corso del 2010 da parte della Sezione di Catania hanno riguardato la normale manutenzione dei sistemi osservativi permanenti, l'esecuzione delle campagne programmate.

- In particolare, a settembre è stata eseguita a settembre la consueta misura della rete di Lipari-Vulcano e della rete di Vulcano-Nord. In aggiunta, quest'anno si è proceduto a alla misura della rete della Forgia con GPS in modo semi-cinematico (stop&go). In tal modo, queste

misure verranno integrate in una unica soluzione comprendente le tre reti (Lipari-Vulcano, Vulcano-Nord e Forgia). Le reti misurate insieme sommano ad un totale di 36 capisaldi, cui vanno aggiunti i 5 delle stazioni permanenti, per un totale di 41 punti di misura del campo di deformazione dell'apparato vulcanico. Contestualmente alle misure delle reti sopraelencate, sono state svolte delle misure GPS per la perimetrazione e georeferenziazione del campo fumarolico sul cratere della Fossa. I dati raccolti sono stati confrontati con quelli della campagna condotta sulle stesse reti nel 2009 e le deformazioni osservate confermano la dominanza della tettonica trascorrente regionale sull'intero complesso, con un movimento relativo dell'isola di Lipari verso Sud rispetto all'isola di Vulcano.

- È stata anche eseguita, in collaborazione con la sezione di Bologna dell'INGV, una seconda serie di misure tramite Laser Scanner sulla Forgia. Dai primi confronti con le misure precedenti, eseguite circa un anno prima, risulta evidente un arretramento di tutto il settore instabile e interessato dall'attività fumarolica.
- La manutenzione ordinaria delle reti GPS permanenti ha garantito un'elevata la continuità nell'acquisizione dei dati. Questa rete ha beneficiato dell'adeguamento dei sistemi di acquisizione e gestione dei dati realizzati presso la Sezione di Catania, già descritti per l'apparato vulcanico dell'Etna.
- Oltre l'ordinaria manutenzione della rete, nel corso del 2010 è stata ripristinata la stazione clinometrica di Grotta Palizzi. I dati clinometrici acquisiti a Vulcano nel 2010 non hanno evidenziato particolari variazioni del pattern deformativo dell'isola. Le stazioni hanno però registrato una variazione cosismica il 16-08-2010 tra le 12:30 e le 13:00 in corrispondenza del evento delle 12:54 di magnitudo 4.8 localizzato circa 9 km a SW dell'isola.

4.4. Stromboli

4.4.1. Strumentazione disponibile

Lo schema che segue riassume la tipologia di stazioni permanenti o di capisaldi gestiti dalla Sezione di Catania.

| Tipologia di Stazioni permanenti o di capisaldi | N. |
|--|----|
| Stazioni Permanenti Multiparametriche (Clinometriche e GPS) | 2 |
| Stazioni Permanenti GPS | 3 |
| Capisaldi per campagne di misure di Geodesia Terrestre (sistema THEODOROS) | 23 |

| Sigla | Sito | Stumentazione | Tipo di monitoraggio | Trasmissione | Rate |
|-------|-------------------------|---|----------------------|--------------|--|
| SCPS | Centro Operativo GNV | Ricev.: Leica SR503 Ant.: AT 504 | GPS | WiFi + radio | GPS: 30/ sec |
| SPLN | Punta Lena | Ricev.: Leica GX 1200 Ant.: AX 1202 GG | GPS | WiFi + radio | GPS: 30/ sec Clino: 1/1 camp./min. |
| SVIN | COA S. Vincenzo | Ricev.: Leica GX 1200 Ant.: AX 1202 GG | GPS | WiFi + radio | GPS: 30/sec |
| COA | COA S. Vincenzo | Sensore clino.: AGI mod. Lily | Clino. | Lan | 1/1 min |
| SPLB | Punta Labronzo | Ricev.: Leica GX 1200 Ant.: AX 1202 GG Sensore clino.: AGI mod. 722 | GPS & Clino. | WiFi + radio | GPS: 30/sec Clino: 1/1 camp./min.. |
| STDF | Timpone Del Fuoco | Ricev.: Leica GX 1200 Ant.: AX 1202 GG Sensore clino.: AGI mod. 722 | GPS & Clino. | WiFi + radio | GPS: 30/sec Clino: 1/30 camp./min. |
| TDF | Timpone Del Fuoco prof. | Sensore clino.: non ancora installato | Clino | Radio | 1/1 camp./min. |

4.4.2. Dati raccolti e modalità di immagazzinamento e divulgazione

Nel corso del 2010 le attività di manutenzione ordinaria e straordinaria dei sistemi osservativi gestiti dalla Sezione di Catania hanno portato ad una buona continuità nell'aquisizione dei dati.

Dopo oltre un anno è stato finalmente possibile effettuare la sistemazione definitiva della stazione GPS a Punta Lena, grazie alla disponibilità dell'elicottero del DPC a ottobre, inclusa la pulizia del sito delle infrastrutture danneggiate nel 2008.

Nel corso dell'anno si sono verificate delle prolungate interruzioni nella serie di dati del sistema THEODORS a Labronzo, a causa di guasti alla stazione totale che sono stati risolti, con una manutenzione straordinaria sullo strumento, solo a fine anno.

Anche in questo caso, le reti GPS permanenti e clinometriche hanno beneficiato dell'adeguamento dei sistemi di acquisizione e gestione dei dati realizzati presso la Sezione di Catania, già descritti per l'apparato vulcanico dell'Etna.

A Timpone del Fuoco sono state installate alcune strumentazioni di monitoraggio delle condizioni idrogeologiche del sito in vista dell'installazione del clinometro Lily in foro profondo -33 metri.

4.4.3 Sintetica valutazione scientifica dei dati acquisiti

I dati geodetici acquisiti a Stromboli nel 2010 hanno confermato una sostanziale stabilità nel pattern deformativo dell'isola, sia nel breve-medio periodo (giorni-settimane) che nei trend a lungo periodo.

4.5. Pantelleria

4.5.1. Strumentazione disponibile

Lo schema che segue riassume la tipologia di stazioni permanenti o di capisaldi gestiti dalla Sezione di Catania.

| Tipologia di Stazioni permanenti o di capisaldi | N. |
|---|----|
| Stazioni Permanenti Multiparametriche (Clinometriche e GPS) | 3 |
| Capisaldi per campagne di misure GPS | 10 |

| Sigla | Sito | Stumentazione | Tipo di monitoraggio | Trasmissione | Rate |
|-------|--------------------|---|----------------------|-------------------------------|---|
| PZND | Zinedi | Ricev.: Leica GX 1200 Pro Ant.: AT 504 Sensore clino.: AGI mod. 722 | GPS & Clino. | GPRS (GPS); locale (clino) | GPS: 30/ sec Clino: 1/30 camp./min. |
| PSCR | Scauri | Ricev.: Leica GX 1200 Pro Ant.: AT 504 Sensore clino.: AGI mod. 722 | GPS & Clino. | GPRS (GPS); locale (clino) | GPS: 30/ sec Clino: 1/30 camp./min. |
| PSGL | Serra Ghirlanda | Ricev.: Leica GX 1200 Pro Ant.: AT 504 Sensore clino.: AGI mod. 722 | GPS & Clino. | GPRS (GPS); locale (clino) | GPS: 30/ sec Clino: 1/30 camp./min. |

4.5.2. Dati raccolti e modalità di immagazzinamento e divulgazione

Nel corso del 2010 la Sezione di Catania ha garantito l'ordinaria manutenzione delle stazioni GPS permanenti e clinometriche. I dati delle reti permanenti GPS non evidenziano, nel corso del 2010, sostanziali variazioni.

5. Monitoraggio sismico delle aree vulcaniche

5.1. Vulcani attivi della Campania (Vesuvio, Campi Flegrei, Ischia)

5.1.1. La Rete Sismica dell'area vulcanica napoletana

La Rete Sismica dell'INGV - Osservatorio Vesuviano è costituita da 28 stazioni sismiche a corto periodo (14 a componente verticale e 14 triassiali), 13 stazioni digitali broadband, 5 dilatometri, 1 array sismico (16 elementi triassiali a corto periodo), 13 microfoni infrasonici, 2 idrofoni, 1 accelerometro e da una stazione sismica OBS, tutti con trasmissione continua dei segnali al Centro di Monitoraggio. La Rete è progettata per il monitoraggio delle aree vulcaniche attive della Campania (Vesuvio, Campi Flegrei, Ischia) e fornisce informazioni relative alla sismicità a scala regionale in collaborazione con la Rete Sismica Nazionale Centralizzata (INGV – Centro Nazionale Terremoti). L'attuale geometria della rete, in condizioni di basso rumore sismico di fondo, consente di localizzare in maniera affidabile anche alcuni eventi sismici con $M < 1$, nelle aree del Vesuvio e dei Campi Flegrei.

In Tab.5.1.1.1 sono riportati i dettagli di configurazione delle stazioni della rete permanente INGV-OV e nella Fig.5.1.1.1 è rappresentata la relativa mappa.

Tabella 5.1.1.1 – Stazioni della rete sismica al 31/12/2010.

| Stazione | Sigla | Tipologia | Sensori sismici | Trasmissione |
|--------------------------------------|-------|--|---------------------------------|--------------------------------|
| Arco Felice | ARCO | Dilatometro + Broadband | Guralp CMG40-T | Link ADSL |
| Array Vesuvio | ARV | 16 Digitali 3C + Broadband +Microfono | Guralp CMG40-T | Wifi su cratere |
| Astroni Est | ASE | Analogica 1C | Mark L4-C | Radio diretta |
| Bunker Est | BKE | Analogica 3C | Geotech S13 | Radio ponte su PPV |
| Castello Aragonese | CAI | Analogica 3C | Mark L4-3D | Radio diretta |
| Array infrasonico Via Diocleziano | CAID | 4 Microfoni | | Link diretto |
| Posillipo | CAP | Analogica 1C | Mark L4-C | Diretta via cavo |
| Baia | CBAC | Digitale 3C + Analogica 1C + Microfono | Lennartz 3D lite Geotech S13 | Wifi su ciminiera Italsider |
| Dip. Fisica M.S. Angelo | CMSA | Broadband | Guralp CMG40-T | Link Internet GARR |
| Molo Bagnoli ex Italsider | CPBN | Idrofono | | Wifi su ciminiera Italsider |
| Golfo di Pozzuoli | CSFB | Broadband OBS + Idrofono | | Wifi su ciminiera Italsider |
| Solfatarà bordo | CSOB | Broadband+ Accelerometro+ Microfono | Guralp CMG40-T+ Episensor | Wifi verso via Diocleziano |
| Camaldoli della Torre | CMDT | Dilatometro + Broadband | Guralp CMG40-T | Link ADSL |

| | | | | |
|------------------------------|------|---|---|---|
| Pisciarelli | CPIS | Broadband+ Microfono | Guralp CMG40-T | Radio UHF diretta |
| Cappella Vecchia | CPV | Analogica 3C | Mark L4-3D | Radio diretta |
| Vesuvio Cratere Ovest | CRTO | Digitale 3C+ Microfono | Lennartz 3D lite | Wifi verso Sede Storica OV |
| Deposito Marina | DMP | Analogica 3C | Mark L4-3D | Linea telefonica CDA |
| Osservatorio Vesuviano | EROV | Dilatometro | | Fibra ottica verso Sede Storica OV |
| Ercolano | HR9 | Analogica 1C | Mark L4-C | Radio diretta |
| Forio d'Ischia | IFOR | Broadband + Analogica 1C | Guralp CMG40-T + Mark L4-C | ADSL+ Radio ponte su Massico |
| Monte Ruscello | MRUS | Dilatometro+ Broadband | Guralp CMG40-T | Link ADSL |
| Monte Massico | MSC | Analogica 1C | Geotech S13 | Radio ponte sul Vesuvio |
| Nisida | NIS | Analogica 3C | Mark L4-3D | Linea telefonica CDA |
| Nola | NL9 | Analogica 1C | Geotech S13 | Radio diretta |
| Casamicciola | OC9 | Analogica 3C | Mark L4-3D | Radio diretta |
| Ottaviano | OTV | Analogica 1C | Mark L4-C | Radio ponte su Nola |
| Pescosannita | PE9 | Analogica 1C | Geotech S13 | Linea telefonica CDA |
| Pollena | POB | Broadband | Guralp CMG40-T | Radio diretta |
| Pozzuoli | POZ | Analogica 1C | Mark L4-C | Radio ponte su BAC |
| Pompei | PPV | Analogica 1C | Mark L4-C | Radio diretta |
| Quarto | QUAR | Dilatometro + Broadband | Guralp CMG40-T | Link ADSL |
| Solfatara | SFT | Analogica 3C+ Microfono | Mark L4-3D | Linea telefonica CDA |
| San Gregorio Matese | SGG | Analogica 3C | Geotech S13 | Radio ponte sul Vesuvio |
| Sorrento | SOR | Analogica 3C | Geotech S13 | Radio diretta |
| Solfatara Tennis Hotel | STH | Analogica 3C | Mark L4-3D | Linea telefonica CDA |
| San Sebastiano | SSB | Analogica 1C | Mark L4-C | Radio diretta |
| Torre del Greco | TDG | Analogica 1C | Mark L4-C | Radio diretta |
| Terzigno | TRZ | Analogica 1C | Mark L4-C | Radio ponte su PPV |
| Trevico | TR9 | Analogica 3C | Geotech S13 | Linea telefonica CDA |
| Vesuvio Bunker Nord | VBKN | Broadband + Microfono | Guralp CMG40-T | Ponte wfi su VVDG |
| Vesuvio Cratere Est | VCRE | Broadband + Microfono | Guralp CMG40-T | Wifi su CMDT |
| Osservatorio Vesuviano | VOVO | Analogica 3C+ Broadband + Microfono broadband | Geotech S13 + Trillium 120s + Chaparral 25V | Radio diretta e fibra ottica+Wireless verso Posillipo |
| Vesuvio Tirone | VTIR | Broadband + Microfono | Guralp CMG40-T | Ponte wifi su VCRE |
| Vesuvio Valle del Gigante | VVDG | Digitale 3C + Microfono | Lennartz 3D-Lite | Ponte wifi su cratere Vesuvio |

INGV - Osservatorio Vesuviano Rete permanente di monitoraggio sismico



Figura 1 - Mappa della rete sismica

Figura 5.1.1.1 – Mappa della rete sismica

5.1.2 Vesuvio

Nel corso del 2010, la rete sismica del Vesuvio ha registrato un totale di 1015 eventi locali, ripartiti nelle diverse tipologie riportate in Fig.5.1.2.2.

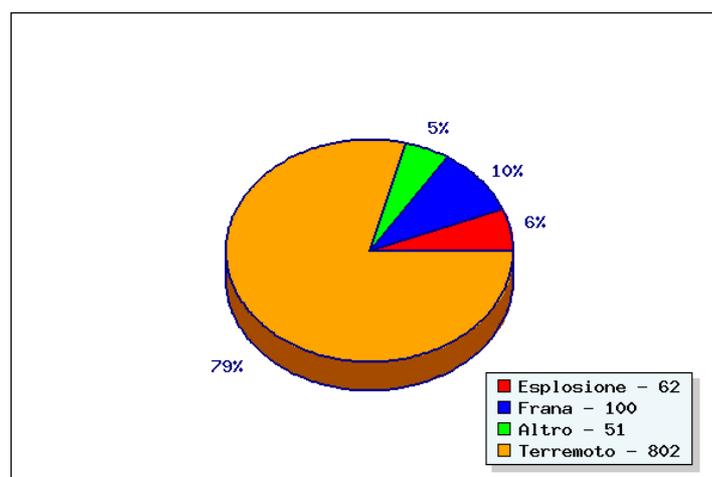


Figura 5.1.2.2 – Distribuzione percentuale degli eventi vesuviani per tipologia nel 2010. Le esplosioni riportate sono tutte di origine artificiale.

Per quanto riguarda l'attività sismica naturale nel corso del 2010 sono stati registrati 802 terremoti, la maggior parte dei quali di magnitudo inferiore a 1.5 (Fig.5.1.2.6). Il numero di eventi registrati

alla stazione di riferimento OVO non si discosta significativamente da quello medio degli anni precedenti (Fig. 5.1.2.2). Tutti i terremoti localizzati risultano al di sotto dell'area craterica, con ipocentri fortemente concentrati nei primi tre chilometri di profondità (Fig. 5.1.2.4). Non si evidenziano sostanziali variazioni nella distribuzione delle profondità ipocentrali negli ultimi 5 anni (Fig. 5.1.2.4 e Fig. 5.1.2.5), a parte un leggero incremento nel numero degli eventi più superficiali, parzialmente imputabile al potenziamento della rete sismica nella zona sommitale del vulcano.

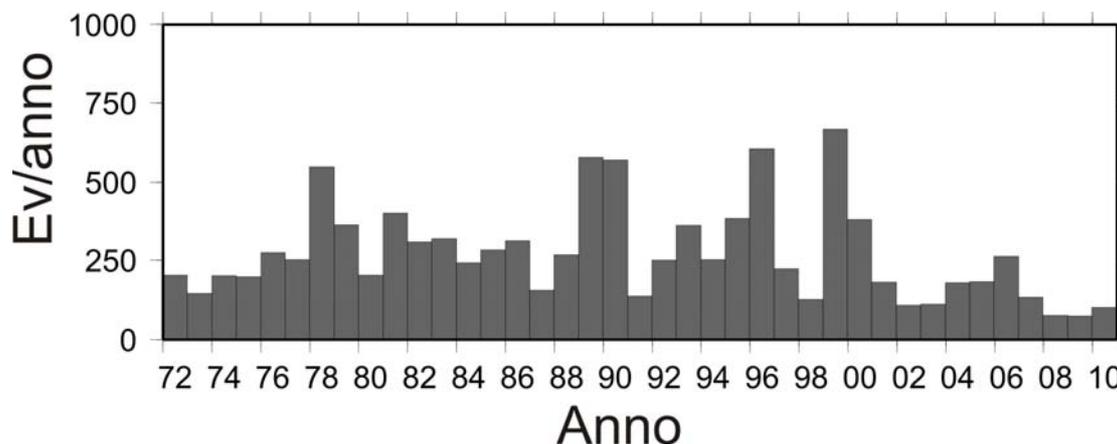


Figura 5.1.2.3 – Numero di eventi sismici vesuviani per anno (registrati alla stazione OVO) dal 1972 al 2010.

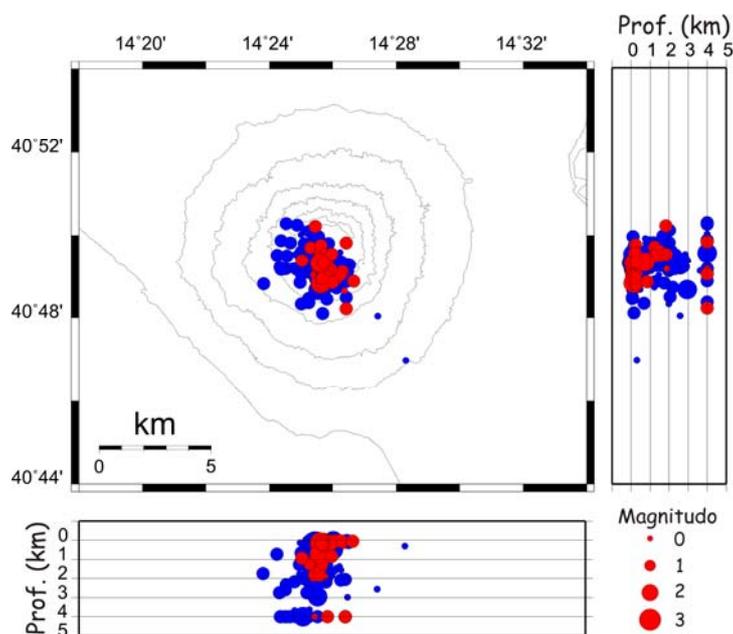


Figura 4 – Localizzazione degli ipocentri nell'area vesuviana durante gli ultimi 5 anni (in blu) e nel 2010 (in rosso).

I parametri ipocentrali degli eventi di magnitudo maggiore o uguale a 2.0 sono riportati in Tab.2.

Tabella 5.1.2.2 - Parametri ipocentrali degli eventi vesuviani con $M \geq 2.0$ localizzati nel 2010

| Data | Ora | Lat | Long | Prof (Km) | Md |
|------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----|
| 2010/01/27 | 23:56:19 | 40°49'18" | 14°25'43" | 0.13 | 2.1 |
| 2010/05/09 | 00:04:34 | 40°49'18" | 14°25'36" | 0.15 | 2.1 |
| 2010/12/12 | 20:56:13 | 40°48'49" | 14°25'37" | 0.11 | 2.0 |
| 2010/12/17 | 01:33:55 | 40°49'20" | 14°25'36" | 0.72 | 2.6 |

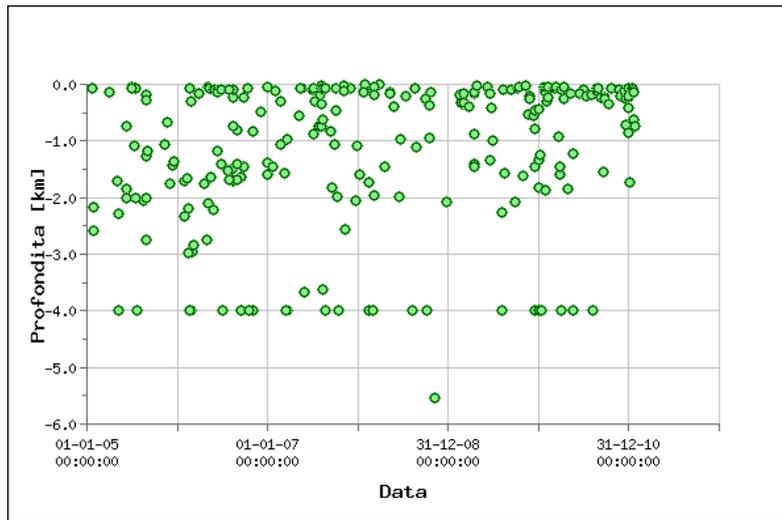


Figura 5.1.2.5 – Variazione temporale della profondità ipocentrale dei terremoti vesuviani localizzati nel corso degli ultimi 5 anni

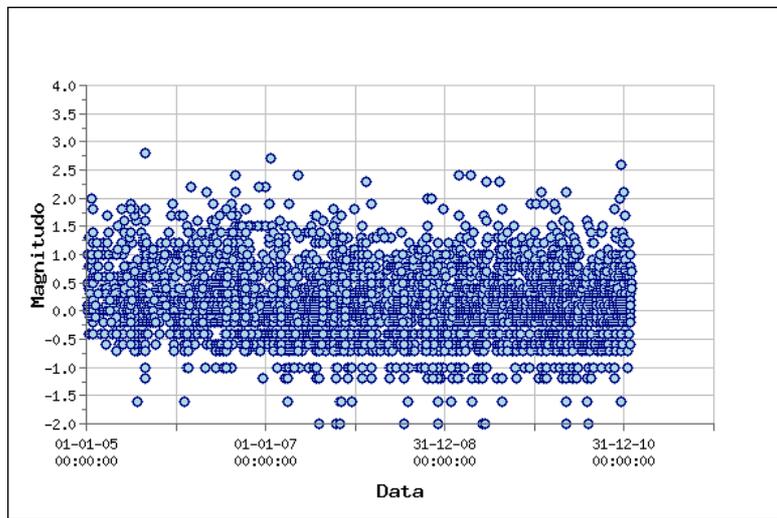


Figura 5.1.2.6 - Variazione temporale della magnitudo dei terremoti vesuviani nel corso degli ultimi 5 anni

La sismicità del Vesuvio è caratterizzata, analogamente ad altri vulcani, spesso dalla presenza di sciami sismici. In Tab.3 sono riportati i principali sciami registrati nel corso del 2010. Le profondità si riferiscono alla media degli eventi principali localizzati. Per alcuni sciami non è stato possibile localizzare nessun evento a causa della piccola magnitudo. Le differenze dei tempi di arrivo delle fasi P ed S suggeriscono comunque ipocentri molto superficiali, localizzati all'interno del Gran Cono.

Tabella 5.1.2.3 – Principali sciami sismici registrati al Vesuvio nel corso del 2010.

| Inizio sciame | Fine sciame | N. eventi | Mmax | Prof. (km) |
|---------------|-------------|-----------|------|------------|
| 09/05 00:04 | 09/05 00:04 | 27 | 2.1 | 0.15 |
| 06/06 02:01 | 06/06 02:55 | 33 | 0.9 | <0 |
| 27/11 12:22 | 27/11 18:24 | 14 | 1.4 | <0.5 |

5.1.3 Campi Flegrei

Nel corso del 2010 le stazioni sismiche installate nell'area flegrea hanno registrato una serie di eventi (Fig. 5.1.3.1) tra cui 174 eventi vulcano-tettonici di piccola magnitudo e 14 eventi con caratteristiche simili agli eventi long-period, anche se con un spettro spostato a frequenze più elevate. La magnitudo di questi eventi è in genere inferiore ad 1.0. In Tab.5.1.3.1 sono riportati gli eventi con $M \geq 1.0$. Oltre agli eventi sismici naturali, sono state registrate anche 14 esplosioni artificiali nel Golfo di Pozzuoli.

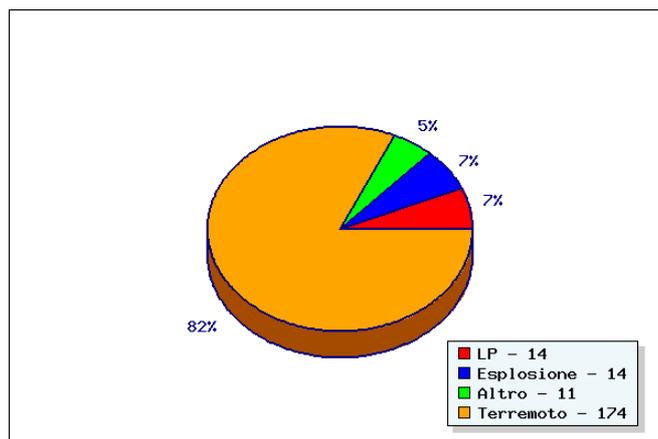


Fig. 5.1.3.1 – Distribuzione percentuale degli eventi flegrei per tipologia nel 2010.

Tabella 5.1.3.1 - Parametri ipocentrali degli eventi flegrei con $M \geq 1.0$ localizzati durante il 2010.

| Data | Ora | Lat | Long | Prof(Km) | Md |
|------------|----------|-----------|-----------|----------|-----|
| 2010/01/29 | 17:34:48 | 40°50'33" | 14°09'38" | 4.3 | 1.1 |
| 2010/03/30 | 16:25:46 | 40°49'52" | 14°09'06" | 1.84 | 1.0 |
| 2010/03/30 | 16:29:05 | 40°49'45" | 14°09'06" | 2.32 | 1.1 |
| 2010/03/30 | 16:30:53 | 40°49'45" | 14°09'06" | 1.82 | 1.0 |
| 2010/03/30 | 16:34:27 | 40°49'52" | 14°09'06" | 1.83 | 1.2 |
| 2010/03/30 | 16:40:23 | 40°49'52" | 14°09'06" | 1.86 | 1.2 |

La maggior parte degli eventi localizzati (Fig. 5.1.3.2) ricade nell'area Agnano-Solfatara, la stessa interessata dalla maggior parte degli eventi sismici negli ultimi anni. Gli eventi risultano concentrati in uno sciame sismico riportato in Tab.5.1.3.2. A causa della piccola entità degli eventi, per molti non è stato possibile calcolare la magnitudo.

Tabella 5.1.3.2 – Sciami sismici registrati nei Campi Flegrei nel corso del 2010.

| Inizio sciame | Fine sciame | N. eventi | Mmax |
|---------------|-------------|-----------|------|
| 30/03 16:10 | 30/03 17:16 | 140 | 1.2 |
| 07/07 13:11 | 07/07 13:32 | 9 | -0.3 |
| 25/07 13:36 | 25/7 13:38 | 6 | -0.3 |
| 26/07 19:38 | 26/07 19:53 | 9 | -0.5 |

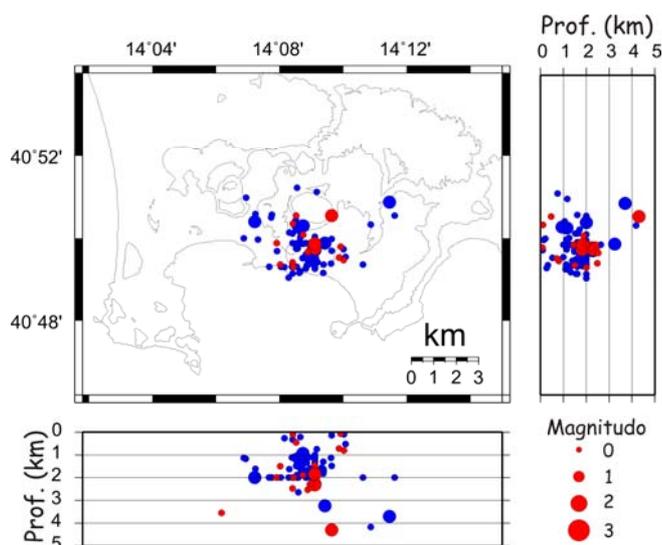


Figura 5.1.3.2 – Localizzazione degli ipocentri nell'area flegrea durante gli ultimi 5 anni (in blu) e nel 2010 (in rosso).

L'8 Giugno sono stati registrati 14 eventi di piccola ampiezza. Tali eventi presentano delle caratteristiche analoghe a quelli degli eventi long-period (spettro composto di picchi discreti) anche se il loro range spettrale è compreso tra i 5 ed i 20 Hz. Eventi simili a questi sono stati osservati il 24/3/2005.

5.1.4 Ischia

La rete sismica di Ischia durante il 2010 non ha registrato eventi sismici naturali locali. In Fig. 5.1.4.1 è riportata la sequenza temporale di accadimento dei terremoti avvenuti sull'isola negli ultimi 5 anni con la relativa magnitudo

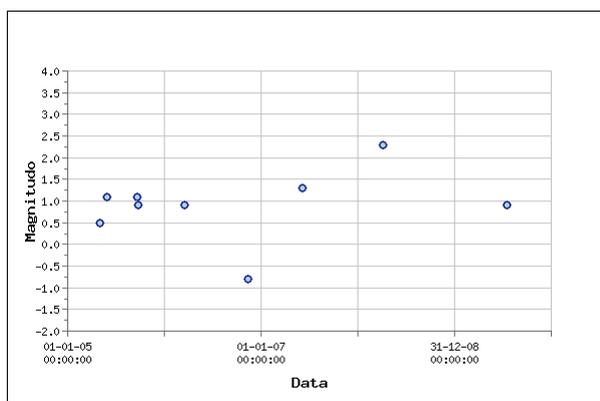


Figura 5.1.4.1 – Distribuzione delle magnitudo degli eventi registrati ad Ischia negli ultimi 5 anni.

5.1.5 Rete Sismica Mobile

Nel corso del 2010 la Rete Sismica Mobile ha operato alcune significative variazioni sulle stazioni installate nelle aree vulcaniche campane: a gennaio è stata installata la stazione MDV2 a Pomigliano d'Arco, in area vesuviana; a febbraio è stata installata la stazione BULG, nella conca di Agnano, zona Campi Flegrei. Tuttavia la novità di maggior rilievo è l'installazione dell'array sismico

ARF nell'area del comune di Pozzuoli. Nulla è cambiato invece per le due stazioni operative in ambito regionale lontano dai vulcani (SCP2 a San Cipriano Picentino, e SMFK a Castel San Giorgio). Pertanto, nel corso del 2010, la Rete Mobile ha gestito 9 stazioni sismiche a larga banda (di cui 3 multisensore) ed un array nell'area dei Campi Flegrei, 3 stazioni a larga banda (di cui 1 multisensore) sul Vesuvio e 2 stazioni in ambito regionale.

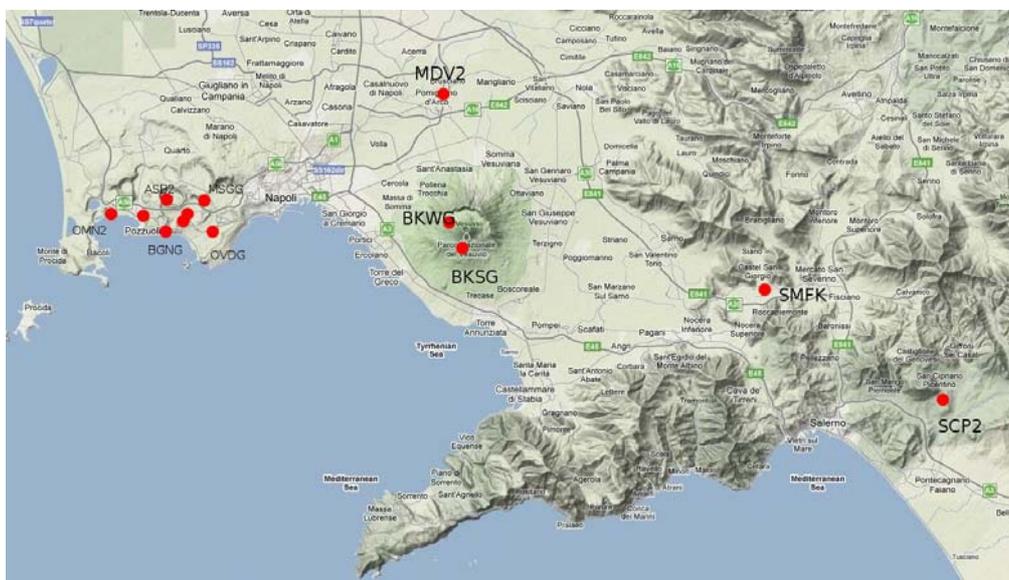


Figura 5.1.5.1 – Stazioni della Rete Sismica Mobile operative nel 2010.

Tabella 5.1.5.1 – Caratteristiche della Rete Sismica Mobile nelle aree vulcaniche attive della Campania.

| Rete Mobile Campi Flegrei nel 2010 | | | | | | | |
|------------------------------------|--------------------|--------------------------------------|--------------------|----------------------|---------|---------|------------------|
| Sigla | Acquisitore | Sensore | Data installazione | Frequenza camp. (Hz) | Lat | Long | Quota (m s.l.m.) |
| AMS2 | MARSlite | LE-3D/20s | Gennaio 2006 | 125 | 40.8264 | 14.1604 | 35 |
| ASB2 | MARSlite | LE-3D/20s | Novembre 2004 | 125 | 40.8435 | 14.1459 | 12 |
| BGNB | M24 | Guralp CMG-40T Episensor FBA ES-T | Ottobre 2005 | 125 | 40.8189 | 14.1454 | 4 |
| BULG | MARSlite | Geotech KS2000 | Febbraio 2010 | 125 | 40.8312 | 14.1627 | 18 |
| CELB | Reftek 130 | Geotech KS2000 Episensor FBA ES-T | Marzo 2008 | 100 | 40.8320 | 14.1231 | 50 |
| MSGG | M24 / MARSlite | Geotech KS2000 | Gennaio 2009 | 100/125 | 40.8424 | 14.1824 | 120 |
| OMN2 | MARSlite | LE-3D/20s | Giugno 2005 | 125 | 40.8333 | 14.0904 | 40 |
| OVDG | M24 | Geotech KS2000 | 2003 | 100 | 40.8197 | 14.1827 | 14 |
| ARF (array) | Reftek 130 18MC | 6 Lennartz LE-3Dlite | Agosto 2010 | 100 | 40.8320 | 14.1231 | 50 |

| Rete Mobile Vesuvio nel 2010 | | | | | | | |
|------------------------------|--------------------|--------------------------------------|--------------------|----------------------|---------|---------|------------------|
| Sigla | Acquisitore | Sensore | Data installazione | Frequenza camp. (Hz) | Lat | Long | Quota (m s.l.m.) |
| BKSG | MARSlite | Guralp CMG-40T | Ottobre 2008 | 125 | 40.8065 | 14.4220 | 600 |
| BKWG BKWK | MARSlite Taurus | Guralp CMG-40T Episensor FBA ES-T | Ottobre 2008 | 125 100 | 40.8242 | 14.4143 | 834 |
| MDV2 | MARSlite | LE-3D/20s | Gennaio 2010 | 125 | 40.9152 | 14.4022 | 45 |

Tra le varie analisi effettuate, sono stati rilocalizzati i terremoti rilevati nel periodo gennaio-ottobre 2010 nell'area dei Campi Flegrei utilizzando i tempi di arrivo delle fasi P ed S sui segnali rilevati sia dalla Rete Mobile che dalla Rete Sismica Permanente. L'analisi è stata effettuata mediante algoritmi di ricerca su griglia (Lomax et al., 2000), utilizzando il modello di velocità 3D (Zollo e Judenherc, 2004). Del data set originario, composto da 161 eventi, 147 costituiscono appartengono allo sciame sismico verificatosi il 30 marzo 2010. Di questo sciame 75 eventi sono risultati localizzabili. La densità di probabilità di localizzazione è riportata in figura 5.1.5.2 e mostra una profondità prevalente tra 1 e 2 Km al di sotto del livello del mare.

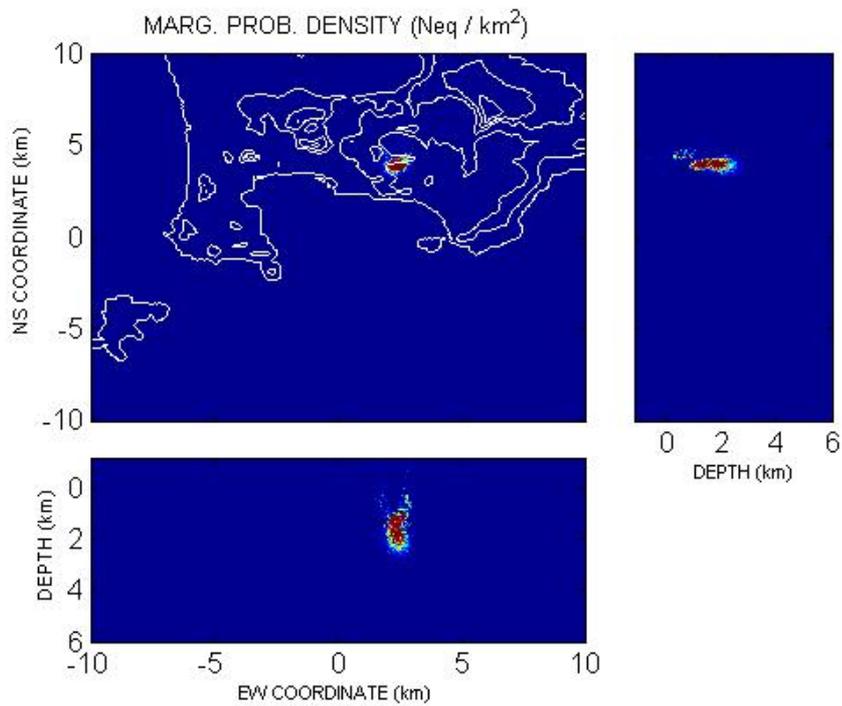


Figura 5.1.5.2 – Densità di probabilità per le localizzazioni relative allo sciame sismico avvenuto ai Campi Flegrei il 30 marzo 2010.

Con la stessa tecnica sono stati localizzati gli eventi sismici del Vesuvio rilevati nel periodo gennaio-ottobre 2010 (17 eventi), integrando i segnali rilevati sia alla Rete Mobile che alla Rete Permanente. La sismicità risulta concentrata in area craterica ed interessa i primi 3 Km di profondità.

5.2 Stromboli

L'installazione della Rete Sismica Broadband di Stromboli (RSBS) è iniziata nel Gennaio 2003 a seguito dell'emergenza relativa alla crisi eruttiva dello Stromboli, iniziata nel Dicembre 2002. Tale rete consta attualmente di 14 stazioni broadband digitali in trasmissione continua verso le sedi INGV di Napoli, Catania e Roma (Tab. 5.2.1 e Fig. 5.2.1).

Tutte le stazioni sono dotate di sensore broadband Guralp CMG 40T e acquisitore digitale GAIA sviluppato dall'INGV. La trasmissione avviene per alcune stazioni via radiomodem UHF verso i centri di acquisizione a Stromboli (presso COA) e verso Lipari (Osservatorio INGV). Per altre invece avviene attraverso la rete wireless resa operativa nel 2006 con centralizzazione al COA. Attualmente tale rete wireless consiste di 11 nodi e copre la maggior parte dell'area dell'isola.

Dai centri di Stromboli e Lipari i dati vengono poi trasmessi in tempo reale, attraverso la rete GARR, alle sale operative INGV di Napoli, Catania e Roma.

Tabella 5.2.1 – Stazioni delle Rete Sismica Broadband di Stromboli

| Stazione | Sigla | Trasmissione |
|---------------------------------|-------|--------------------------------|
| Le Mandre | STR1 | Radiomodem Stromboli |
| Semaforo S.Vincenzo | STR3 | Radiomodem Stromboli |
| Punta Lena | STR4 | Wireless+Fibra ottica |
| Vigna Vecchia | STR5 | Radiomodem Lipari |
| Guardiani | STR6 | Radiomodem Lipari |
| Chiappe Lisce | STR8 | Radiomodem Stromboli |
| Valle della Luna | STR9 | Radiomodem Lipari |
| Pizzo | STRA | Radiomodem Stromboli |
| Serro delle Capre | STRB | Radiomodem Lipari |
| Timpone del Fuoco | STRC | Wireless+Fibra ottica |
| Serro Barabba | STRD | Radiomodem Lipari |
| Filo del Fuoco | STRE | Wireless Labronzo+Fibra ottica |
| Labronzo | STRG | Wireless Labronzo+Fibra ottica |
| S.Vincenzo (dilatometro) | SVO | Diretta COA |
| Timpone del Fuoco (dilatometro) | TDF | Wireless Labronzo+Fibra ottica |

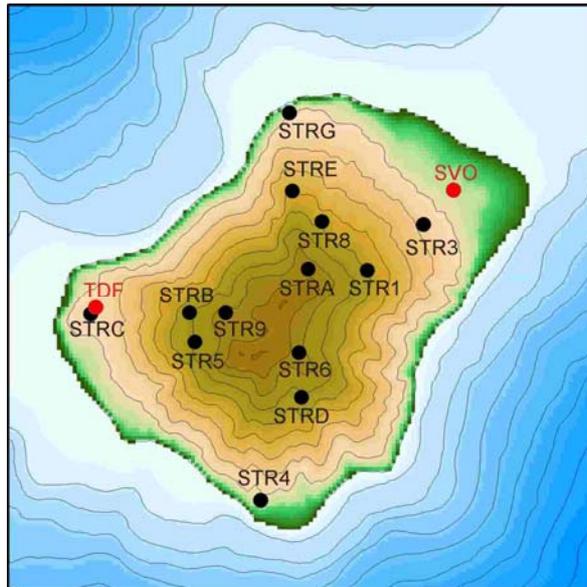


Figura 5.2.1 – Mappa della rete sismica e dilatometrica di Stromboli

Durante il 2010 le variazioni nei parametri sismologici dello Stromboli hanno mostrato un andamento globalmente stabile.

L'ampiezza del tremore vulcanico (Fig. 5.2.2) si è mantenuta generalmente su livelli medio-bassi, con l'eccezione del periodo compreso tra maggio ed ottobre, quando ha raggiunto valori bassi.

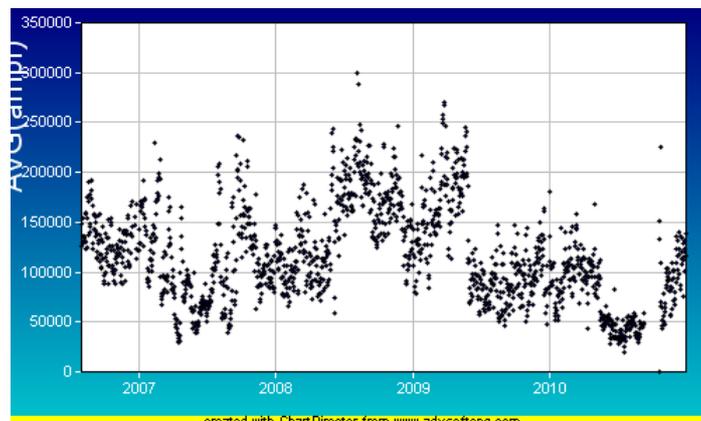


Figura 5.2.2 – Ampiezza del tremore vulcanico alla stazione STR8 dall'Agosto 2006.

La frequenza di accadimento dei VLP (Fig. 5.2.3) ha mostrato un trend in aumento, raggiungendo a Dicembre anche picchi di 25 eventi/ora. L'ampiezza degli eventi (Fig. 5.2.4) si è mantenuta generalmente su valori medio-bassi, anche se ha mostrato una variabilità leggermente superiore a quella degli anni precedenti.

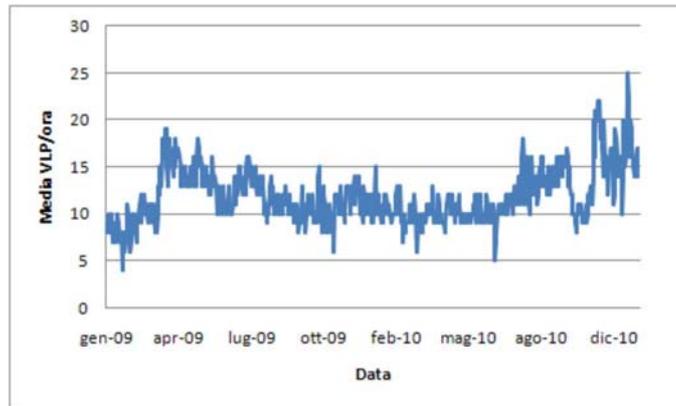


Figura 5.2.3 – Numero medio di eventi VLP/ora da Gennaio 2009.

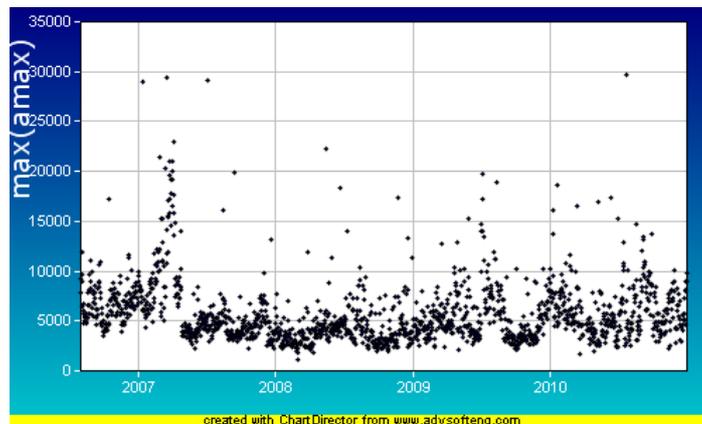


Fig. 5.2.4 – Ampiezza massima giornaliera degli eventi VLP alla stazione STR1 dall'Agosto 2006

Le localizzazioni automatiche effettuate mediante analisi della funzione semblance radiale hanno mostrato variazioni molto limitate (Fig. 5.2.5). La profondità degli ipocentri si è mantenuta tra i 400 e i 500 m s.l.m.

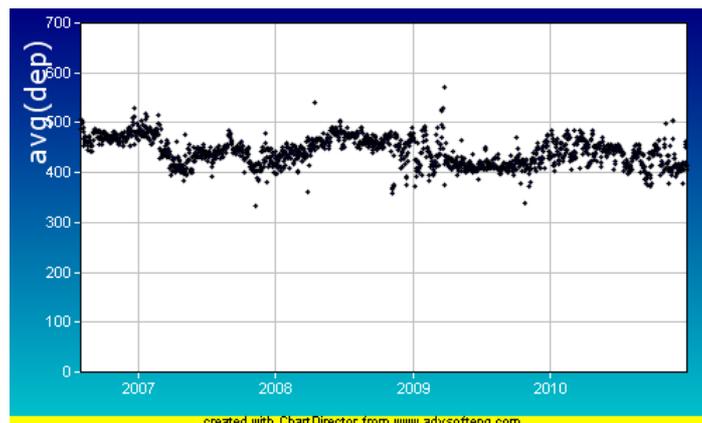


Fig. 5.2.5 – Andamento della profondità ipocentrale media degli eventi VLP dall'Agosto 2006 (a sinistra) e nel 2010 (a destra).

Nel corso del 2010 inoltre si sono verificati 6 eventi esplosivi maggiori. In fig. 5.2.6 sono confrontati i segnali sismici di questi eventi. Si nota l'elevata ampiezza della componente ad alta frequenza dell'evento del 30/6. Il segnale infrasonico legato a tale evento è stato distintamente registrato da

tutta le rete infrasonica dell'area napoletana. In particolare in Fig. 5.27 sono riportati i segnali registrati dall'array a 4 elementi installato presso la sede INGV-OV di Via Diocleziano.

L'evento del 19/12 presenta una forte componente a bassa frequenza e l'evento principale è preceduto da 2 eventi minori. Le sue caratteristiche generali sono comunque simili alle altre esplosioni maggiori.

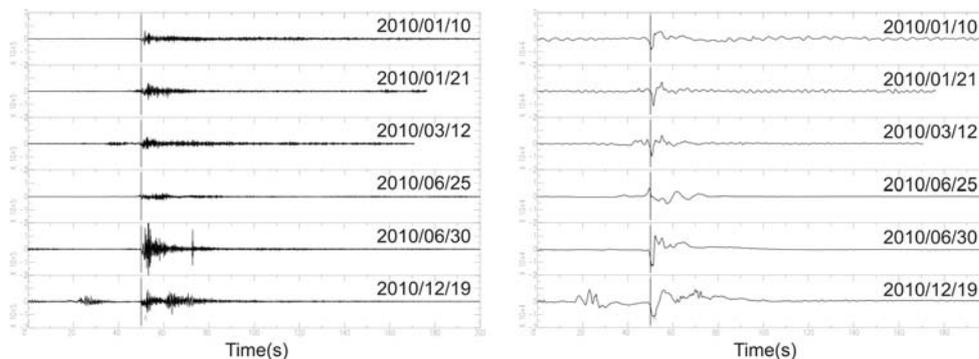


Figura 5.2.6 – Confronto tra i segnali sismici delle esplosioni maggiori osservate nel 2010. I segnali sono relativi alla comp. EW nella stazione STR1. A destra i segnali filtrati nella banda VLP.

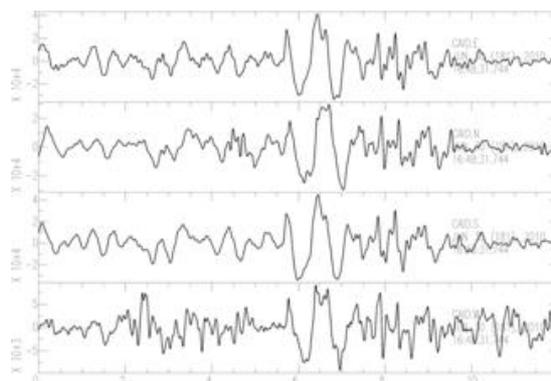


Figura 5.2.7 – Segnali registrati all'array infrasonico CAID (Campi Flegrei) dell'esplosione maggiore del 30/06/2010

Tra i segnali imputabili a frane (Fig. 5.2.8), oltre a quelli generati lungo la Sciara del Fuoco, nel corso del gennaio 2010 è stato registrato un picco di eventi associabili a crolli lungo la falesia di Labronzo. Il successivo incremento rilevato a marzo corrisponde ad segnali franosi per il rotolamento di materiale emesso da alcune esplosioni. Infine l'incremento rilevato tra maggio e settembre 2010 fa parte di un andamento tipico stagionale, causato dalla maggiore franosità del materiale in superficie.

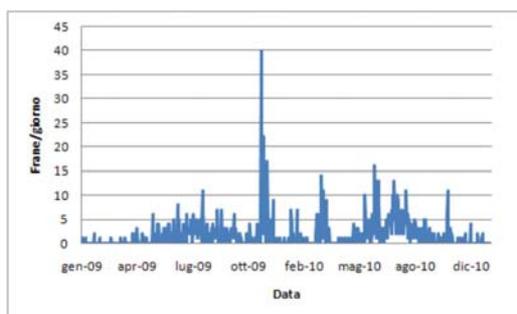


Figura 5.2.8 – Tasso di occorrenza delle frane a Stromboli a partire dal 2009.

5.3. Etna

5.3.1. Organizzazione delle reti

Nel 2010 il numero di stazioni sismiche permanenti presenti nell'area etnea è rimasto invariato a 44, con una densità di installazioni alle quote medio-alte del vulcano piuttosto elevata (19 stazioni), che complessivamente garantisce una adeguata copertura per il monitoraggio della sismicità locale, anche di bassa magnitudo, e l'analisi dei segnali sismo-vulcanici. E' aumentato il numero di installazioni multi-parametriche, dato che vari siti ospitano oltre a velocimetri anche accelerometri, microfoni infrasonici, centraline meteo e ricevitori GPS. Il dispositivo sismico, gestito dalla Sezione di Catania, può essere distinto nelle due tipologie di seguito descritte.

5.3.2. Reti fisse

5.3.2.1. Rete Sismica Permanente (RSP)

Rappresenta il dispositivo di misura in continuo gestito dalla Sezione di Catania costituito, nell'area etnea, da 44 stazioni dotate di sensori velocimetrici; nel complesso è impiegata sia strumentazione digitale Nanometrics di nuova generazione in trasmissione numerica e satellitare, che strumentazione analogica in trasmissione radio UHF ereditata dagli enti confluiti nell'INGV, come segue: 32 digitali a larga-banda (40s) a 3-componenti; 12 analogiche corto periodo (1s), di cui 3 a 3-componenti e 9 monocomponente. Varie stazioni, come di seguito descritto, sono dotate anche di sensori accelerometrici (4 siti) ed infrasonici (11 siti in area medio-alta e sommitale). I segnali vengono trasmessi al Centro di Acquisizione Unificato Dati (CUAD) di Catania-circonvallazione, e poi trasferiti via cavo alla Sala Operativa presso la sede di piazza Roma.

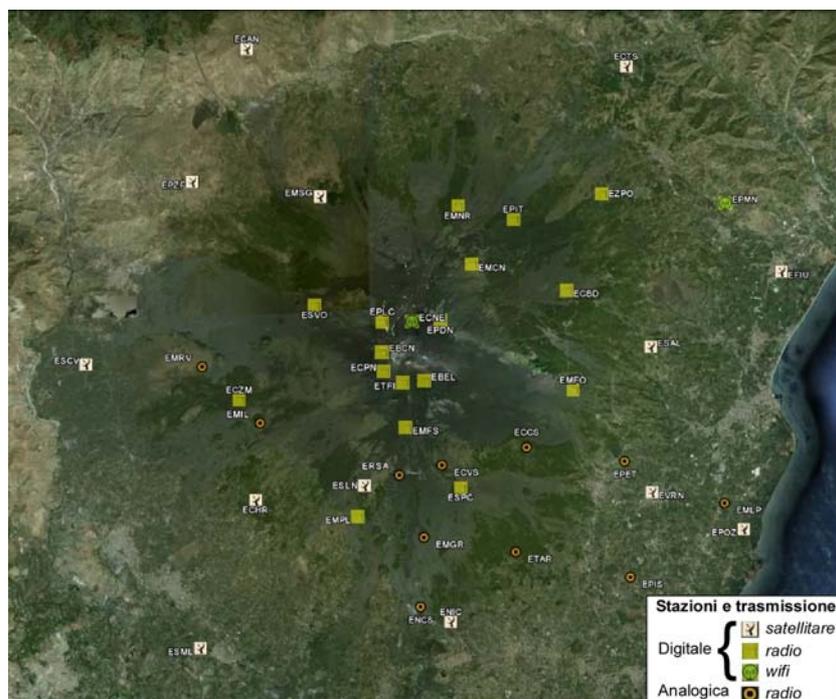


Fig. 5.3.2.1.1 – Rete Sismica Permanente della Sezione di Catania nell'area etnea (aggiornamento dicembre 2010).

Di seguito è riportato l'elenco completo di tutte le stazioni operanti nell'area Etna, unitamente a quelle ubicate nei settori tettonici della Sicilia (gestite dalla Sezione di Catania) di fondamentale importanza per una migliore copertura della rete ed una sostanziale riduzione del *gap* azimutale.

| Stazione | Sigla | Tipo | Componenti | Trasmissione | Area |
|-------------------------|--------------|-------------|-------------------|---------------------------------|---------------------|
| Belvedere | EBEL | Digitale | 3 | Radio diretta | Etna |
| Bocca Nuova | EBCN | Digitale | 3 | Radio, ponte su ECHR | Etna |
| Masseria Cannata | ECAN | Digitale | 3 | Satellitare | Etna |
| Case Bada | ECBD | Digitale | 3 | Radio, ponte su Castelmola | Etna |
| Contrada Cassone | ECCS | Analogica | 3 | Radio diretta | Etna |
| Santa Chiara | ECHR | Digitale | 3 | Satellitare | Etna |
| Catenanuova | ECNV | Digitale | 3 | Satellitare | Etna |
| Cratere di Nord-Est | ECNE | Digitale | 3 | Wireless | Etna |
| Cratere del Piano | ECPN | Digitale | 3 | Radio diretta | Etna |
| Castiglione | ECTS | Digitale | 3 | Satellitare | Etna |
| Case del Vescovo | ECVS | Analogica | 1 | Radio diretta | Etna |
| Case Zampini | ECZM | Digitale | 3 | Radio ponte su Centuripe | Etna |
| Fiumefreddo | EFIU | Digitale | 3 | Satellitare | Etna |
| Monte Conca | EMCN | Digitale | 3 | Radio ponte su EPMN | Etna |
| Monte Fontane | EMFO | Digitale | 3 | Radio ponte su EVRN | Etna |
| Monte Frumento Supino | EMFS | Digitale | 3 | Radio diretta | Etna |
| Monte Grosso | EMGR | Analogica | 1 | Radio, ponte su M. Vetore | Etna |
| Monte Intraleo | EMIL | Analogica | 1 | Radio, ponte su M. Soro | Etna |
| Malpasso | EMLP | Analogica | 1 | Radio, ponte su M. Pomiciaro | Etna |
| Monte Nero | EMNR | Digitale | 3 | Radio, ponte su ECTS | Etna |
| Monte Parmentelli | EMPL | Digitale | 3 | Radio diretta | Etna |
| Monte Ruvolo | EMRV | Analogica | 1 | Radio, ponte su M. Soro | Etna |
| Monte Spagnolo | EMSG | Digitale | 3 | Satellitare | Etna |
| Monte Nocilla | ENCS | Analogica | 1 | Radio, ponte su M. Vetore | Etna |
| Nicolosi | ENIC | Digitale | 3 | Satellitare | Etna |
| Pizzi Deneri | EPDN | Digitale | 3 | Radio, ponte su Castelmola | Etna |
| Petrulli | EPET | Analogica | 1 | Radio, ponte su M. Pomiciaro | Etna |
| Pennisi | EPIS | Analogica | 1 | Radio, ponte su M. Pomiciaro | Etna |
| Pozzo Pitarrone | EPIT | Digitale | 3 | Radio, ponte su Castelmola | Etna |
| Punta Lucia | EPLC | Digitale | 3 | Radio, ponte su Castelmola | Etna |
| Piedimonte | EPMN | Digitale | 3 | Wireless, ponte su M. Pomiciaro | Etna |
| Pozzillo | EPOZ | Digitale | 3 | Satellitare | Etna |
| Pizzo Felicia | EPZF | Digitale | 3 | Satellitare | Etna |
| Rifugio Sapienza | ERSA | Analogica | 1 | Radio diretta | Etna |
| S. Alfio | ESAL | Digitale | 3 | Satellitare | Etna |
| Scorciavacca | ESCV | Digitale | 3 | Satellitare | Etna |
| Serra la Nave | ESLN | Digitale | 3 | Satellitare | Etna |
| S.M. Licodia | ESML | Digitale | 3 | Satellitare | Etna |
| Serra Pizzuta Calvarina | ESPA | Analogica | 3 | Radio diretta | Etna |
| Serra Pizzuta Calvarina | ESPC | Digitale | 3 | Radio diretta | Etna |
| Monte Scavo | ESVO | Digitale | 3 | Radio, ponte su Centuripe | Etna |
| Tardaria | ETAR | Analogica | 3 | Radio diretta | Etna |
| Torre del Filosofo | ETFI | Digitale | 3 | Radio diretta | Etna |
| Santa Venerina | EVRN | Digitale | 3 | Satellitare | Etna |
| C.da Zacchino Pietro | EZPO | Digitale | 3 | Radio, ponte su Castelmola | Etna |
| Brucoli | HAGA | Digitale | 3 | Radio diretta | Iblei |
| Avola | HAVL | Digitale | 3 | Radio, ponte su M. Lauro | Iblei |
| Carlentini | HCRL | Digitale | 3 | Satellitare | Iblei |
| Lentini | HLNI | Digitale | 3 | Satellitare | Iblei |
| Modica | HMDC | Digitale | 3 | Radio, ponte su M. Lauro | Iblei |
| Siracusa | HSRS | Analogica | 3 | Radio diretta | Iblei |
| Vizzini | HVZN | Digitale | 3 | Satellitare | Iblei |
| Sortino | SSY | Digitale | 3 | Satellitare | Iblei |
| Ali Superiore | MALI | Digitale | 3 | Radio, ponte su Castelmola | Peloritani/Calabria |

| Stazione | Sigla | Tipo | Componenti | Trasmissione | Area |
|-------------------|-------|-----------|------------|------------------------------|---------------------|
| Castroreale | MCSR | Digitale | 3 | Satellitare | Peloritani/Calabria |
| Montebello Ionico | MMBI | Analogica | 3 | Radio, ponte su M. Pomiciaro | Peloritani/Calabria |
| Capo Milazzo | MMIL | Analogica | 3 | Radio diretta | Peloritani/Calabria |
| Roccafiorita | MMME | Digitale | 3 | Satellitare | Peloritani/Calabria |
| Palizzi | MPAZ | Digitale | 3 | Satellitare | Peloritani/Calabria |
| San Pier Niceto | MPNC | Digitale | 3 | Satellitare | Peloritani/Calabria |
| San Fratello | MSFR | Digitale | 3 | Satellitare | Peloritani/Calabria |
| Reggio Calabria | MRCB | Analogica | 3 | Radio diretta | Peloritani/Calabria |
| Scilla | MSCL | Digitale | 3 | Satellitare | Peloritani/Calabria |
| Castanea | MSRU | Digitale | 3 | Satellitare | Peloritani/Calabria |
| Agira | CAGR | Digitale | 3 | Satellitare | Sicilia centrale |
| Favara | FAVR | Digitale | 3 | Satellitare | Sicilia centrale |
| Pantelleria | PTMD | Digitale | 3 | Satellitare | Canale di Sicilia |

5.3.2.2. Rete accelerometrica (RA)

Nel 2010 è stato completato il processo di riconfigurazione della rete sia finalizzato sia ad una migliore disposizione delle stazioni esistenti rispetto alle aree urbanizzate che alla possibilità di avere la totalità dei dati in tempo quasi-reale. Le stazioni accelerometriche installate nell'area etnea sono 4 (ENIC, EPOZ, ESLN, ECHR), tutte dotate di sensore triassiale Kinematics EpiSensor Model FBA ES-T, con sensibilità portata a 40V/g (0,5 g), banda passante compresa tra la DC e 200 Hz e campionamento a 200 sps. Queste stazioni sono dotate di sistema di trasmissione satellitare; in due casi il segnale è disponibile in tempo reale, per le altre – incluse le 9 stazioni installate nel messinese, Isole Eolie ed area iblea – si dispone di un sistema di collegamento misto satellitare-radio UHF del tipo *on demand*, che permette di scaricare giornalmente i dati e di verificare lo stato di funzionalità della rete. Di seguito è riportato l'elenco di tutte le stazioni accelerometriche operanti nelle aree dell'Etna e nelle aree tettoniche della Sicilia orientale-Calabria meridionale.

| N° | Stazione | Sigla | Spostamento/Upgrade | Trasmissione | Area |
|----|--------------|-------|----------------------------------|--------------|---------------------|
| 1 | Nicolosi | ENIC | No | on-demand | Etna |
| 2 | Pozzillo | EPOZ | No | on-line | Etna |
| 3 | S. Venerina | EVRN | Si | on-line | Etna |
| 4 | Biancavilla | ECHR | SI | on-demand | Etna |
| 5 | Vizzini | HVZN | No | on-demand | Iblei |
| 6 | Lentini | HLNI | No | on-demand | Iblei |
| 7 | Sortino | SSY | No | on-demand | Iblei |
| 8 | Roccafiorita | MMME | Rimossa, in installazione a MNOV | on-demand | Peloritani/Calabria |
| 9 | Castanea | MSRU | No | on-demand | Peloritani/Calabria |
| 10 | Palizzi | MPAZ | No | on-demand | Peloritani/Calabria |

5.3.2.3. Rete infrasonica (RI) e Rete Meteo (RMT)

La rete per il monitoraggio delle radiazioni infrasoniche nel corso del 2010 ha assunto una configurazione pienamente ottimale, con l'installazione di quattro nuove stazioni (EBCN, EMFO, ESVO, EMNR) che portano a 7 le stazioni ubicate nell'area sommitale del vulcano, mentre 4 si trovano a quota intermedia, per un totale di 11 installazioni. Tutte le installazioni condividono i siti delle stazioni sismiche digitali a larga banda. La maggior parte delle stazioni è equipaggiata con microfoni a condensatore Monacor® MC-2005 con una sensibilità di 80 mV/Pa nella banda di frequenza infrasonica 1-20 Hz; nell'ambito di un *upgrade* tecnologico, tre di esse (EBCN, EPLC e

EMFO) sono state dotate di microfoni a condensatore prepolarizzato G.R.A.S.® 40AN (sensibilità 50 mV/Pa), equipaggiati con preamplificatore G.R.A.S.® 26HG, che consentono una maggiore ampiezza di banda pari a 0.2–40 Hz. I segnali sono acquisiti ad una frequenza di campionamento di 50-100 Hz e trasmessi in tempo reale.

Per quanto riguarda la Rete Meteo (RMT), essa si compone di 2 stazioni, di cui 1 sommitale e 1 installata a bassa quota (ENIC).

| N° | Stazione | Sigla | Trasmissione | Staz. meteo | Area |
|----|---------------------|-------|--------------|-------------|------|
| 1 | Belvedere | EBEL | on-line | si | Etna |
| 2 | Cratere del Piano | ECPN | on-line | no | Etna |
| 3 | Cratere di Nord-Est | ECNE | on-line | no | Etna |
| 4 | Pizzi Deneri | EPDN | on-line | no | Etna |
| 5 | Punta Lucia | EPLC | on-line | no | Etna |
| 6 | Torre del Filosofo | ETFI | on-line | no | Etna |
| 7 | Bocca Nuova | EBCN | on-line | no | Etna |
| 8 | Serra la Nave | ESLN | on-line | no | Etna |
| 9 | Monte Fontane | EMFO | on-line | no | Etna |
| 10 | Monte Nero | EMNR | on-line | no | Etna |
| 11 | Monte Scavo | ESVO | on-line | no | Etna |

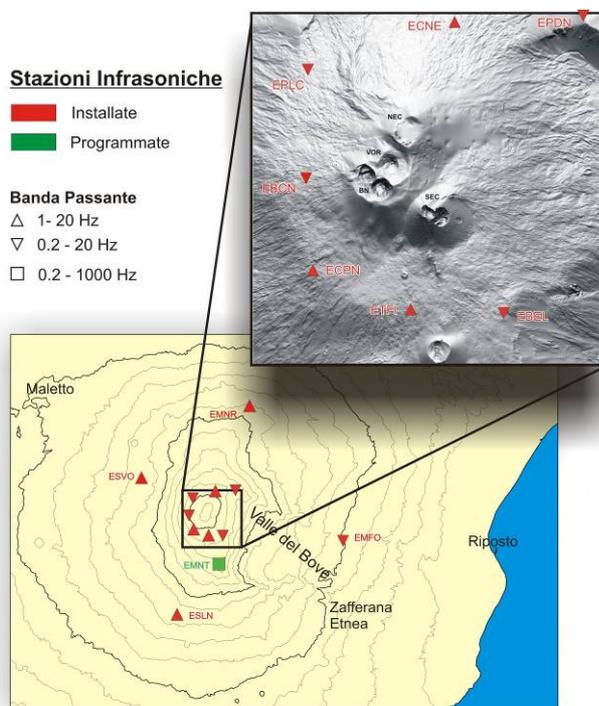


Fig. 5.3.2.3 – Rete Infrasonica della Sezione di Catania nell'area etnea (aggiornamento dic. 2010).

5.3.2.4. Stazione in pozzo (SP)

E' stata implementata la stazione in pozzo profondo posta nel settore settentrionale dell'Etna (Pozzo Pitarrone, EPIT), in prossimità della faglia Pernicana con l'installazione di un nuovo sensore a più larga banda, 120s, ubicato a fondo pozzo (-135 m); in superficie permane l'altro sensore del tipo 40s. La stazione, oltre ad aver beneficiato di una revisione complessiva di tutta la

strumentazione, è stata integrata di sensore di CO₂, così ampliare lo spettro dei segnali registrabili su questa importante struttura sismogenetica.

5.3.2.5. Stazione VBB (VBB)

Nell'ambito del CTBTO, la Sezione di Catania gestisce ed effettua la manutenzione della stazione *very broad-band* di Grottacalda (SRVBB), in provincia di Enna.

5.3.3. Reti mobili

La Rete Sismica Mobile (RSM) rappresenta il dispositivo di misura temporaneo utilizzato in caso di emergenze sismico-vulcaniche per integrare la copertura della RSP, e per condurre esperimenti scientifici e campagne di acquisizione anche al di fuori delle aree istituzionalmente monitorate dalla Sezione di Catania. Allo stato attuale la rete mobile è dotata di 10 stazioni digitali "Taurus Nanometrics", dotate di sensori a 3-componenti a larga-banda (Lennartz LE-3D/20s, Trillium Compact 120 sec, Trillium 120 PA) in grado di operare in *stand alone*. La rete dispone anche di un furgone 4x4 dedicato, a supporto della gestione tecnico-logistica. Nel corso del 2010 la RSM è stata continuamente impiegata in vari ambiti, quali: i) emergenza sismica dell'Etna (7 stazioni); ii) esperimenti scientifici nell'ambito del progetto internazionale "HISS" presso l'isola di Tenerife (Canarie, Spagna), di un progetto interno alla Sezione all'Etna, di test di integrazione con gravimetro in Ungheria, e infine del progetto DPC "Messina 1908-2008". Inoltre la RSM è stata impiegata a supporto delle attività di installazione delle nuove stazioni della RSP per il progetto "APQ Sicilia", con registrazioni di *noise* ambientale per la verifica della idoneità dei siti eseguite in tutta l'area siciliana, quali S. Fratello, Ucria e Capo d'Orlando (ME); Bosco S. Pietro (CT), Licata (AG); Pantelleria (TP); Petralia Sop. (PA); M. Sambughetti e M. Altesina (EN), Pachino (SR) e Vittoria (RG). In tabella è sintetizzato l'impiego della RSM relativamente a emergenze ed esperimenti per il 2010.

| Stazione | Acquisitore | Sensore | Installazione/ Dismissione | Lat_N | Lon_E | Quota (m) | Area |
|----------|-------------------|---|-------------------------------|-----------|------------|--------------|----------|
| T3P2 | Taurus S/N 965 | LE-3D/20s S/N G132 | Nov-09/Giu-10 | 28,2378 | -16,6725 | 2227 | Teide |
| T1P3 | Taurus S/N 967 | LE-3D/20s S/N G131 | Nov-09/Giu-10 | 28.237869 | -16.543433 | 2212 | Teide |
| BUDG | Taurus S/N 966 | Gravimetro LaCoste&Romberg D61 | Nov-10/Nov-10 | 47.5333 | 19.0166 | 201 | Budapest |
| BUDS | Taurus S/N 966 | Trillium Compact S/N 445-Trillium 120PA S/N 188 | Nov-10/Nov-10 | 47.5333 | 19.0166 | 201 | Budapest |
| MOTT | Taurus S/N 631 | LE-3D/20s S/N C051 | Giu-09/Dic-10 | 37,4950 | 14,9470 | 192 | Sicilia |
| VIAG | Taurus S/N 629 | LE-3D/20s S/N C0051 | Nov-10 | 37.628267 | 15.095400 | 436 | Etna |
| EBAL | Taurus S/N 628 | LE-3D/20s S/N H200 | Nov-10 | 37.624611 | 15.146722 | 269 | Etna |
| ECAT | Taurus S/N 967 | LE-3D/20s S/N H203 | Nov-10 | 37.576033 | 15.144900 | 189 | Etna |
| STEC | Taurus S/N 631 | LE-3D/20s S/N H199 | Nov-10 | 37.636133 | 15.171400 | 25 | Etna |
| ATF11 | Taurus S/N 966 | LE-3D/20s S/N G133 | Giu-10/Ott-10 | 37.7407 | 14.9966 | 2974 | Etna |

| | | | | | | | |
|-------|-------------------|------------------------|---------------|---------|---------|------|------|
| ATF12 | Taurus S/N 966 | LE-3D/20s S/N G132 | Giu-10/Ott-10 | 37.7400 | 14.9971 | 2965 | Etna |
| ATF13 | Taurus S/N 966 | LE-3D/20s S/N G139 | Giu-10/Ott-10 | 37.7414 | 14.9973 | 2985 | Etna |
| ATF21 | Taurus S/N 631 | LE-3D/20s S/N G129 | Giu-10/Ott-10 | 37.7404 | 14.9957 | 2849 | Etna |
| ATF22 | Taurus S/N 631 | LE-3D/20s S/N G128 | Giu-10/Ott-10 | 37.7412 | 14.9959 | 2978 | Etna |
| ATF23 | Taurus S/N 631 | LE-3D/20s S/N G130 | Giu-10/Ott-10 | 37.7396 | 14.9962 | 2957 | Etna |
| CFER | Taurus S/N 629 | LE-3D/20s S/N G133 | Mar-10/Mag-10 | 37,6076 | 15,0802 | 558 | Etna |
| CCON | Taurus S/N 631 | LE-3D/20s S/N G132 | Mar-10/Mag-10 | 37,5737 | 15,0619 | 457 | Etna |
| CSTR | Taurus S/N 633 | LE-3D/20s S/N G 129 | Mar-10/Mag-10 | 37,6222 | 15,0777 | 578 | Etna |

Da sottolineare che nel caso dell'Etna, l'*array* installato in prossimità dell'area craterica (Cratere di Sud-Est), ha consentito per la prima volta l'acquisizione in contemporanea di segnali sismici e raggi cosmici, per la realizzazione di un *imaging muonico* attraverso il quale si potrebbe ricavare informazioni dettagliate sull'architettura interna (presenza e posizione di condotti, camere, ecc.) e sul funzionamento (ad es. riciclo convettivo di magma degassato) del Cratere di Sud-Est.

5.3.4. Strumentazione disponibile

Lo schema che segue riassume la dotazione strumentale in funzione nell'area etnea, gestita dalla Sezione di Catania.

| | N°. stazioni | Sensore | Campionamento | Acquisizione |
|------------|--------------|--|---------------|------------------|
| RSP | | | | |
| Digitali | 32 | Larga-banda Trillium (40s) | 100 Hz | continuo |
| Analogiche | 12 | SP (1s) Mark o Lennartz | 100 Hz | continuo |
| RSM | | | | |
| | 10 | Larga-banda Lennartz (20s) e Nanometrics (120s) | variabile | continuo/trigger |
| RA | | | | |
| | 4 | Kinematics- Episensor | 200 Hz | continuo/trigger |
| RI | | | | |
| | 11 | Microfono a condensatore Monacor MC-2005 o GRAS 40AN | 50-100 Hz | continuo |
| RMT | | | | |
| | 2 | Vaisala (vento, pressione, temperatura, umidità, precipitazione) | 15 s | continuo |

A queste si aggiungono 22 stazioni sismiche – di cui 8 dotate anche di accelerometro – allocate nell'area iblea e calabro-peloritana che risultano funzionali sia a completare nel *far-field* la geometria delle rete etnea, che al monitoraggio sismico del territorio nazionale (si veda par. 1.2). Nell'ambito del "APQ Sicilia", la rete sismica è oggetto di ammodernamento tecnologico (*upgrade*

di vecchie stazioni da analogiche a digitali) e di una nuove installazioni nei settori della Sicilia centro-occidentale (nel 2010 sono state installate le stazioni di Favara, Agira, Pantelleria e S. Fratello).

5.3.5. Dati raccolti e modalità di immagazzinamento e divulgazione

I dati provenienti dal sistema di rilevamento sismico disposto sui vulcani attivi siciliani e nelle aree tettoniche della Sicilia centro-orientale, integrati da quelli registrati dalla rete mobile per seguire fenomeni sismici ed eruttivi di rilievo, vengono pre-elaborati attraverso sistemi automatici in *real-time* e, successivamente, rivisti fuori-linea da personale esperto. In particolare nel corso del 2010 sono state utilizzate le analisi automatiche in *near-real time* per lo studio delle sorgenti sismiche a bassa frequenza che, grazie alla copertura ottimale di sensori digitali a larga banda nell'area sommitale, hanno permesso la classificazione e localizzazione delle sorgenti sismo-vulcaniche (tremore, eventi a lungo-periodo ed esplosioni). Le analisi fuori-linea riguardano principalmente l'attività di localizzazione degli eventi sismici condotta dal personale del "Gruppo Analisi Dati Sismici e Cataloghi", che effettua il riconoscimento, la lettura delle fasi ed il calcolo dei principali parametri ipocentrali (magnitudo, profondità, meccanismi focali).

Una parte molto importante dell'attività svolta ha riguardato la realizzazione di software finalizzati alla gestione delle banche dati sismologiche, con particolare riguardo alla catalogazione dei segnali sismici e ai risultati delle elaborazioni di base, nonché alla centralizzazione delle informazioni riguardanti lo stato di funzionamento del sistema strumentale. I dati trattati riguardano:

- Eventi da fratturazione (NAVIGATOR);
- Eventi sismo-vulcanici: tremore, eventi LP, eventi VLP;
- Eventi infrasonici;
- Segnali accelerometrici *strong-motion*;
- Meteo;
- Stazioni rete permanente (NETMANAGER);
- Stazioni rete mobile;
- Catalogo e Database macrosismico.

E' in fase avanzato lo sviluppo, nell'ambito dell'APQ Sicilia, della "Banca Dati" multidisciplinare di Sezione. Nel 2010 è stata messa in linea la banca dati relativa alla elaborazione degli eventi sismo-vulcanici sia in *near real-time* (10 min) che quella di dettaglio in differita (1 g).

Alle attività sopra elencate si aggiungono quelle del "Gruppo Macrosismico" che, nel caso di terremoti particolarmente energetici (fortemente avvertiti o oltre la soglia del danno), effettua rilievi diretti secondo il protocollo QUEST e provvede alla stesura di rapporti informativi per il DPC. Nel corso del 2010 sono stati rilevati 2 eventi nell'area etnea ed 1 in quella eoliana.

5.3.6. Laboratori

A supporto della gestione tecnica delle reti sismiche e della elaborazione dei dati registrati, la Sezione di Catania è dotata dei seguenti laboratori e gruppi di analisi:

- Centro Unificato Acquisizione Dati (CUAD);

- Laboratorio tecnico di Sismologia - Rete Sismica Permanente e Rete Mobile;
- Sistemi elaborazione automatici dati sismici - Sala Operativa;
- Gruppo di "Analisi Dati Sismici e Cataloghi";
- Gruppo di "Macrosismica e Pericolosità Sismica".

Presso il CUAD, sito nell'edificio della ProCiv comunale sulla circonvallazione di Catania, sono acquisiti tutti i segnali sismici provenienti dalle reti Etna-Eolie-Sicilia centro-orientale e dal centro di acquisizione presso l'Osservatorio di Lipari, attraverso linee telefoniche dedicate, collegamenti radio terrestri e satellitari (sistema Nanometrics-Lybra). Nel 2010 è stato installato un secondo *Hub* per l'acquisizione delle nuove stazioni sismiche dell'APQ Sicilia attraverso i canali del satellite "HellasSat 2", differenziando così l'acquisizione della intera rete attraverso *provider* satellitari alternativi e complementari. Dal CUAD i segnali vengono memorizzati su sistemi NAS e ritrasmessi in tempo reale, via cavo, nella sede di piazza Roma. Il CUAD è inoltre dotato di un laboratorio di elettronica e di una seconda Sala Operativa "di emergenza", che utilizza *hardware* e *software* gestionali provenienti dalla ristrutturazione della Sala Operativa della sede di piazza Roma.

Presso la stessa sede sono allocati gli altri laboratori sopra elencati. Il laboratorio tecnico di elettronica provvede alla manutenzione ordinaria della strumentazione sismica installata sul campo, al potenziamento delle reti (installazione di nuove stazioni) ed al loro sviluppo tecnologico attraverso la sperimentazione di nuovi sensori, sistemi di trasmissione e acquisizione dei segnali sismici.

Il laboratorio dei sistemi di elaborazione dati sismici cura l'ottimizzazione dei processi di elaborazione automatica dei dati per le attività di sorveglianza in Sala Operativa, sviluppando applicativi software utili per l'acquisizione e elaborazione dei segnali sismici sia in tempo reale che fuori-linea.

Il laboratorio di analisi dati sismici si occupa della analisi sistematica fuori-linea degli eventi registrati dalle reti (permanente + mobile) della Sezione di Catania, del popolamento della banca dati e della compilazione del catalogo sismico strumentale.

Il laboratorio di macrosismica e pericolosità sismica provvede al rilievo sul campo degli effetti dei terremoti e all'aggiornamento del catalogo storico-macrosismico e del *data-base* delle intensità; si occupa anche delle stime di hazard e della generazione delle relative mappe.

5.3.7 Sintetica valutazione scientifica dei dati acquisiti

Nel corso del 2010 la rete sismica per il monitoraggio della Sicilia orientale – Calabria meridionale ha registrato complessivamente 1.777 terremoti di magnitudo $M_L \geq 1.0$; di questi circa l'80% sono stati localizzati. Il numero maggiore di eventi tettonici e vulcano-tettonici è relativo all'area etnea, come pure il numero di eventi sismo-vulcanici a "bassa frequenza" legati alla dinamica dei fluidi; come sopra richiamato, questi ultimi sono elaborati tramite sistemi automatici. Di seguito è riportato un elenco dei segnali acquisiti attraverso le reti sismiche permanente e mobile, suddivisi per tipologia ed area interessata.

| Tipologia evento | ETNA | ISOLE EOLIE | AREE TETTONICHE Sicilia or. – Calabria mer. | Totale |
|---|-----------------|--------------|--|-----------------|
| TERREMOTI | 1.403 (576)* | 172 (59)* | 202 (108)* | 1.777 (743)* |
| EVENTI LOCALI de "La Fossa" di Vulcano | | ~2.500. | | ~2.500. |
| LONG PERIOD (0.5-5 Hz) | ~280.000 | | | ~280.000 |
| VERY LONG PERIOD (0.05-0.3 Hz) | ~450.000 | | | ~450.000 |

* tra parentesi è riportato il numero di terremoti localizzati

L'attività sismica da fratturazione localizzata nel vulcano Etna nel corso del 2010 ha mostrato, rispetto all'anno precedente, un significativo decremento del rilascio energetico cumulativo (Fig. 5.3.7.1). Come spesso è avvenuto nel passato, la sismicità si è sviluppata secondo un andamento abbastanza costante, interrotto da due fasi di maggior rilascio.

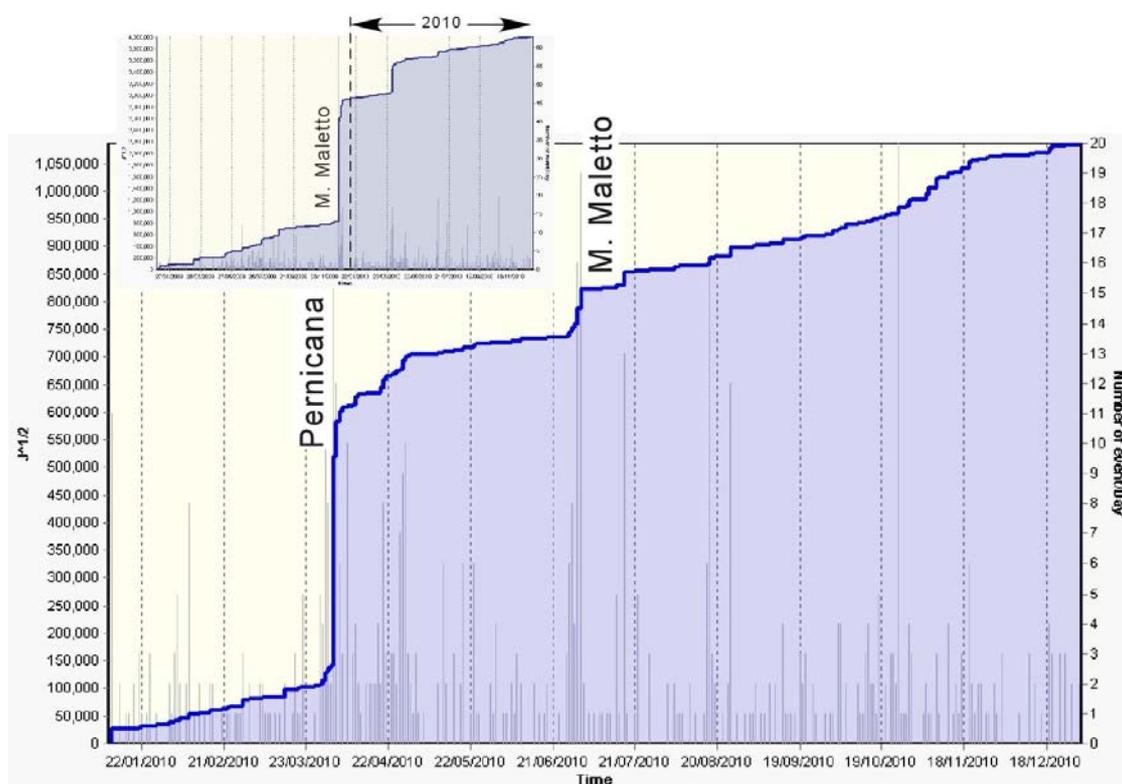


Fig. 5.3.7.1 – Frequenza giornaliera di accadimento dei terremoti e curva cumulativa del rilascio di strain sismico associato relativo al 2010 all'Etna. Nell'inset è mostrato il periodo 2009-2010, l'anno di riferimento è evidenziato dallo sfondo in grigio.

L'episodio più importante che ha contraddistinto il periodo, è rappresentato dallo sciame dei primi giorni di aprile (circa 250 scosse registrate con ipocentri nel *range* di profondità -1 ÷ 2 km sotto il l.m e magnitudo massima pari a 4.3 alle ore 20:04 GMT del 2 aprile), che ha interessato la faglia della Pernicana nel versante nord-orientale del vulcano. Tale attività è stata accompagnata da evidenti fenomeni di fagliazione superficiale; in località Piano Pernicana, la *mainshock* ha raggiunto una intensità epicentrale pari al VI-VII grado EMS. Nei mesi successivi la sismicità si è concentrata prevalentemente nel medio fianco orientale; degni di nota la sequenza che tra marzo e maggio è stata localizzata al margine nord-orientale dell'edificio vulcanico (tra la Valle dell'Alcantara e

Linguaglossa), e lo sciame che ha interessato tra giugno e luglio il versante nord-occidentale (area di Maletto); in entrambi i casi si tratta però di eventi più profondi ($H > 15$ km). In conclusione, nel corso del 2010 il tasso di sismicità registrato si è attestato su un livello medio; l'energia sismica rilasciata è stata meno della metà di quella del 2009 e risulta confrontabile a quella del 2008.

L'ampiezza del tremore vulcanico si è mantenuta, per quasi tutto il 2010, su valori medi (Fig. 5.3.7.2). I livelli più alti sono stati registrati durante i primi mesi dell'anno (gennaio-febbraio) e durante il periodo fine agosto-novembre, caratterizzato da episodi di emissione di cenere alla Bocca Nuova e successivamente al Cratere di NE.

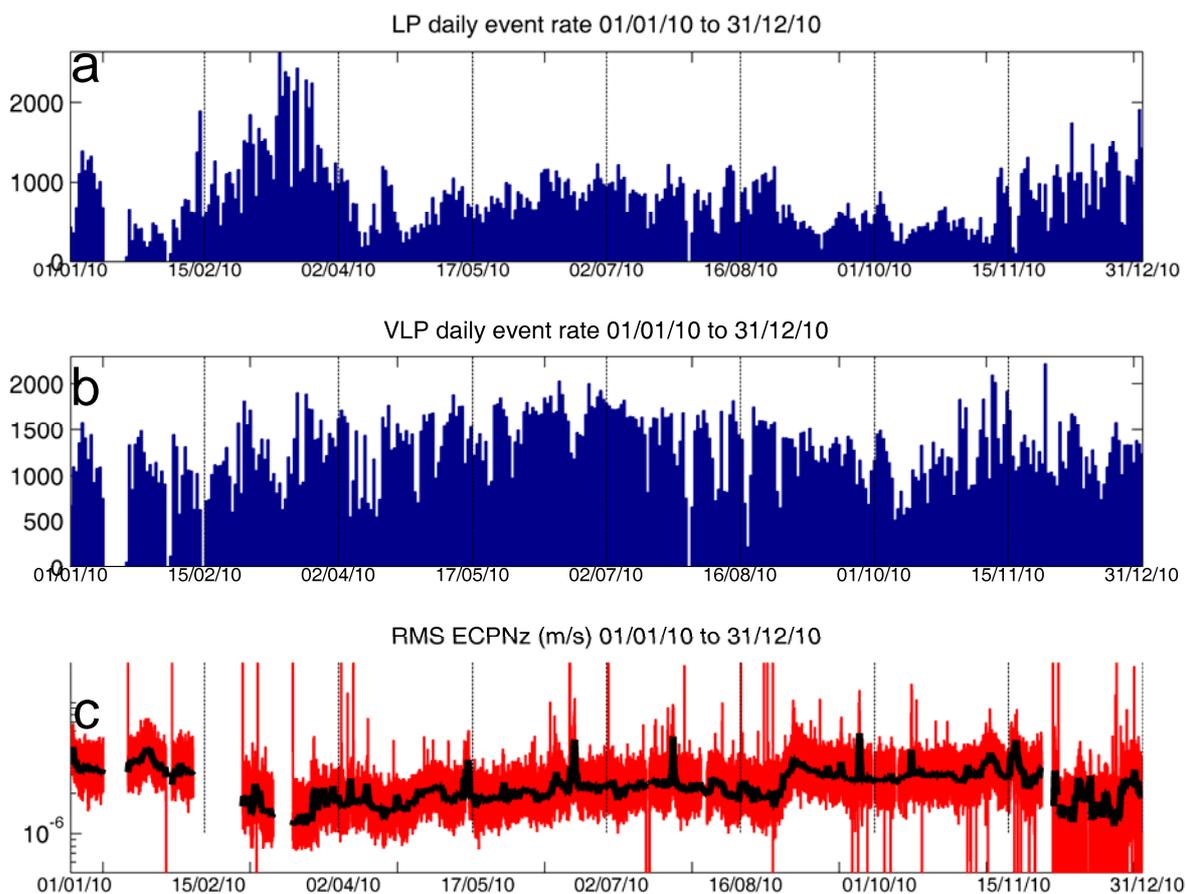


Fig. 5.3.7.2 – a) Tasso di accadimento giornaliero degli eventi LP; b) Tasso di accadimento giornaliero degli eventi VLP; c) RMS del tremore vulcanico registrato alla stazione ECPNz, calcolato su finestre temporali di 1 minuto (linea rossa) e media mobile calcolata su 400 minuti (linea nera).

Durante l'intero anno sono stati rilevati circa 280.000 eventi LP. Il tasso di accadimento giornaliero si è mantenuto, generalmente, al di sotto di 1000 eventi, ad eccezione del mese di marzo quando il numero di eventi ha raggiunto valori anche superiori a 2000. Ciò è tuttavia da attribuirsi al basso di livello di tremore vulcanico che ha permesso il rilevamento di eventi LP con ampiezza molto ridotta. Per quanto riguarda gli eventi VLP, ne sono stati registrati circa 450.000, con un tasso giornaliero che si è mantenuto su valori costanti per tutto il 2010, generalmente minori di 1500.

La rete infrasonica permanente dell'Etna, nel corso del 2010, ha registrato segnali infrasonici relativi a tre crateri sommitali. Il Cratere di SE ha generato segnali infrasonici durante l'emissione di cenere dell'8 aprile, e nel mese di ottobre quando è stato registrato un debole e continuo tremore infrasonico probabilmente associato a fenomeni di *puffing*. La Bocca Nuova ha prodotto eventi infrasonici durante gli episodi di emissione di cenere verificatisi negli ultimi giorni di agosto (l'episodio più importante è il 25). Infine il Cratere di NE ha generato con continuità eventi infrasonici che hanno accompagnato fenomeni di degassamento e solo in qualche caso episodi di emissione di cenere (metà novembre).

5.4. Apparati vulcanici delle Isole Eolie

5.4.1. Organizzazione delle reti

Il numero di stazioni sismiche permanenti presenti nell'arcipelago vulcanico delle Isole Eolie (11 sono i siti di rilevamento attivi della RSP) permette di eseguire un accurato controllo sia degli eventi sismici in tutta l'area che di quelli sismo-vulcanici specifici di Vulcano e Stromboli. Infatti, su queste due isole è presente una più elevata densità di stazioni e precisamente: 4 sull'isola di Vulcano e 3 su Stromboli (altre 13 sono gestite dall'Osservatorio Vesuviano). Alcuni dei siti (Alicudi, Lipari, Vulcano) sono dotati anche di sensori accelerometrici per la registrazione dei segnali *strong-motion* provenienti dalle aree sismogenetiche del Golfo di Patti e del basso Tirreno. Anche questa rete è oggetto, sempre nell'ambito del "APQ Sicilia", ad ammodernamento tecnologico (*upgrade* di vecchie stazioni da analogiche a digitali) ed implementazione nel numero delle stazioni (nel 2010 sono state ottenute le autorizzazioni per la realizzazione di nuove infrastrutture a Salina e Stromboli). Il dispositivo sismico gestito dalla Sezione di Catania può essere distinto nelle tipologie di seguito descritte.

5.4.2. Rete fissa

5.4.2.1. Rete Sismica Permanente (RSP)

Rappresenta il dispositivo di misura continuo dotato di sensori velocimetrici, costituito da 11 stazioni con acquisizione e trasmissione mista dei dati (via terrestre e satellitare) all'Osservatorio di Lipari, al Centro di Acquisizione Unificato Dati (CUAD). Nell'area eoliana è impiegata sia strumentazione digitale di nuova generazione in trasmissione numerica e satellitare, che strumentazione analogica ereditata dagli enti confluiti nell'INGV. Nel complesso, le 11 stazioni velocimetriche operanti nelle varie isole sono così costituite: 7 digitali a 24 bit dotate di sensori 3-componenti a larga-banda (40s) e 4 analogiche corto periodo (1s). A queste si aggiungono 5 stazioni digitali a 16 bit ex-rete mobile, dotate di sensori 3-componenti a larga-banda (20s), operative dal 2005 alla Fossa di Vulcano in configurazione di *array* sismico permanente.

Di seguito è riportato l'elenco completo di tutte le stazioni operanti nell'area dell'Arcipelago Eoliano.

| Stazione | Sigla | Tipo | Componenti | Trasmissione | Area |
|---------------------|-------|-----------|------------|---------------------------|-------|
| Alicudi | IACL | Digitale | 3 | Satellitare | Eolie |
| Filicudi | IFIL | Digitale | 3 | Satellitare | Eolie |
| Lipari Quattropiani | ILIQ | Analogica | 1 | Linea telefonica CDA | Eolie |
| Lipari | ILLI | Digitale | 3 | Satellitare | Eolie |
| Panarea | IPAN | Analogica | 1 | Linea telefonica CDA | Eolie |
| Punta Lena | ISPL | Analogica | 3 | Radio diretta | Eolie |
| Ginostra | ISTR | Analogica | 3 | Radio diretta | Eolie |
| Vulcano Cratere | IVCR | Digitale | 3 | Wireless, ponte su Lipari | Eolie |
| Vulcano Lentia | IVLT | Digitale | 3 | Wireless, ponte su Lipari | Eolie |
| Vulcano Piano | IVPL | Digitale | 3 | Satellitare | Eolie |
| Vulcano Grillo | IVUG | Digitale | 3 | Wireless, ponte su Lipari | Eolie |

5.4.2.2. Rete accelerometrica (RA)

Sono 3 le stazioni accelerometriche operanti nell'area eoliana dotate di sensore Kinematics-Episensor, presso i siti di Alicudi, Lipari e Vulcano Piano (ILLI, IACL, IVPL). Il sistema di trasferimento dati è di tipo satellitare in modalità *on demand*, per lo scarico giornaliero dei dati e la verifica dello stato di funzionalità della rete.

| N° | Stazione | Sigla | Spostamento/Upgrade | Trasmissione | Area |
|----|---------------|-------|---------------------------|--------------|-------|
| 1 | Alicudi | IACL | No | on-demand | Eolie |
| 2 | Lipari | ILLI | Spostare (in definizione) | on-demand | Eolie |
| 3 | Vulcano Piano | IVPL | Si | on-demand | Eolie |

5.4.3. Reti mobili

La Rete Sismica Mobile (RSM) rappresenta il dispositivo di misura temporaneo utilizzato all'occorrenza per integrare le strumentazioni della RSP (si veda scheda Etna, par. 5.3.3).

Circa il suo utilizzo nell'area eoliana, la RSM è stata impiegata nell'ambito di: i) esperimenti scientifici dei progetti DPC "Messina 1908-2008" a Panarea; ii) a supporto delle attività di installazione delle nuove stazioni della RSP per il progetto "APQ Sicilia", con registrazioni di *noise* ambientale per la verifica della idoneità dei siti eseguite a Lipari (loc. Quattropani).

Infine, è stato effettuato un intervento di manutenzione straordinaria alle stazioni dell'*array* sismico installato presso la Fossa sull'isola di Vulcano.

| Stazione | Acquisitore N° serie | Sensore N° serie | Installazione/ Dismissione | Lat N | Lon E | Quota (m/slm) | Area |
|----------|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|---------|---------|------------------|---------|
| IPAN | Taurus S/N 626 | LE-3D/20s S/N G127 | Nov-07 | 38,6315 | 15,0699 | 70 | Panarea |
| STZ1 | PCM5800 | LE-3D/20s S/N C053 | Nov-05 | 14,9608 | 38,4073 | 252 | Vulcano |
| STZ2 | PCM5800 | LE-3D/20s S/N F116 | Nov-05 | 14,9625 | 38,4071 | 270 | Vulcano |
| STZ3 | PCM5800 | LE-3D/20s S/N G122 | Nov-05 | 14,9598 | 38,4065 | 268 | Vulcano |
| STZ4 | PCM5800 | LE-3D/20s S/N B034 | Mag-07 | 14,9642 | 38,4130 | 162 | Vulcano |
| STZ5 | PCM5800 | LE-3D/20s S/N F120 | Mag-07 | 14,9558 | 38,4132 | 211 | Vulcano |

5.4.4. Strumentazione disponibile

Lo schema che segue riassume la dotazione strumentale in funzione nell'area eoliana, gestita dalla Sezione di Catania.

| | N°. stazioni | Sensore | Campionamento | Acquisizione |
|----------------|--------------|----------------------------|---------------|------------------|
| RSP | | | | |
| Digitale | 7 | Larga-banda Trillium (40s) | 100 Hz | continuo |
| Analogica | 4 | SP (1s) Teledyne Geotech | 100 Hz | continuo |
| RSM | | | | |
| Digitale 16bit | 5 | Larga-banda Lennartz (20s) | 100 Hz | continuo |
| | 10 | Larga-banda Lennartz (20s) | variabile | continuo/trigger |
| RA | 3 | Kinematics- Episensor | 200 Hz | continuo/trigger |

A queste si aggiungono le stazioni – di cui 2 (MSRU, MMME) dotate anche di accelerometro – allocate nell'area peloritana che risultano funzionali sia a completare nel *far-field* la geometria delle rete eoliana, sia al monitoraggio sismico del territorio nazionale (si veda par. 1.2).

5.4.5. Dati raccolti e modalità di immagazzinamento e divulgazione

Si veda quanto descritto nel paragrafo 5.3.5.

5.4.6. Laboratori

Per la regolare ed ottimale acquisizione dei segnali sismici nell'area eoliana la Sezione di Catania si avvale dello "storico" Osservatorio di Lipari, struttura dotata dei seguenti laboratori:

- Centro Acquisizione Dati Sismici.
- Laboratorio tecnico di Sismologia.

Presso il centro acquisizione transitano la maggioranza dei segnali sismici trasmessi via radio terrestre o linee telefoniche dedicate, provenienti dalla rete delle Eolie nonché da alcune stazioni poste in Sicilia nord-orientale e Calabria meridionale. Da qui i segnali sono ritrasmessi in tempo reale, via cavo, al CUAD di Catania.

L'osservatorio è dotato inoltre di un laboratorio di elettronica per la manutenzione ordinaria delle stazioni sismiche installate sulle isole Eolie; il personale collabora anche il gruppo tecnico operante a Catania per lo sviluppo tecnologico e potenziamento della rete eoliana.

5.4.7 Sintetica valutazione scientifica dei dati acquisiti

L'attività sismica da fratturazione registrata nel corso del 2010 ha mostrato, complessivamente, un andamento marcato da alcuni *offset* nel rilascio sismico sino ad agosto (Fig. 5.4.7.1), mentre nella restante parte dell'anno il tasso è stato costante; rispetto all'anno precedente, si evidenzia comunque un significativo incremento del rilascio energetico. L'evento di maggior rilievo è costituito dal terremoto verificatosi giorno 16 agosto (ore 12:54 GMT, $M_l=4.8$) localizzato nel settore settentrionale del golfo di Patti, a 10 km a sud-ovest di Vulcano; si tratta di un evento ascrivibile ai sistemi tettonici regionali che interessano questo settore del basso Tirreno. Il terremoto, localizzato ad una profondità di 13 km, ha prodotto nelle isole di Vulcano e Lipari effetti macrosismici pari al VI grado della scala EMS, ed soprattutto numerose frane.

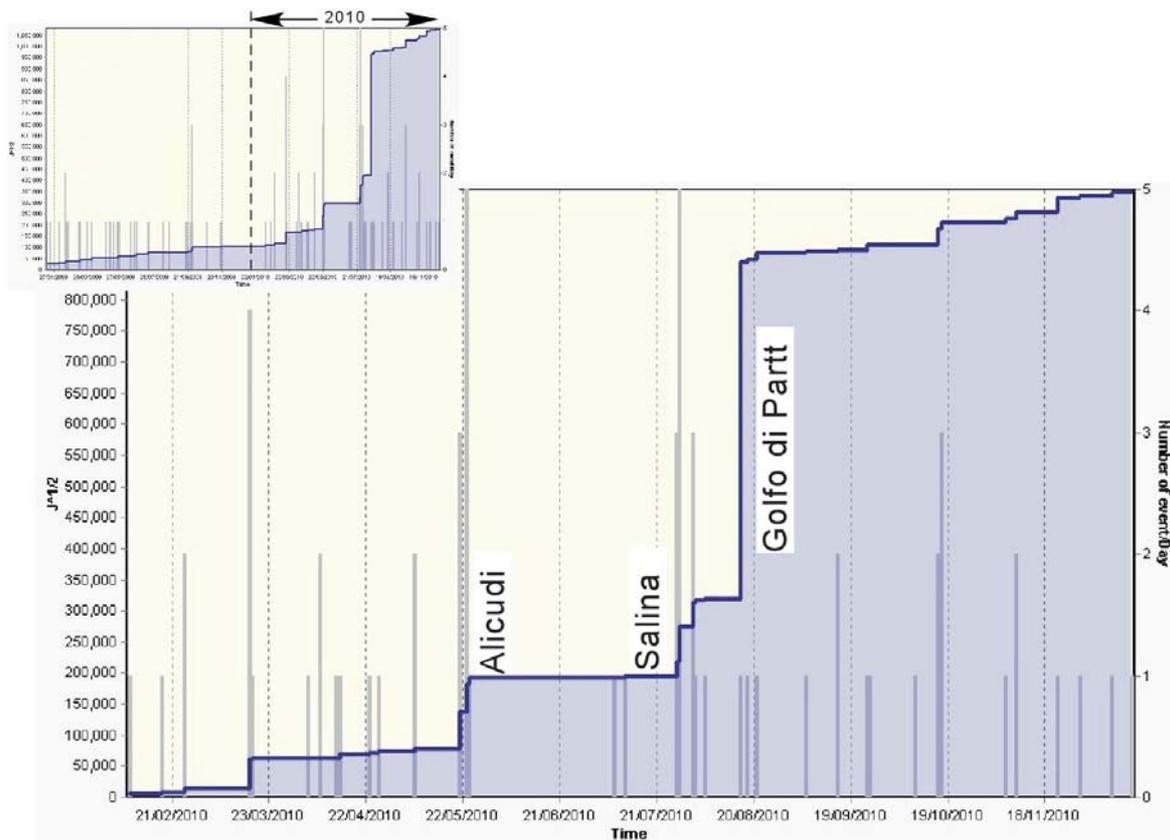


Fig. 5.4.7.1 – Frequenza giornaliera di accadimento dei terremoti e curva cumulativa del rilascio di strain sismico associato relativi al 2010 alle Eolie. Nell'inset è mostrato il periodo 2009-2010, l'anno di riferimento è evidenziato dallo sfondo in grigio.

Tra gli altri eventi degni di nota si segnalano alcuni terremoti a maggio nell'area di Alicudi (il maggiore è dovuto tuttavia ad un evento profondo, $H > 150$ km), ed a luglio in quelle a ovest di Salina e Vulcano.

6. Sorveglianza vulcanologica

6.1. Vulcani attivi della Campania (Vesuvio, Campi Flegrei, Ischia)

Le attività condotte nel 2010 sono consistite prevalentemente in campagne di rilievi termici, con periodicità mensile, dei vulcani napoletani. Rilievi termici aggiuntivi a quelli di routine sono stati condotti il 30 marzo all'interno del cratere de La Solfatara e nell'area di Pisciarelli (Campi Flegrei), in concomitanza di uno sciame sismico.

6.1.1 Vesuvio

I rilievi sono stati eseguiti solamente con telecamera termica dai punti stazione SV1 e SV2a, e con l'ausilio di termocoppia rigida al punto stazione SV2b (Fig.6.1.1.1). La stazione di misura SV1 è ubicata in corrispondenza della telecamera termica fissa dell'OV, attiva da luglio 2004 a maggio 2007.

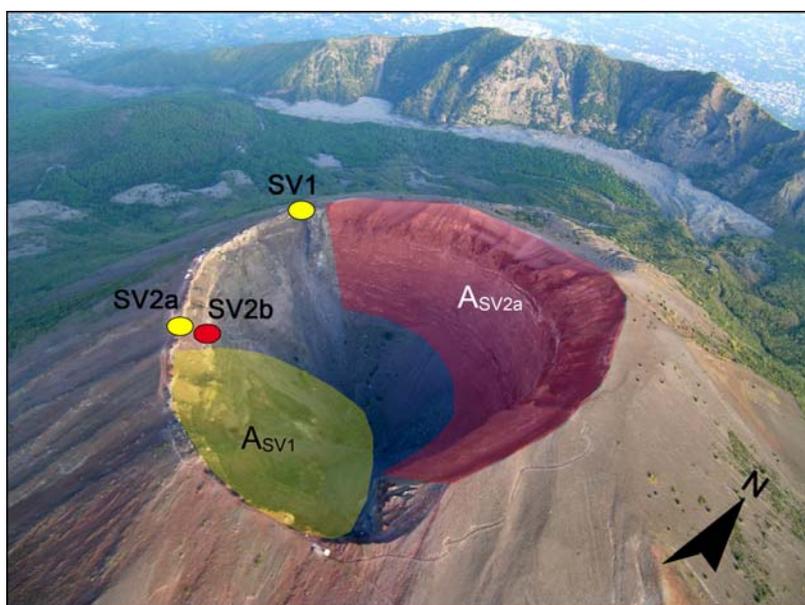


Figura 6.1.1.1 – Cratere del Vesuvio. Punti stazione dei rilievi termici con telecamera IR (in giallo), con termocoppia rigida (in rosso). Le are in rosso (ASV2a) e in giallo (ASV1) sono quelle riprese rispettivamente da SV2a e SV1.

La comparazione delle fotocomposizioni di immagini termiche del versante interno orientale del cratere, riprese dal punto SV2a (Fig. 6.1.1.1) non evidenzia significative modificazioni nella distribuzione areale del campo fumarolico. Il valore di temperatura massima fin dal 2006 è di circa 100°C. ed è sempre relativo all'area a emanazione gassosa.

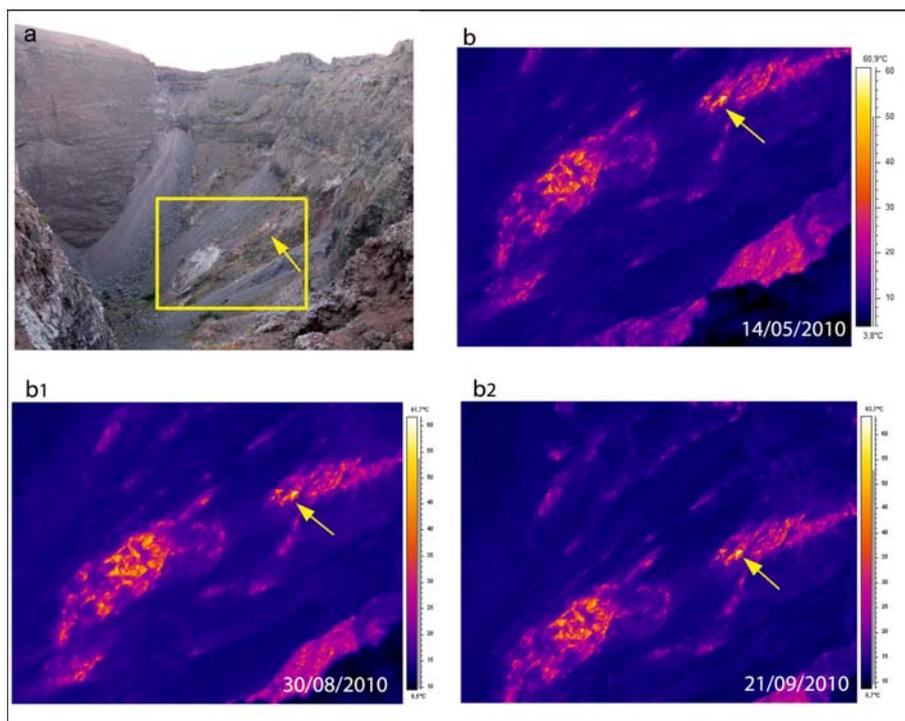


Figura 6.1.1.2 – Immagini dei rilievi termici della area ASV1 con telecamera IR nel punto SV1. La freccia gialla indica l'area che costantemente è a più alta temperatura

Le immagini termiche (Fig. 6.1.1.2), riprese dal punto stazione SV1 (Fig. 6.1.1.1) non evidenzia significative modificazioni nella distribuzione areale del campo fumarolico. Il punto costantemente a più alta temperatura, è dal 2008 a circa 70°C.

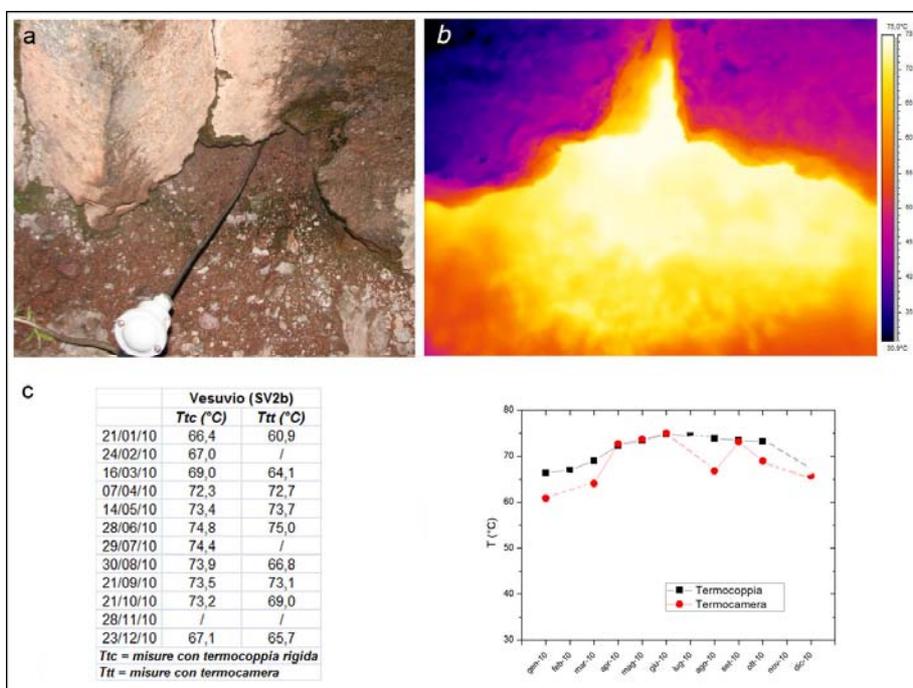


Figura 6.1.1.3 – Immagini nel visibile (a), termica (b), tabella dei valori massimi della temperatura (c) e grafico della loro variazione nel tempo (d) rilevati nel 2010 alla fumarola ubicata nel sito SV2b

I valori di temperatura massima della fumarola del punto stazione SV2b (Fig. 6.1.1.1), nel settore meridionale del cratere del Vesuvio sono riportati in figura 6.1.1.3. I valori di temperatura massima rilevati, sia con termocamera che con termocoppia, è paragonabile a quanto osservato nel 2009.

6.1.2 - Campi Flegrei

Le aree e i punti in cui vengono effettuate le misure termiche ai Campi Flegrei (Fig. 6.1.1.4) sono distribuite in varie zone del fondo della caldera del Tufo Giallo Napoletano.

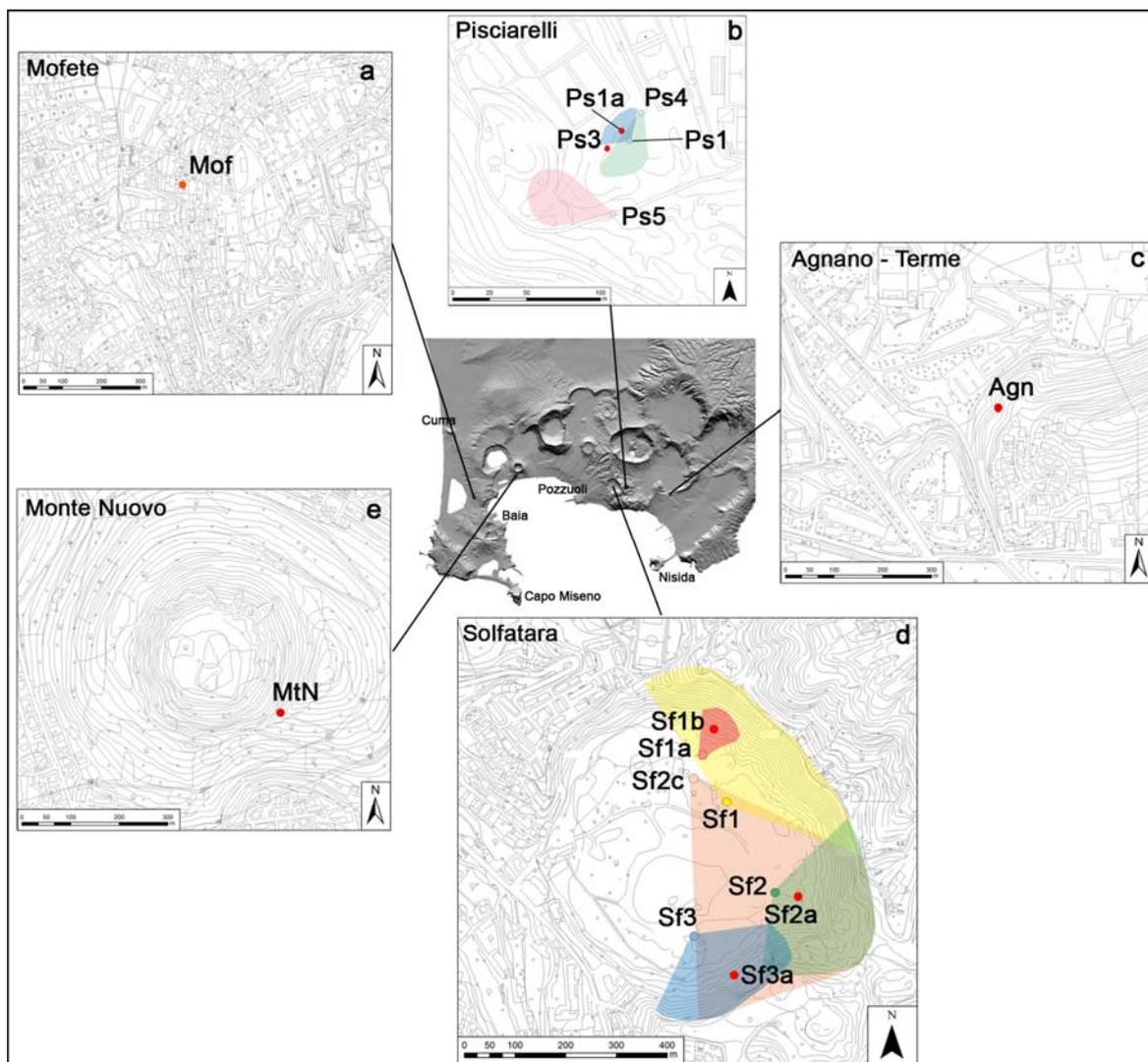


Figura 6.1.1.4 – Punti di misura ai Campi Flegrei. In rosso i punti stazione con termocoppia rigida e telecamera termica. Nel riquadro b, le aree celeste, verde e rosa indicano i versanti rilevati con termocamera rispettivamente in Ps1; Ps4 e Ps5, mentre nel riquadro d, le aree in giallo, rosso, rosa, verde e blu con termocamera rispettivamente in Sf1; Sf1a; Sf2a, Sf2 e Sf3.

I dati raccolti nel 2010 sia nella Solfatara che nell'area di Pisciarelli (Fig. 6.1.1.5) non mostrano significative variazioni nelle temperature massime rispetto al 2009. Anche la comparazione delle fotocomposizioni delle immagini termiche evidenzia una sostanziale costanza nella distribuzione areale del campo fumarolico.

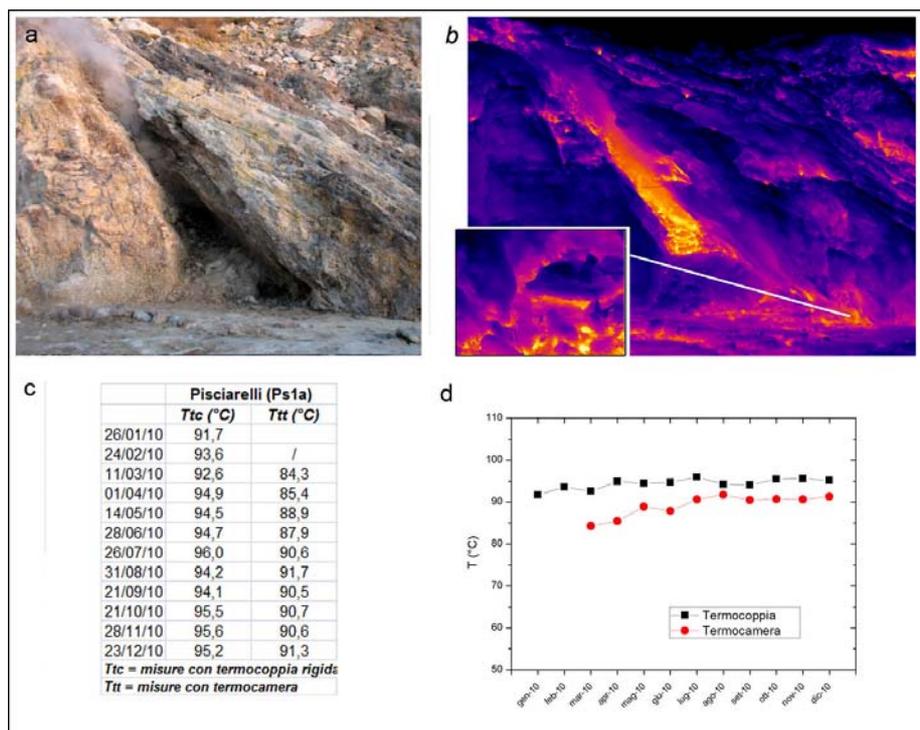


Figura 6.1.1.5 – Immagini nel visibile (a), termica (b), tabella dei valori massimi della temperatura (c) e grafico della loro variazione nel tempo (d) rilevati nel 2010 alle fumarole ubicate nel sito Pisciarelli

In concomitanza dello sciame sismico del 30 marzo 2010 ai Campi Flegrei, sono stati effettuati rilievi termici aggiuntivi all'interno del cratere de La Solfatara e nell'area di Pisciarelli. I risultati di questi rilievi non hanno mostrato significative differenze nelle temperature rispetto a quelle misurate il 19 marzo dello stesso mese, durante i rilievi di routine.

I rilievi termici effettuati sia con telecamera termica che con termocoppia rigida lungo il versante meridionale dell'edificio di Monte Nuovo e nello stabilimento termale delle "Terme di Agnano" (Fig 6.1.1.4) mostrano che le temperature massime non sono variate rispetto a quelle misurate nel corso del 2009.

Oltre alle misure effettuate con campagne periodiche, per un monitoraggio automatico della Solfatara è operativa dal settembre 2004 una telecamera termica IR fissa, che inquadra la porzione nord-orientale del versante interno del cratere, corrispondente all'area a maggiore emissione fumarolica. Una seconda telecamera fissa, operativa da ottobre 2006, è ubicata a Pisciarelli ed inquadra la parte alta del versante orientale esterno della Solfatara, a breve distanza da un'area caratterizzata da intensa emissione fumarolica.

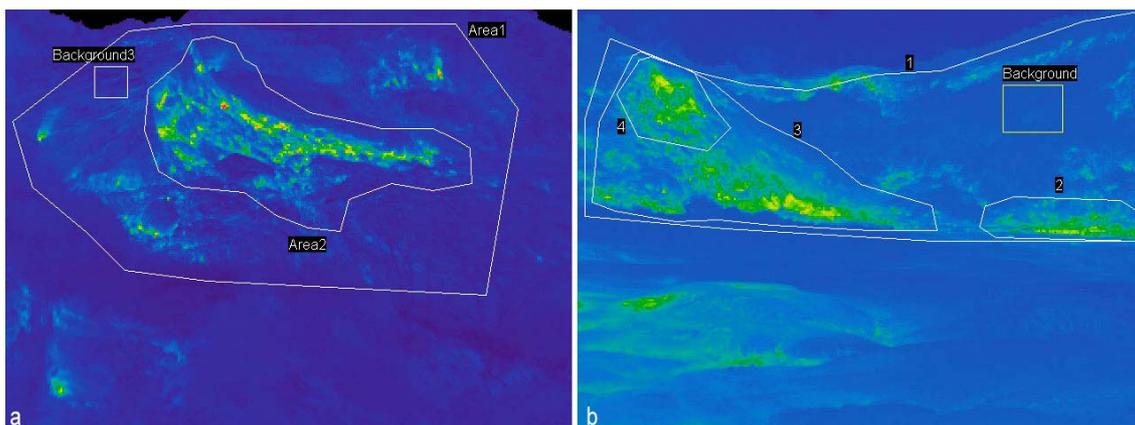


Figura 6.1.1.5B – Immagini termiche acquisite dalle telecamere fisse IR a Pisciarelli (a) e Solfatara (b) e le relative aree in cui sono state suddivise ai fini delle analisi effettuate

Le stazioni fisse sono attualmente costituite da termocamere NEC (mod. TH7302) ed un'unità di acquisizione remota (RMS), che consentono l'acquisizione automatica delle immagini IR (Fig. 6.1.1.5B), attualmente 3 immagini a notte, con connessione al centro di sorveglianza per la centralizzazione del dato via GSM. I dati di temperatura sono successivamente selezionati sulla base di criteri di qualità delle immagini acquisite e filtrati per ridurre il più possibile l'influenza di fattori ambientali esterni (oscillazioni stagionali od a minor periodo della temperatura esterna, tasso di umidità e velocità del vento). I valori di temperatura così ottenuti per ognuna delle aree monitorate, meglio correlabile alle variazioni nel tempo del flusso di calore, mostrano alla stazione di Pisciarelli una stretta correlazione con l'andamento di alcuni parametri geochimici, quali il flusso di CO₂ (fig. 6.1.1.6) ed il rapporto CO₂/CH₄.

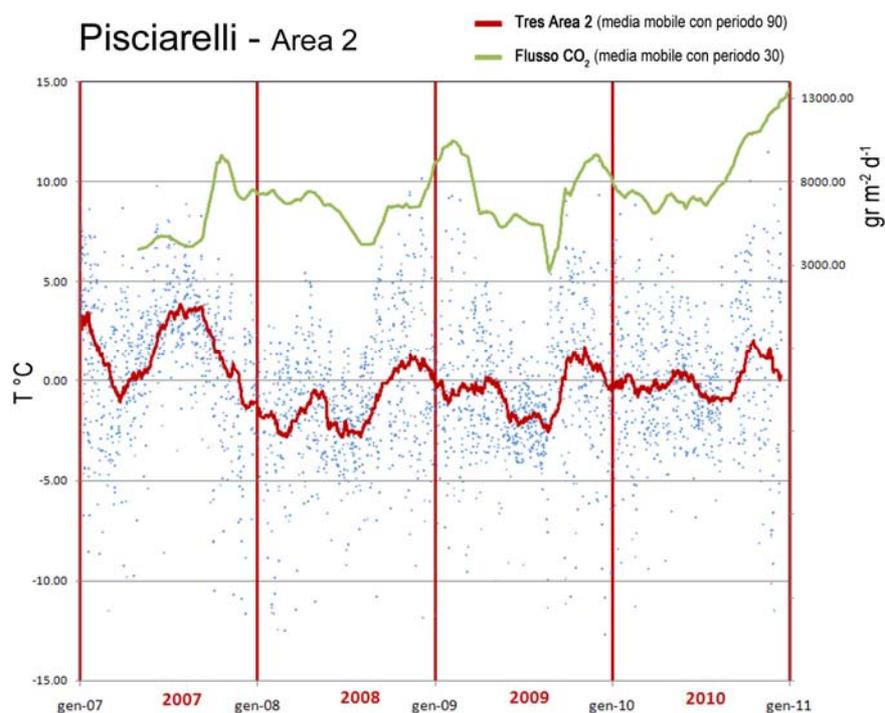


Figura 6.1.1.6 – Stazione telecamera fissa Pisciarelli. Risultato del filtraggio statistico effettuato sulla serie temporale delle temperature massime rilevate nell'area 2. I valori di temperatura, non assoluti, sono i residui ottenuti dopo rimozione del trend. Per confronto è anche mostrato l'andamento temporale del flusso di CO₂.

In particolare, a Pisciarelli l'andamento delle temperature indica un moderato e graduale aumento a partire dal 2008 e mostra apprezzabili variazioni in corrispondenza dell'aumento di attività fumarolica verificatisi rispettivamente nel marzo e nel dicembre 2009.

L'andamento temporale delle temperature ottenuto dall'elaborazione dei dati della stazione ubicata nel cratere della Solfatara risulta essere notevolmente più complesso rispetto a quanto osservato a Pisciarelli..

6.1.3 – Ischia

I rilievi termici a Ischia sono stati effettuati in otto punti stazione ubicati in diversi contesti strutturali (Fig. 6.1.3.1), anche se con una certa discontinuità nel secondo semestre dell'anno per avverse condizioni meteo.

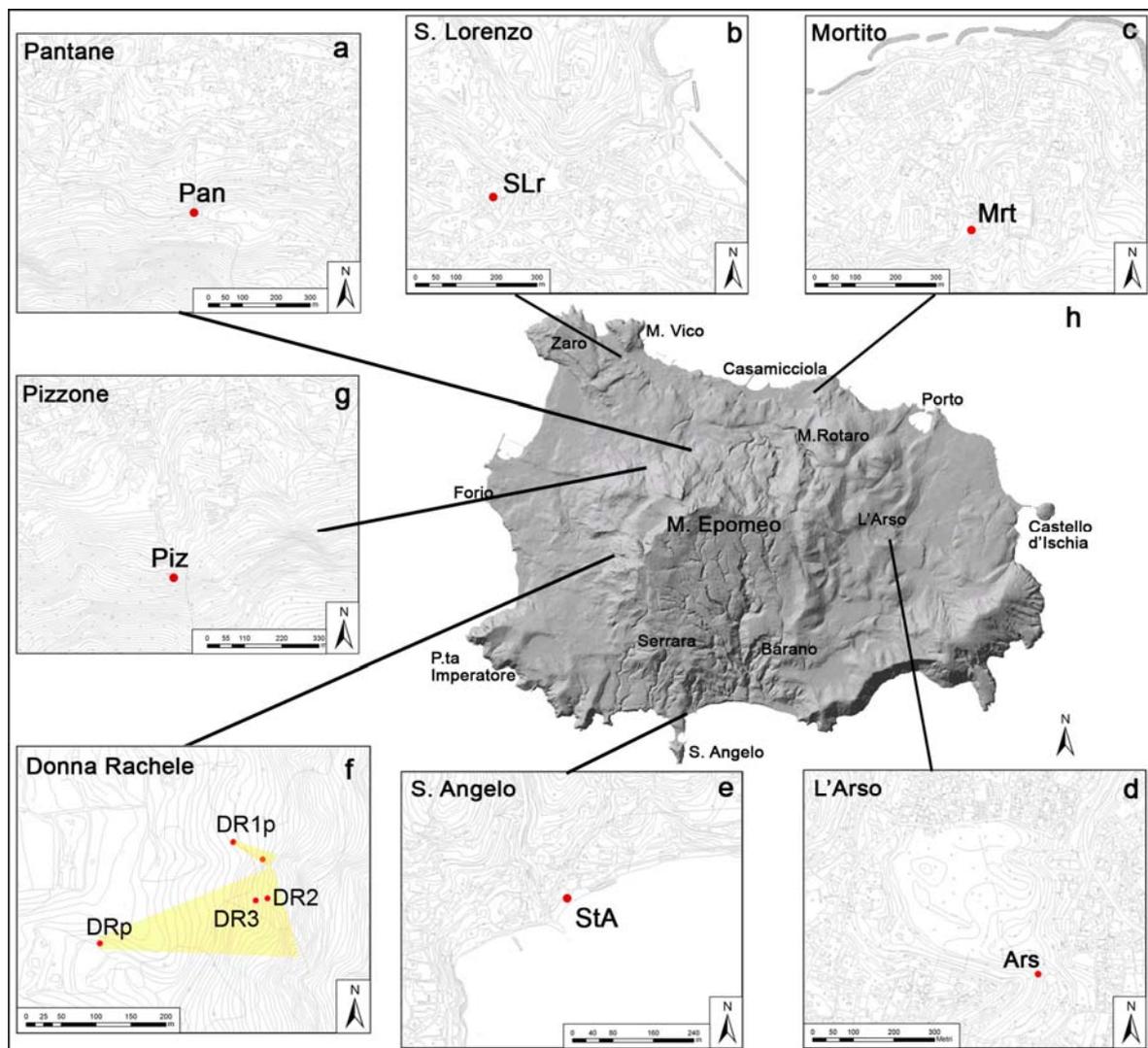


Figura 6.1.3.1 – Ubicazione dei punti di misura a Ischia

In località Donna Rachele (Fig. 6.1.3.1 f), lungo il versante occidentale del Monte Epomeo, sono stati effettuati rilievi con termocoppia rigida e telecamera termica in corrispondenza dei punti stazione DR2 e DR3, e solo con termocamera dai punti stazione DRp e DR1p.

I valori delle temperature massime misurati con i due metodi alle fumarole DR2 e DR3, molto simili tra di loro (Fig 6.1.3.2 c, d1, d2) e a quelli del 2009 mostrano un andamento pressoché costante nel tempo.

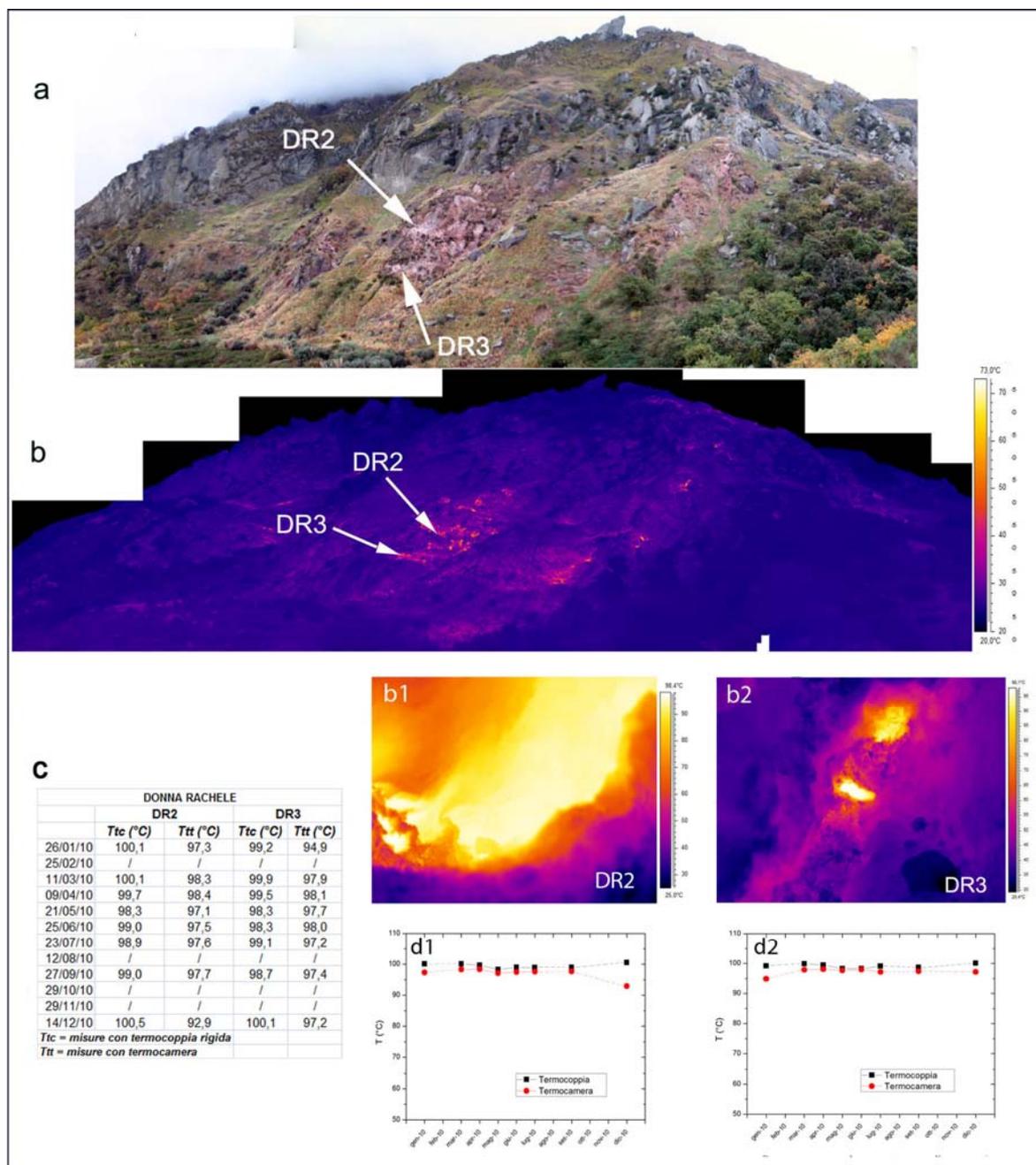


Figura 6.1.3.2 – Immagini nel visibile (a), termica (b, b1, b2), tabella dei valori massimi della temperatura (c) e grafico della loro variazione nel tempo (d1, d2) rilevati nel 2010 nell'area fumarolica Donna Rachele.

Anche le altre zone controllate dell'isola hanno mostrato un andamento simile a quanto rilevato nel corso del 2009, con la sola eccezione di Pizzone, a nord-ovest del Monte Epomeo (Fig. 6.1.3.1 g), dove i valori di temperatura massima (Fig. 6.1.3.3), misurati con termocoppia rigida e telecamera termica, da gennaio a marzo sono più bassi (circa 80-94 °C) rispetto ai valori rilevati dal mese di

aprile in poi, compresi tra circa 94 e 99°C (Fig. 6.1.3.3 c, d), in accordo con i dati rilevati nel 2009. Una probabile causa è imputabile alle intense piogge dei giorni precedenti la misura,

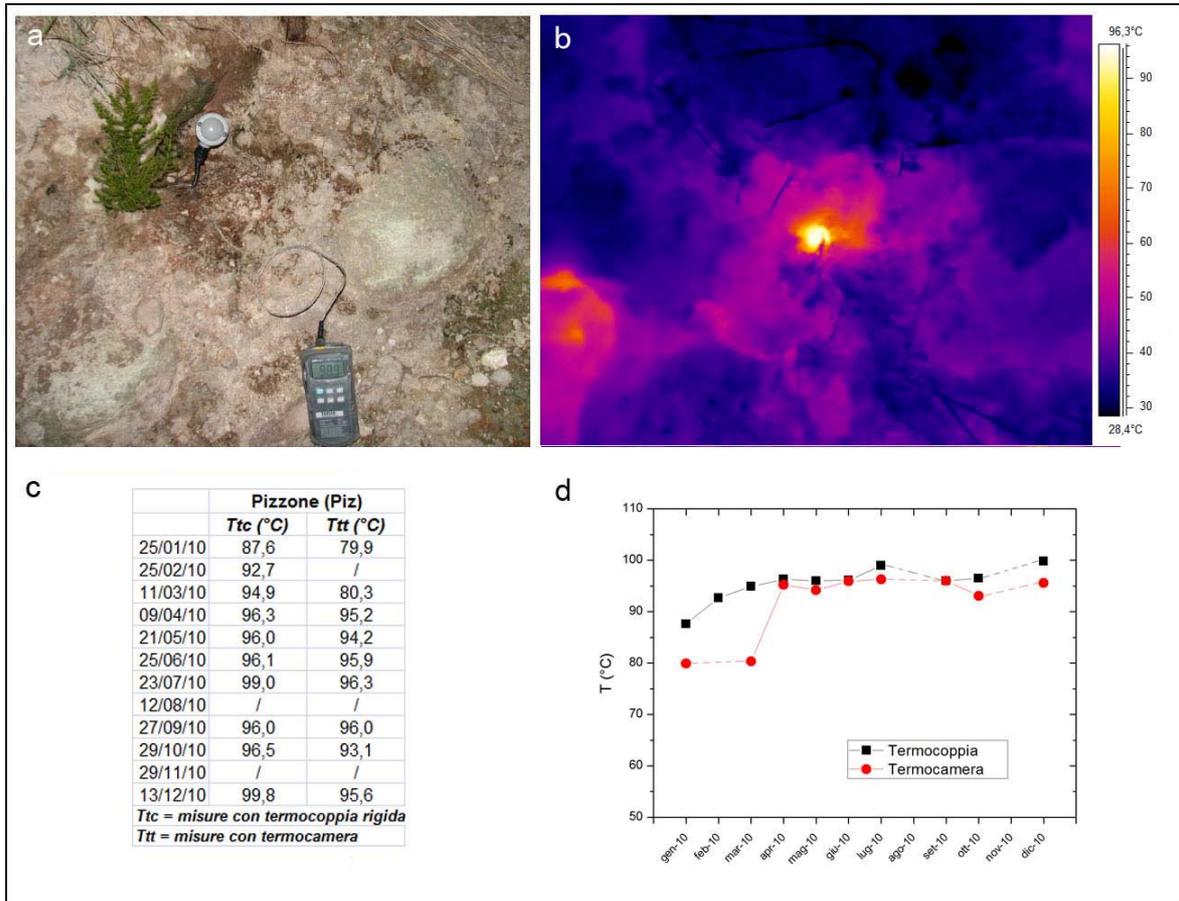


Figura 6.3.1.3 – Immagini nel visibile (a), termica (b), tabella dei valori massimi della temperatura (c) e grafico della loro variazione nel tempo (d) rilevati nel 2010 nel sito Pizzone

6.2. Stromboli

6.2.1. Strumentazione disponibile

| Tipologia di stazioni permanenti | N. |
|---|----|
| Stazioni di osservazione con telecamere termiche e visibili | 4 |
| Stazioni UV scanner per la misura continua, diurna, del flusso di SO ₂ | 4 |
| Stazioni FTIR per la misura continua dei rapporti tra specie gassose | 1 |

Per la strumentazione di campagna e di laboratorio fare riferimento al paragrafo 6.3.1.

6.2.2. Dati raccolti e modalità di immagazzinamento e divulgazione

Monitoraggio dell'attività eruttiva

Nel corso del 2010 l'attività dello Stromboli è stata documentata dall'analisi delle immagini registrate dal sistema di monitoraggio visivo che ha permesso di redigere i bollettini settimanali sul monitoraggio vulcanico, geochimico, delle deformazioni del suolo e sismico del vulcano Stromboli per il DPC nazionale. Le telecamere che hanno operato nel 2010 sono state: per l'intero corso dell'anno una telecamera termica ed una telecamera visibile poste a quota 400 sul margine orientale della Sciara del Fuoco; fino al 4 febbraio una telecamera infrarosso posta sopra il Pizzo sopra la Fossa; dal 26 ottobre altre due telecamere termiche poste sul Pizzo, in sostituzione della telecamera infrarosso, ed ai Vancori.

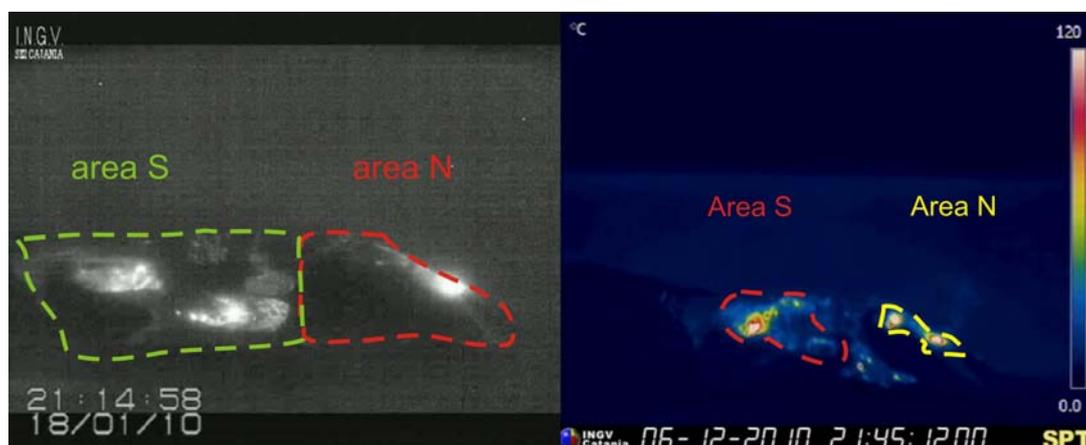


Figura 6.2.1. La terrazza craterica dello Stromboli vista dal Pizzo in due giorni dell'anno 2010: a sinistra il 18 gennaio in un'immagine ripresa dalla telecamera infrarosso, mentre a destra il 6 dicembre in un'immagine ripresa dalla nuova telecamera termica.

L'attività eruttiva osservata è stata la tipica attività stromboliana prodotta principalmente da due bocche nell'area N e da due o più bocche nell'area S (Figura 6.2.1). Il materiale emesso è stato per gran parte dell'anno grossolano (lapilli e bombe) dalle bocche dell'area N e fine (ceneri) talvolta frammisto a grossolano nelle bocche dell'area S. Nell'ultimo trimestre la percentuale di materiale grossolano è aumentata all'area S diventando, per lunghi periodi, prevalente su quella fine.

La frequenza e l'intensità media nel corso dell'anno sono state medio-basse, la prima ha mostrato valori medi tra 6 e 10 eventi/h, mentre la seconda lanci di materiali fino a altezze medie inferiori ai 120 m sopra la terrazza craterica.



Figura 6.2.2. Fotogramma della colata lavica del 1 novembre ripresa dalla telecamera termica del Pizzo.

Gli eventi eruttivi che hanno interrotto la normale attività esplosiva stromboliana sono state tre colate intracrateriche osservate il 7 gennaio, il 19-23 ottobre ed il 1 novembre (Figura 6.2.2) e otto eventi esplosivi più energetici, rispetto a quelli medi dell'attività stromboliana, registrati nei giorni 4 (Figura 6.2.3), 10, 14, 21 gennaio, 12 marzo, 25 e 30 giugno e 19 dicembre. Tra questi eventi esplosivi, solo quelli del 10 gennaio e 30 giugno hanno prodotto un'ampia ricaduta sulla sommità del vulcano incluso il Pizzo ed entrambi sono stati prodotti dalla bocca più settentrionale localizzata all'Area N.

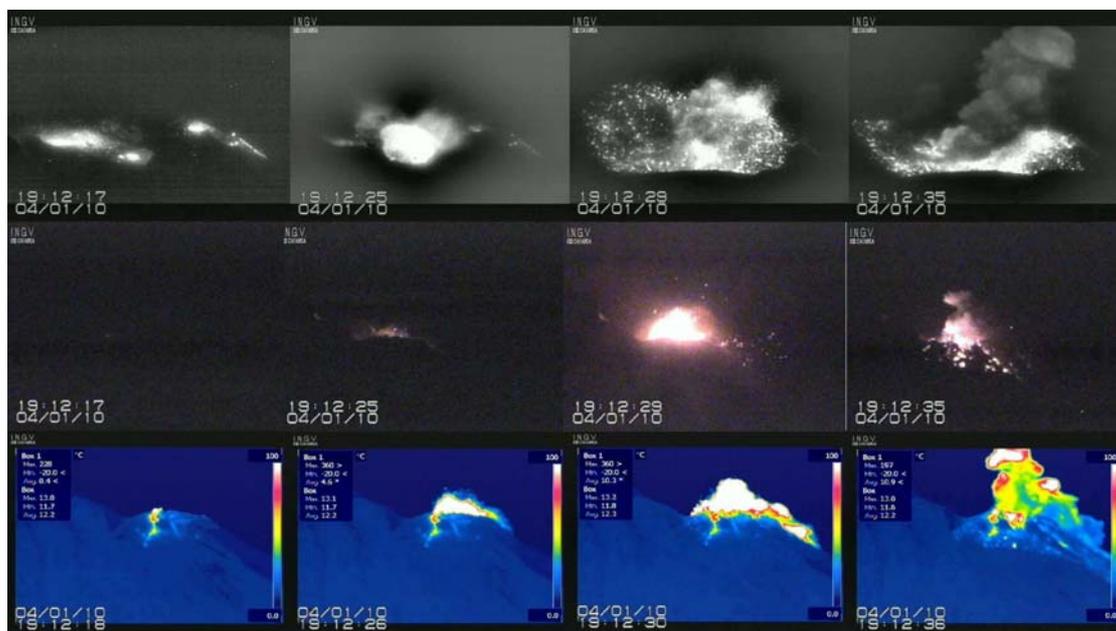


Figura 6.2.3. L'evento esplosivo ripreso dalle tre telecamere attive. Dall'alto verso il basso la sequenza delle immagini riprese della telecamera infrarosso del Pizzo, della visibile e della termica di quota 400.

I rilievi termici di terreno a Stromboli sono stati effettuati per verificare lo stato di attività dei crateri sommitali e per verificare eventuali anomalie termiche nella "Sciara del Fuoco". In occasione del sorvolo nel mese di ottobre è stato possibile osservare la messa in posto e la loro evoluzione di piccoli flussi lavici, all'interno della terrazza craterica.

Monitoraggio dei prodotti eruttati

La composizione del vetro nei prodotti (bombe e lapilli) eruttati dallo Stromboli, durante la sequenza esplosiva del 30 giugno 2010, ha evidenziato che durante questo tipo di attività fortemente energetica ai crateri sommitali viene emesso magma riferibile sia al tipo HP (ad alta porfiricità), che LP (a bassa porfiricità).

Monitoraggio delle emissioni gassose

Le misure di flusso di SO₂ sullo Stromboli durante il 2010 (Fig. 6.2.4) hanno mostrato valori abbastanza stabili intorno ad un valor medio di 140 t/d. In alcuni giorni sono stati registrati valori medi abbastanza elevati, anche al di sopra delle 300 t/d in linea con una maggiore attività sommitale. Da notare invece come alcuni eventi esplosivi di maggiore magnitudo rispetto alla classica attività stromboliana, sono stati preceduti da dei trend di decremento del flusso di SO₂, suggerendo un ridotto degassamento e relativa sovrappressione del sistema.

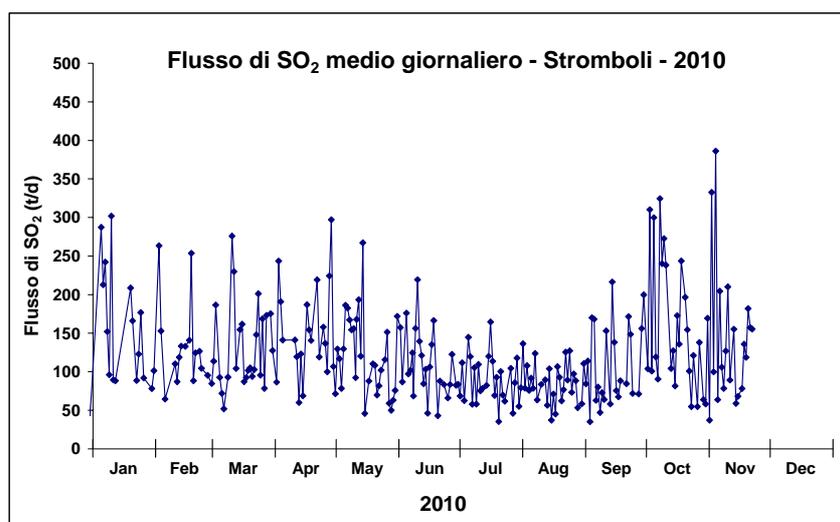


Figura 6.2.4. Flusso di SO₂ emesso dallo Stromboli durante il 2010

6.3. Etna

6.3.1. Strumentazione disponibile

| Tipologia di stazioni permanenti | N. |
|---|----|
| Stazioni di osservazione con telecamere termiche e visibili | 7 |
| Stazione per la ricezione delle immagini digitali del satellite METEOSAT | 1 |
| Stazione radar-doppler per la misura della portata delle colonne eruttive | 1 |
| Stazioni disdometriche per la misura del fallout delle ceneri | 2 |
| Stazioni UV scanner per la misura continua, diurna, del flusso di SO ₂ | 8 |
| Stazioni di misura continua del radon dai suoli | 4 |
| Stazione per la misura ad alta frequenza del flusso di CO ₂ del Radon (²²² Rn) e del Thoron (²²⁰ Rn) | 1 |

| Tipologia di strumenti di campagna e di laboratorio | N. |
|--|----|
| Telecamera termiche portatile FLIR | 4 |
| Microscopio polarizzante in luce trasmessa | 2 |
| Microscopio binoculare, anche con camera digitale | 3 |
| Microscopio elettronico (SEM) con microanalisi a dispersione di energia (EDS) | 1 |
| Fluorescenza ai raggi X | 1 |
| Pressa idraulica con puntale in acciaio | 1 |
| Frantoio a mascelle per granulazione del campione | 1 |
| Mulino ad anelli di agata per polverizzazione del campione | 1 |
| Stufe per essiccazione di campioni | 2 |
| Sistema di quartatura dei campioni | 1 |
| Analizzatore granulometrico di dimensioni e forma di particelle nell'intervallo 30 µm to 30 mm | 1 |
| Setacciatore per analisi granulometriche nell'intervallo 30 µm to 30 mm | 1 |
| Strumento portatile per la misura del particolato vulcanico PM10 | 1 |
| Sistemi portatili di misura del flusso di CO ₂ dal suolo | 2 |
| Sistemi portatili per la misura dell'emissione di radon e thoron dal suolo | 4 |
| Spettrometro di massa per la misura del He dal suolo | 1 |
| Spettrometro mini-DOAS per la misura del flusso di SO ₂ o BrO nel plume | 3 |
| Spettrometro FTIR per la misura dei rapporti tra specie gassose del plume | 2 |

6.3.2. Dati raccolti e modalità di immagazzinamento e divulgazione

Monitoraggio dell'attività eruttiva

Durante l'anno 2010 sono avvenute diverse emissioni di cenere da tre dei quattro crateri sommitali dell'Etna, parzialmente causate da crolli intracraterici, in parte da attività esplosiva. Sono da notare in particolare tre eventi: l'esplosione dell'8 aprile al cratere a pozzo sul fianco orientale del Cratere di SE, la sequenza esplosiva iniziata il 25 agosto alla Bocca Nuova, e le emissioni di cenere dal Cratere di NE del 14-15 novembre.



Figura 6.3.1. Sviluppo della nube di cenere prodotta dall'esplosione dal cratere a pozzo sul lato orientale del Cratere di SE l'8 aprile 2010 ripresa dalla telecamera di Milo. Nell'immagine a destra, indicato dalla freccia rossa, si osserva il flusso orizzontale che si sviluppa sul versante orientale del Cratere di SE.

L'esplosione dell'8 aprile è avvenuta dopo una serie di minori emissioni di cenere ed una accentuata attività sismica in area sommitale; l'evento è stato impulsivo ed ha generato, oltre ad una fitta nube di cenere scura alta poco più di 1 km (Fig. 6.3.1), anche un piccolo flusso orizzontale, che si è sviluppato verso nord-est percorrendo circa 500 m. Dopo l'esplosione, il cratere a pozzo era notevolmente allargato, e nei mesi successivi ripetuti crolli, in particolare nella mattinata del 19 giugno, hanno ulteriormente incrementato il suo diametro.



Figura 6.3.2. Colonna di cenere generata dall'esplosione della Bocca Nuova del 25 agosto 2010. Immagini riprese dalla telecamera posta sulla Montagnola, a circa 3 km a sud dalla sommità dell'Etna.

Dopo alcune minori emissioni di cenere, a partire dal 5 luglio il cratere della Bocca Nuova (BN) ha prodotto un'esplosione più forte alle ore 15.09 locali del 25 agosto (Fig. 6.3.2), generando una colonna di cenere alta quasi 2 km sopra la sommità che ha prodotto la ricaduta di cenere fine nei centri abitati sul versante meridionale e sud-orientale fino a Catania. Durante le settimane

successive, il medesimo cratere BN è stato interessato da altri fenomeni di emissione di cenere d'intensità molto debole.

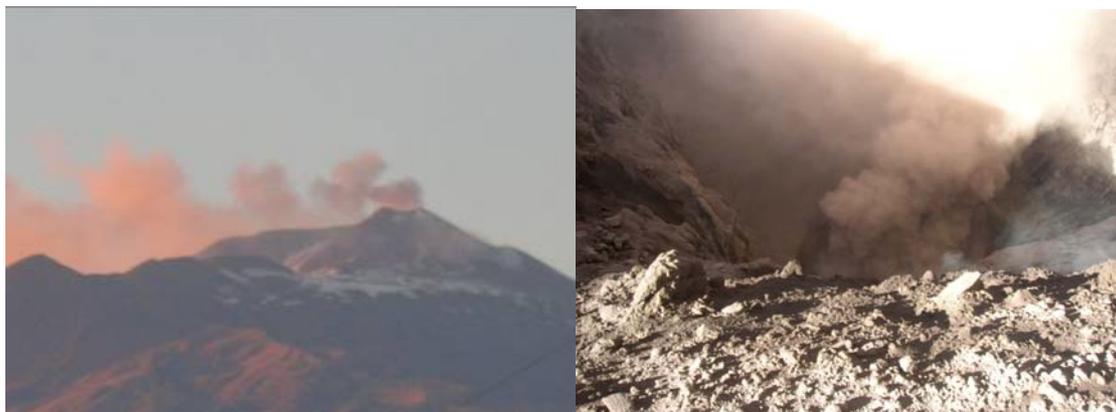


Figura 6.3.3. Emissioni di cenere dal Cratere di Nord-Est, riprese la sera del 14 novembre 2010 da Trecastagni (a sinistra), e il 15 novembre dall'orlo dello stesso cratere (a destra).

Infine, il Cratere di NE è stato, per tutto l'anno, sede di un'attività esplosiva molto profonda, producendo boati forti udibili a volte anche da distanze fino a 1 km, senza però alcuna emissione di materiale piroclastico, fino a metà novembre. Minori emissioni di cenere sono state notate il 12 novembre, seguite da un aumento cospicuo sia nella frequenza che nel volume delle emissioni nei giorni 14-15 novembre (Fig. 6.3.3). Tali emissioni sono state accompagnate da forti boati dalla bocca presente nel fondo del Cratere di NE.

Dalla fine dell'attività effusiva del 6 luglio 2009 le misure termiche sono state concentrate nell'area sommitale. In particolare sulle principali fumarole che interessano la Voragine, la Bocca Nuova. I restanti Crateri di NE e di SE presentano caratteristiche termiche differenti, il Cratere di NE non ha fumarole attive di alta temperatura sui bordi, ma è possibile effettuare rilievi sul fondo craterico per rilevare variazioni significative dell'attività intracrateriche. Il Cratere di SE è un cratere ostruito alla sua sommità, e presenta fumarole attive sull'orlo craterico e sul versante meridionale il Pit Crater durante il 2010 è stato interessato dalle anomalie termiche più elevate rispetto ai restanti crateri sommitali, rilievi del sorvolo del 28 agosto 2010. Le misure effettuate in area sommitale non hanno registrato un aumento significativo delle temperature alle fumarole dalla fine dell'eruzione, e variazioni di temperatura relative alla migrazione del tremore dalla Bocca Nuova al Cratere di Nord Est.

In occasione dello sciame sismico del 2-3 Aprile 2010 la porzione occidentale del sistema di faglie della Pernicana, un vasto campo di fratture ha interessato la struttura tettonica dalla sua terminazione occidentale, in corrispondenza del suo raccordo con il Rift di NE, e la sua porzione centrale. In quella occasione sono stati condotti accurati rilievi strutturali di terreno, che hanno contribuito a fornire il quadro tettonico del fenomeno e che sono attualmente in fase di ulteriore elaborazione.

Monitoraggio dei prodotti eruttati

L'attività di monitoraggio svolta presso i laboratori ha riguardato lo studio dei prodotti emessi nel corso dell'attività Etna del 2010 da tre dei quattro crateri sommitali (Cratere di SE, Cratere di NE e Bocca Nuova. Lapilli e ceneri sono stati caratterizzati mediante analisi petrografiche e tessiturali, mineralogiche e composizionali (vetro della pasta di fondo), morfoscopiche, morfometriche e granulometriche.

I campioni di cenere emessi nel corso dei principali eventi esplosivi dell'Etna (8 aprile al Cratere di SE, 25 agosto e 7 ottobre alla Bocca Nuova, 14-15 novembre al Cratere di NE), oltre ad un campione di cenere deposta nei primi giorni di novembre a poche centinaia di metri dal Cratere di SE, sono stati analizzati per valutarne le caratteristiche tessiturali (granulometria, componenti e morfologia dei clasti). Solo i campioni emessi nel corso dell'attività del Cratere di SE giorno 8 aprile presentavano dimensioni e abbondanza tale da consentire la misura della composizione dei vetri. L'insieme di queste analisi, in particolare la quantificazione della percentuale di materiale iuvenile (sideromelano e tachilite) e la definizione delle caratteristiche morfologiche di tali particelle, ha permesso di avanzare ipotesi sulla dinamica eruttiva di tali eventi e di supporre il coinvolgimento o meno di magma relativamente fresco all'interno dei condotti vulcanici.

Monitoraggio delle emissioni gassose

Nel corso del 2010 la percentuale di giornate in cui è stato rilevato il flusso di SO₂ dalla Rete FLAME all'Etna, è stato di circa l'85%. Ogni stazione esegue in media ~250 scansioni giornaliere con un totale annuo di ~400,000 scansioni eseguite dalla rete. La rete FLAME-Etna, dopo le installazioni delle stazioni a Linguaglossa (ELIN) e Bronte (EBRO), risulta oggi composta da 8 stazioni e con l'aggiunta di queste due nuove stazioni si prevede di raggiungere una efficienza che sfiori il 90% della possibilità di rilevamento del flusso di SO₂ all'Etna. Rete FLAMES Stromboli: la percentuale di giornate di misura in cui è stato possibile rilevare il dato di flusso di SO₂ è stato di circa il 74% delle giornate. Ogni stazione in media esegue 250 scansioni giornaliere che porta il totale della rete a più di 350,000 scansioni per anno.

Le misure di flusso di SO₂ all'Etna durante il 2010 (Fig. 6.3.4) hanno mostrato un incremento nei valori medi di flusso giornaliero dopo la fine dell'eruzione 2008-2009 terminata il 7 luglio. In dettaglio, dall'inizio dell'anno fino al 12 maggio, periodo sin-eruttivo, il flusso ha mostrato un valore medio giornaliero di ~2000 tonnellate/giorno (t/d). Dalla metà di maggio sino a fine novembre il rate emissivo ha evidenziato due livelli d'incremento: il primo da maggio ad agosto con un flusso di ~2300 t/d ed il secondo da agosto all'attuale con un flusso medio sino a 2900 t/d. Quest'ultimo incremento potrebbe suggerire che il vulcano stia migliorando l'efficienza del suo sistema di degassamento dai crateri sommitali.

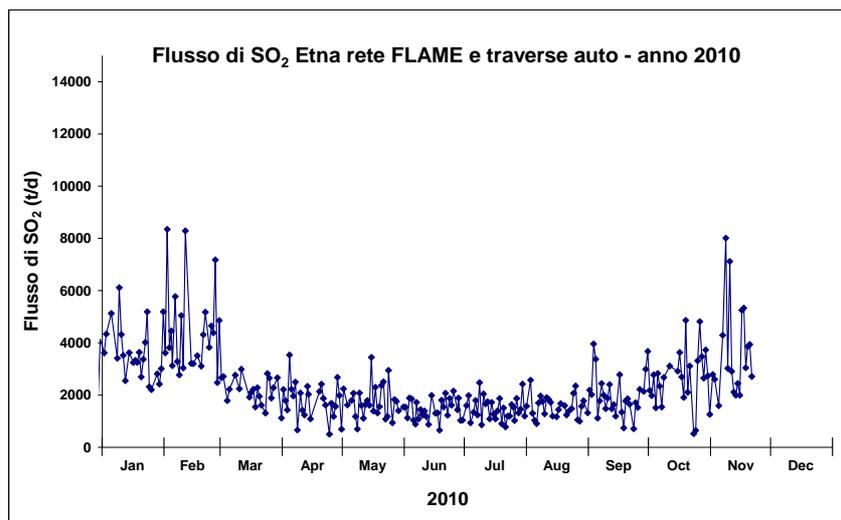


Figura 6.3.3. Flusso di SO₂ emesso dall'Etna durante il 2010

I flussi di HCl e HF misurati all'Etna nel 2010 sulla base dei rapporti molari SO₂/HCl e SO₂/HF (Fig. 6.3.5) hanno presentato un andamento abbastanza costante con medie intorno a valori di ~300 per HCl e ~30 per HF. Tali valori risultano essere nettamente inferiori a quelli registrati nel 2009 (~600 per HCl e ~120 per HF). Anche l'andamento dei rapporti molari fra SO₂, HCl e HF nel gas emesso dall'Etna si è mantenuto su valori mediamente più alti rispetto al 2009, presentando un andamento piuttosto costante.

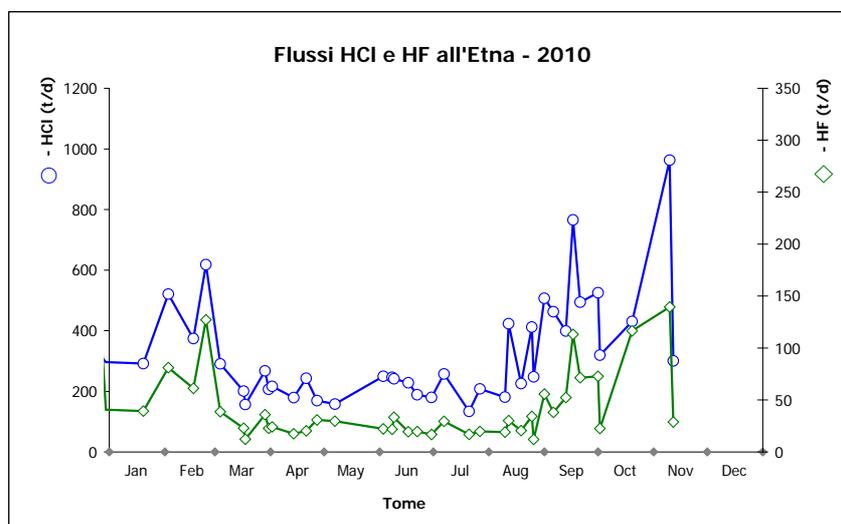


Figura 6.3.5. Flussi di HCl e HF emessi dall'Etna durante il 2010

L'attività eruttiva e tettonica dell'Etna è monitorata anche attraverso una rete di sensori di tipo "Barasol", per il rilievo di gas radon dai suoli. Nel 2010 la rete di sensori è stata composta da 4 stazioni.

Una sonda barasol si trova in località Torre del Filosofo (2920 m di quota sul mare). Questa sonda ha fornito valori di radon dal suolo ben sincronizzati con l'attività vulcanica, avendo segnalato con discreta precisione e con un anticipo variabile da 2 a 36 ore circa le attività esplosive sommitali che hanno caratterizzato la Bocca Nuova dal mese di Agosto ad oggi (Figura 6.3.6). Questi dati sono in

corso di elaborazione, comparandoli con dati sismologici e infrasonici raccolti dalle altre reti di monitoraggio etnee dell'INGV.

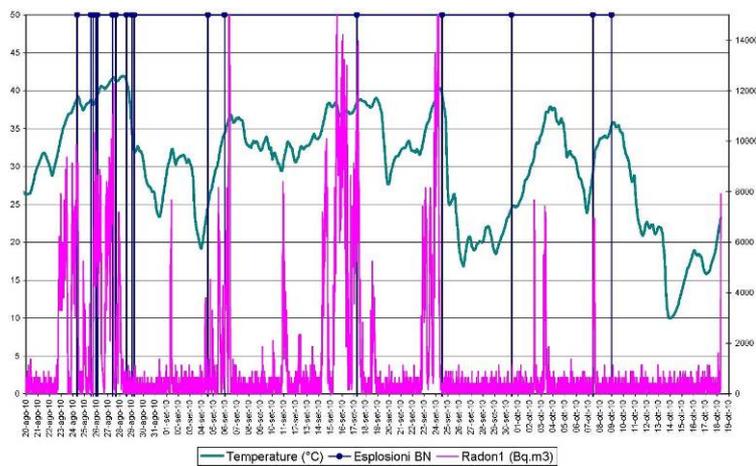


Figura 6.3.6 Emissioni di radon dalla sonda di Torre del Filosofo, comparate con l'attività esplosiva della Bocca Nuova (linee verticali blu).

Altre due sonde sono installate sul fianco nord-orientale dell'Etna. Una barasol è installata in località Clan dei Ragazzi (1500 m slm), in prossimità del tratto centrale della faglia della Pernicana, mentre la seconda sonda è stata installata nel Novembre 2009 in località Piano Provenzana (circa 1800 m slm). La struttura tettonica monitorata dalle due sonde ha mostrato segni di riviviscenza in occasione del sopra citato sciame sismico dell'Aprile 2010, marcati in superficie da fratturazioni al suolo che, nel corso dell'anno, si sono propagate fino alla porzione orientale del sistema di faglie, dalla strada di collegamento Zafferana Etnea-Linguaglossa fino alla costa ionica. Tale attività è stata ben seguita anche attraverso i dati raccolti dalle due sonde radon ivi allocate.

Nella stazione ubicata a Primoti, vicino Zafferana Etnea vengono misurati contemporaneamente i tenori di radon e thoron nel terreno ad una profondità di circa 40 cm. I risultati preliminari hanno mostrato forti variazioni dei parametri, alcune delle quali certamente legate a fenomeni atmosferici (es. eventi piovosi), ma altre apparentemente non legate ad essi e spiegabili invece con variazioni delle condizioni fisiche del suolo (soprattutto la permeabilità). In tal senso, è proseguita nel 2010 la tendenza già osservata a partire da fine Maggio 2009 di una maggiore emissione di thoron rispetto al radon, probabilmente legata ad una maggiore permeabilità crostale a scala locale. Tale tendenza, tuttavia, sembra essersi invertita a partire dai primi di Ottobre. Analoghe indicazioni provengono dalle misure discrete di Radon, Thoron e flusso di CO₂, effettuate in tre siti nel versante orientale dell'Etna e in un sito vicino Paternò. La combinazione di questi tre parametri nell'Indice di Disequilibrio dei Gas del Suolo mostra forti anomalie per gran parte dell'anno, in particolare tra Agosto e inizio Ottobre, mentre i dati più recenti indicano un ritorno a condizioni di basso degassamento diffuso.

6.3.3. Simulazione dei processi vulcanici

Previsione dell'andamento delle nubi eruttive

L'attività di sviluppo del sistema automatico che gestisce la produzione delle mappe previsionali della dispersione della cenere vulcanica è proseguita nel 2010 fino ad ottenere una piena operatività del sistema si occupa di supervisionare le simulazioni, la produzione delle mappe, la pubblicazione degli output nei siti dedicati e l'invio dei risultati al Dipartimento di Protezione Civile Nazionale. Ogni mattina vengono acquisiti i dati meteorologici e nel giro di poche ore sono disponibili le mappe previsionali per le successive 48 ore, per tre possibili scenari eruttivi. Tutti questi dati sono disponibili nel sito pubblico dell'UPNV <http://dbsrt.ct.ingv.it/UPNV/> (Figura 6.3.7) inclusi quelli archiviati da oltre un anno per scopi di analisi e confronto tra modelli (vedi nelle attività di ricerca).

Questa attività è proceduralizzata nella Circolare Generale dell'ENAC: "Procedure per la Conduzione delle Operazioni di Volo in Presenza di Nube di Cenere Vulcanica", che è ancora in fase di pubblicazione. Quando sarà ufficiale potranno essere fornite le mappe previsionali anche ai controllori del traffico aereo, agli uffici di meteorologia aeronautica e al VAAC di Tolosa. Per questo sono state apportate alcune modifiche alle procedure di plottaggio delle mappe di dispersione al fine di includere i settori di volo che rientrano nella procedura e quindi fornire ai controllori del traffico aereo tutte le informazioni di cui necessitano in caso di emergenza per evitare agli aerei la nube di cenere vulcanica prodotta dall'Etna. Inoltre a maggio 2010 in conseguenza della crisi del traffico aereo provocata dall'eruzione del vulcano Eyjafjallajökull sono state formalizzate in sede internazionale (ICAO-EUR-NAT) le soglie di concentrazione della cenere vulcanica in atmosfera pericolosa per i velivoli. In attesa di una loro formalizzazione anche in ambito nazionale da parte dell'ENAC si sta provvedendo a modificare di conseguenza il plottaggio delle mappe per definire le zone ad alta (No Fly Zone), media (dove si può operare per un tempo limitato) e bassa (dove si può operare anche con presenza di cenere vulcanica) concentrazioni di cenere. Tutte queste attività sono state svolte per essere pronti a una futura emergenza che attualmente non è ufficialmente proceduralizzata ma che in caso di crisi potrebbe essere rapidamente messa in operazione sotto la supervisione del DPC e dell'ENAC.

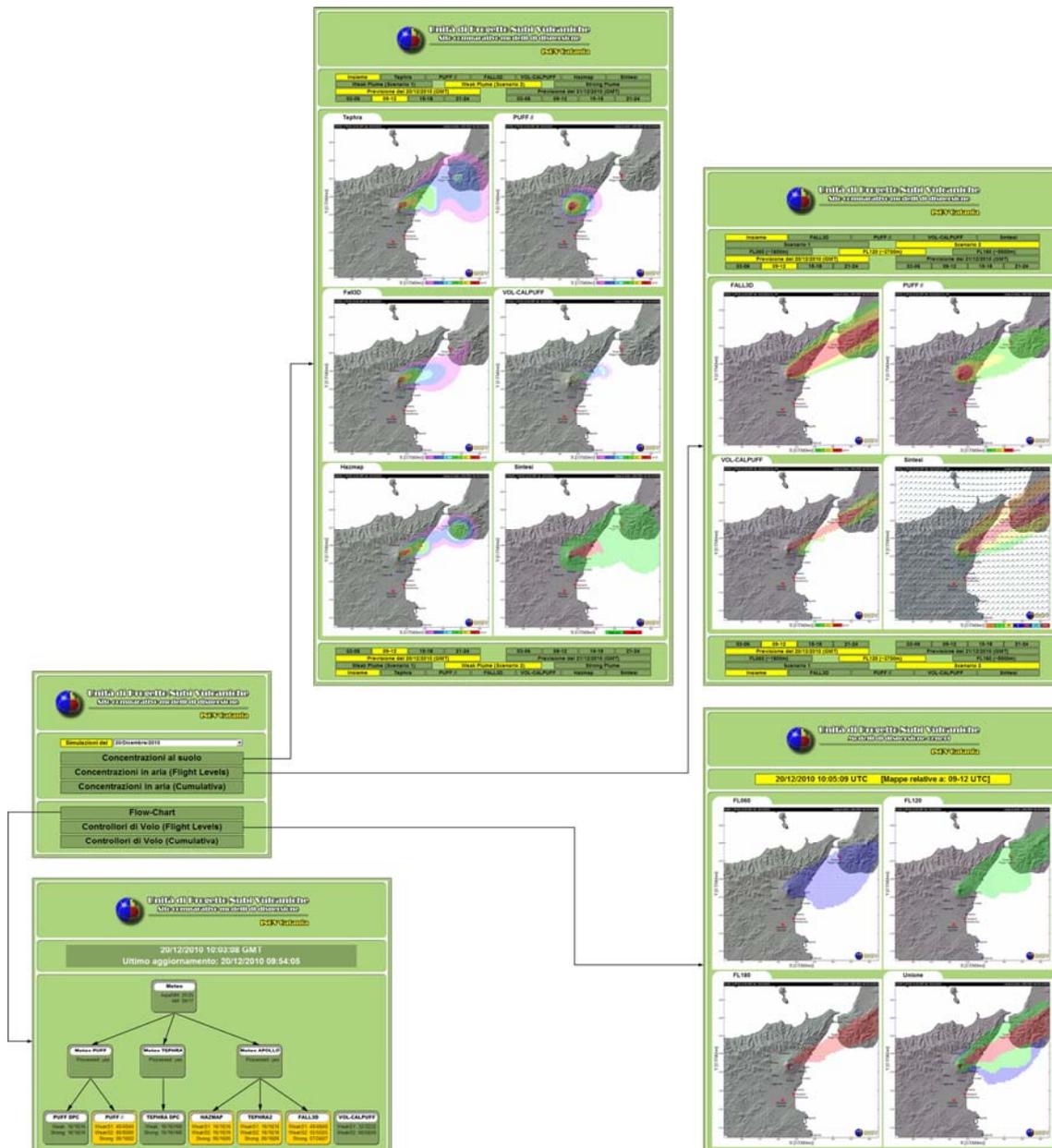


Figura 6.3.7. Il sito web della UPNV sul quale vengono pubblicate giornalmente le mappe di previsione della presenza di cenere vulcanica in aria e a terra.

Previsione dei percorsi dei flussi lavici

Nel corso del 2010, la Sezione di Catania ha completato la costruzione della mappa di pericolosità da colate di lava all'Etna e ha rafforzato il processo di integrazione tra tecniche satellitari orientate al monitoraggio vulcanico e le simulazioni numeriche delle colate di lava per produrre degli scenari durante le eruzioni. Queste attività sono state condotte anche nell'ambito del progetto V3-LAVA della Convenzione INGV-DPC 2007-2009, dove sono stati realizzati quattro prodotti: (i) sviluppo di una metodologia per la costruzione della mappa di pericolosità da invasione da colate di lava all'Etna; (ii) messa a punto e implementazione di un sistema automatico basato sull'analisi di immagini satellitari multi-sensore per riconoscere le anomalie termiche e stimare i tassi effusivi

durante gli eventi eruttivi; (iii) implementazione e parallelizzazione di un modello Smoothed Particle Hydrodynamics integrato su schede grafiche per la simulazione dei flussi lavici; (iv) sviluppo della piattaforma Lav@hazard in un ambiente WEB-GIS, basato su Google Maps API (Application Programming Interface), per la gestione delle eruzioni effusive.

Mappa di pericolosità da colate di lava all'Etna: è stata sviluppata una metodologia per la costruzione della mappa di pericolosità da colate di lava. La metodologia è basata su differenti fasi:

- Calcolo della mappa di suscettività che fornisce informazioni sulla probabilità spaziale di apertura dei crateri: i dati strutturali e le evidenze geologiche sono state elaborate per fornire una densità spaziale di probabilità di apertura dei crateri (PDF). Tutte le informazioni sono state elaborate in differenti layers, e a ciascun layer è stato associato un "peso", in funzione della rilevanza e dell'affidabilità del dato di partenza; la mappa di suscettività finale è stata ottenuta come combinazione lineare delle diverse PDF (Fig. 6.3.8).

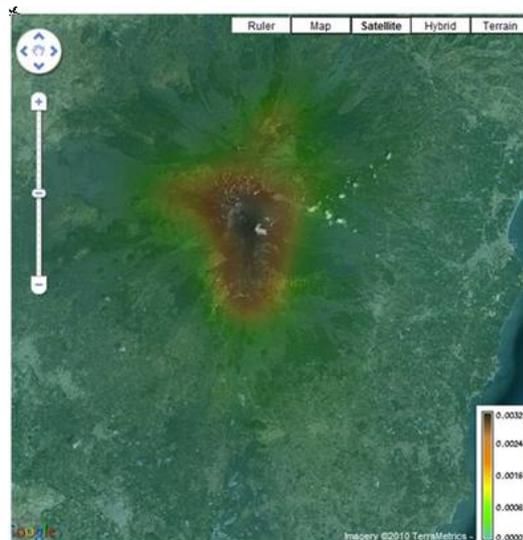


Fig. 6.3.8 – Mappa di probabilità spaziale di apertura dei crateri.

- Caratterizzazione delle eruzioni attese: è stato analizzato un database contenente gli ultimi 400 anni della storia eruttiva dell'Etna. In particolare, sono state identificate 57 eruzioni laterali utili per l'identificazione di alcuni parametri che sono stati considerati per la costruzione del dataset di riferimento per le simulazioni numeriche. In particolare sono state selezionate 6 tipologie eruttive, caratterizzate dalla durata dell'evento eruttivo ed dal volume emesso.
- Simulazioni numeriche dei percorsi dei flussi lavici: il modello MAGFLOW ha rappresentato la parte centrale della metodologia per la valutazione della pericolosità all'Etna. L'approccio delle simulazioni numeriche fisico-matematiche fornisce un'analisi più robusta e accurata rispetto ad una semplice analisi condotta con modelli di tipo probabilistico, in quanto riesce a tenere in considerazione gli effetti di raffreddamento e della formazione di flussi multipli. Sono state effettuate più di 30.000 simulazioni che hanno origine da tutti i possibili punti di emissione, ciascuno con una differente storia eruttiva (volumi e durata dell'eruzione) e differenti parametri reologici tra quelli possibili all'Etna.

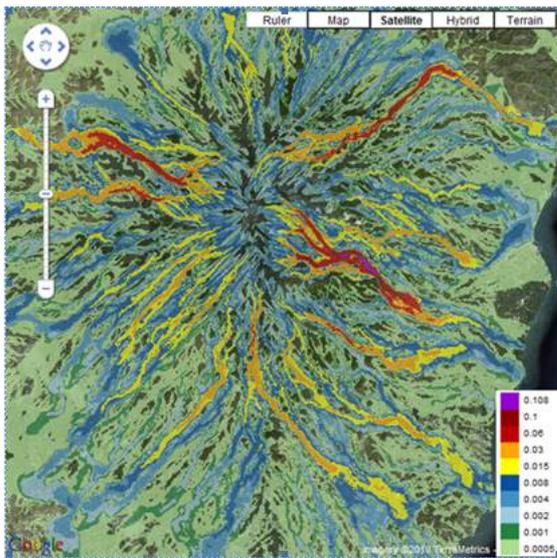


Fig. 6.3.9 – Mappa di pericolosità da colate di lava all'Etna.

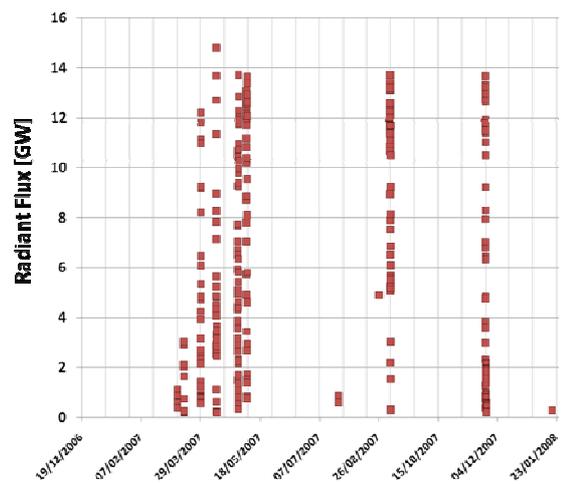


Fig. 6.3.10 – Flusso radiante stimato coi dati SEVIRI durante il 2007.

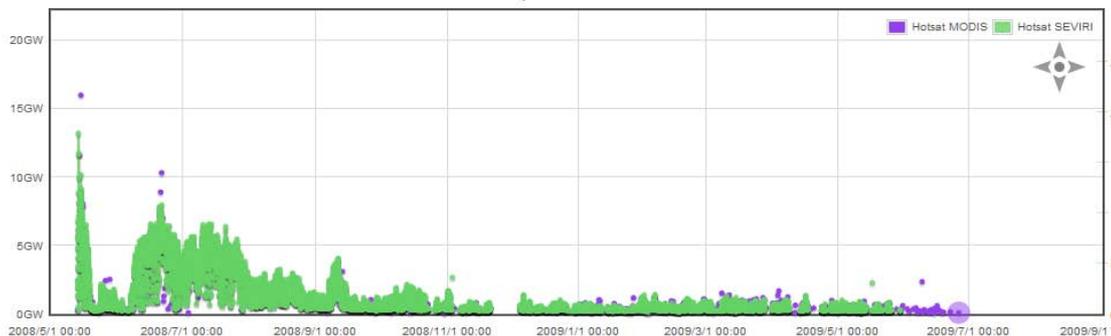


Fig. 6.3.11 – Flusso radiante calcolato durante il periodo 2008-2009 con dati MODIS (viola) e SEVIRI (verdi).

- Elaborazione dei risultati per fornire la mappa di probabilità finale: le zone invase dalle colate simulate da MAGFLOW sono state combinate con le probabilità di apertura delle bocche per ottenere la mappa di pericolosità finale rappresentata in Figura 6.3.9. Per fornire una migliore rappresentazione grafica dei risultati, la mappa è stata discretizzata in 10 livelli di probabilità di invasione. Inoltre, è stata introdotta una metodologia per la validazione della mappa di pericolosità a lungo termine. Tale metodologia è basata su un'analisi retrospettiva. Il dataset usato come riferimento è stato diviso in due parti, uno per il training (43 eventi eruttivi) e l'altro per il testing (14 eventi eruttivi). È stata rigenerata sia la mappa di probabilità di apertura dei crateri, sia la mappa finale e attraverso l'uso di alcuni indici di performance, è stato valutato il risultato, ottenendo un fit positivo.

ii) *Messa a punto e implementazione di un sistema automatico per il monitoraggio vulcanico basato sull'analisi di immagini satellitari multi-sensore*: osservazioni condotte attraverso l'uso di satelliti meteorologici hanno mostrato essere particolarmente robusti e affidabili per il monitoraggio di eventi vulcanici. In particolare, l'uso combinato di sensori con differenti caratteristiche spaziali e temporali si è rivelato un potente strumento. L'attività dell'ultimo anno è stata indirizzata all'ottimizzazione degli algoritmi sviluppati negli anni precedenti per i dati MODIS e AVHRR e allo sviluppo di nuovi algoritmi applicabili ai dati SEVIRI. E' stato sviluppato uno strumento integrato in un servizio GIS, chiamato HOTSAT, in grado di analizzare contemporaneamente tutti i dati satellitari nel termico disponibili in tempo reale. Il pacchetto è formato da differenti moduli che hanno scopi differenti, dal pre-processamento delle immagini (calibrazione radiometrica e navigazione per la georeferenzazione delle immagini), all'analisi di anomalie termiche, fino alla stima del tasso radiante ed il tasso effusivo. HOTSAT è stato applicato all'intero 2007, caratterizzando il comportamento di tutte le fontane di lava avvenuto nel periodo considerato (Fig. 6.3.10). Nel corso di tutta l'eruzione 2008-2009, sono stati applicati gli algoritmi per la segnalazione delle anomalie termiche ed il calcolo del tasso effusivo alle immagini del MODIS disponibili gratuitamente sul sito della NASA e del SEVIRI, fornite gratuitamente da EUMETSAT (Fig. 6.3.11).

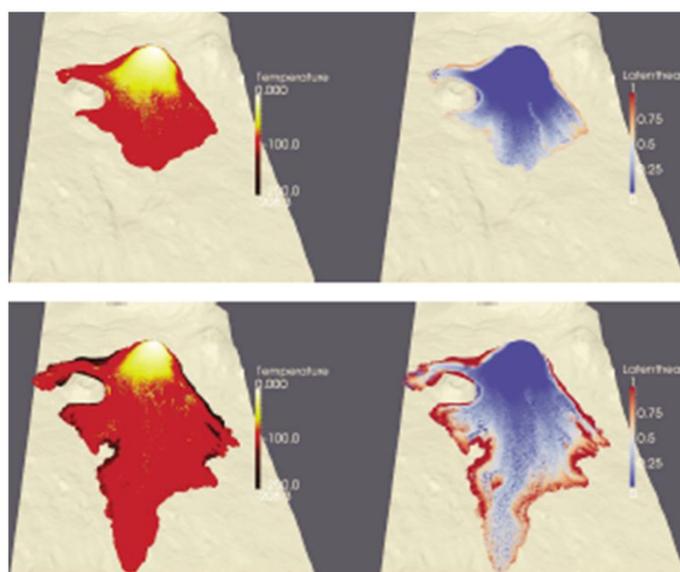


Fig. 6.3.12 – Colata lavica con viscosità dipendente da temperatura. A sinistra è riportata l'evoluzione di temperatura come differenza rispetto alla temperatura di emissione, mentre a destra l'evoluzione del calore latente che mette in evidenza la formazione degli argini (particelle rosse).

iii) *Implementazione di un modello Smoothed Particle Hydrodynamics per la simulazione dei flussi lavici*: è stato implementato il modello SPH in 3D. Il nuovo codice in 3D è stato utilizzato per la simulazione di un flusso lavico stazionario/non stazionario (Fig. 6.3.12). Inoltre, è stato sviluppato un nuovo modello termico che permette una descrizione più accurata dello stato del fluido all'interno della cella elementare, e permette la simulazione di fenomeni transienti e passaggi di stato quali la formazione della crosta. E' stata infatti introdotta una nuova metodologia per la modellazione delle transizioni di fase, utilizzando il calore latente q . Molto semplicemente, una particella è considerata solida o liquida a seconda se q è 1 o 0. In questo modo, tutte le particelle che hanno valori di q compresi tra 0 e 1 indicano il movimento dei fronti di solidificazione. Inoltre

all'interno del codice SPH sono state implementate differenti reologie: newtoniana, binghamiana, a legge di potenza.

Lo sviluppo e l'implementazione dei modelli numerici SPH, ha reso necessario la parallelizzazione su schede grafiche dei codici, per permettere di effettuare simulazioni in breve tempo. Per far ciò è stata utilizzata la tecnologia CUDA che permette di programmare applicazioni software in grado di risolvere i problemi di calcolo più impegnativi riducendo nettamente il tempo necessario grazie alla straordinaria potenza di elaborazione in parallelo multi-core delle unità di processamento grafico (GPU). Le moderne schede grafiche sono dotate di una GPU (Graphics Processing Unit), ovvero un processore ottimizzato per le operazioni e le tecniche di calcolo richieste dalla grafica tridimensionale: le GPU sono quindi in grado di eseguire calcoli numerici in virgola mobile con precisione singola (7 cifre decimali circa), e sono strutturate in modo da poter eseguire contemporaneamente le stesse operazioni su una grande quantità di dati (calcolo parallelo SIMD: Single Instruction Multiple Data). Anche il codice MAGFLOW è stato implementato su GPU con CUDA, permettendo l'esecuzione di decine di scenari di previsione in tempo-reale.

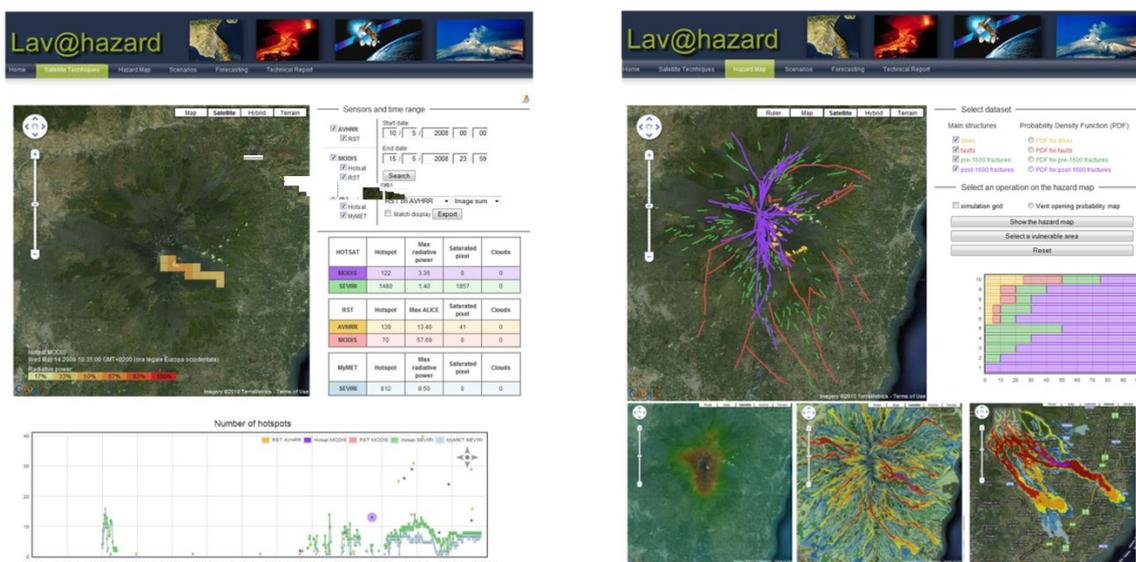


Fig. 6.3.13 – A sinistra (a) è riportata una schermata del modulo satellite, mentre a destra (b) quella del modulo di pericolosità.

iv) *Sviluppo della piattaforma LAVA@HAZARD*: tutti i prodotti derivanti dalle diverse attività di ricerca sono stati integrati in un WEB-GIS, basato su Google Maps API (Application Programming Interface), una scelta motivata dalla facilità di utilizzo delle API di Google e dall'ambiente di tipo user-friendly. La struttura web consiste di 4 moduli:

- Applicazioni satellitari: è stato creato un database di immagini SEVIRI, AVHRR, e MODIS. Attualmente il database include dati raccolti nel periodo 2007-2009, ma è predisposto per il funzionamento in tempo reale. I prodotti direttamente visualizzabili sono essenzialmente le anomalie termiche, il flusso radiante, il tasso effusivo ed i volumi eruttati. Tutte queste

informazioni sono disponibili nello spazio, attraverso la visualizzazione su una mappa di Google, e nel tempo (Fig. 6.3.13).

- Mappa di pericolosità: lo scopo di questo modulo è la visualizzazione di tutti i dati che hanno portato alla realizzazione della mappa finale di pericolosità da colate di lava dell'Etna (Fig. 6.3.13b). In particolare, le principali strutture geologiche, le densità di probabilità spaziale dell'apertura dei crateri, e la mappa finale sono visualizzabili. Inoltre è stata introdotta la possibilità di ricalcolare la pericolosità su un'area molto ridotta (2.5 km X 2.5 km) in tempo reale. Questa funzionalità potrebbe essere utile durante le prime fasi di un'emergenza, quando nessun altro dato per effettuare la simulazione è disponibile.
- Modulo scenari: tutte le simulazioni effettuate per la costruzione della mappa di pericolosità sono state raccolte in un database consultabile secondo opportune chiavi di ricerca, quali posizione del cratere, durata dell'evento eruttivo e volumi stimati. Nel database sono pure presenti alcune delle eruzioni storiche simulate col MAGFLOW. Inoltre, è possibile, scegliendo un punto qualunque del vulcano, calcolare, invertendo la simulazione, il punto da cui dovrebbe aprirsi il cratere per invadere il punto precedentemente selezionato (Fig. 6.3.14).
- Modulo MAGFLOW in real-time: è stata introdotta la possibilità di simulare un evento in tempo reale lanciando il MAGFLOW su GPU (Fig. 6.3.14). E' possibile selezionare il cratere, immettere alcuni parametri utili al modello ed infine introdurre o testualmente o graficamente i valori del tasso effusivo.

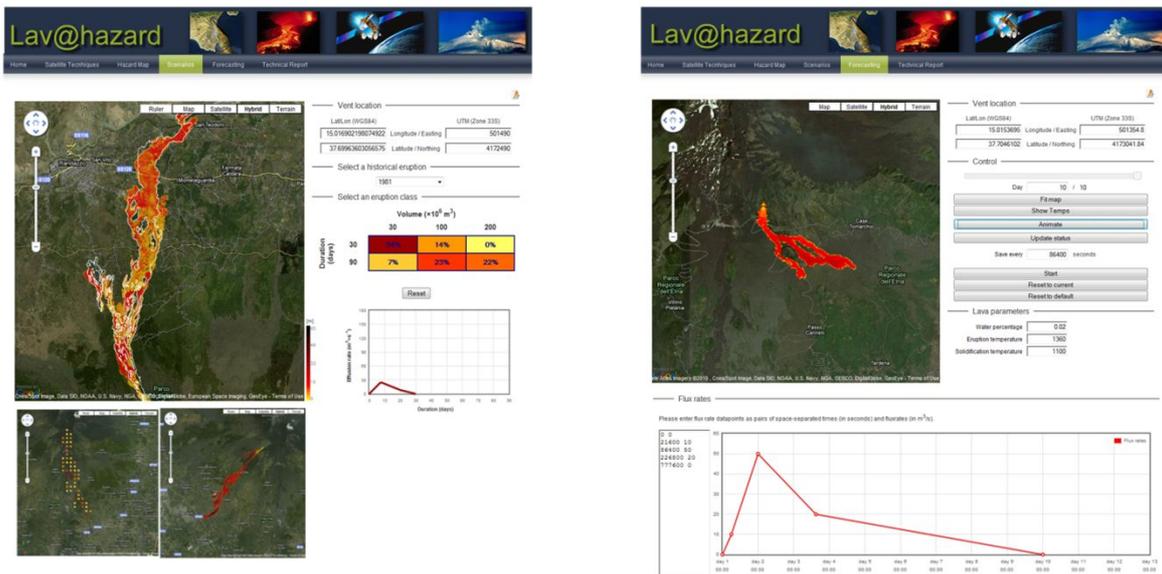


Fig. 6.3.14 – A sinistra (a) è riportata una schermata del modulo scenari, mentre a destra (b) quella del modulo di previsione in tempo reale.

6.4. Vulcano

6.4.1. Strumentazione disponibile

| Tipologia di stazioni permanenti | N. |
|---|----|
| Stazione termografica per il monitoraggio del campo fumarolico | 1 |
| Stazione di osservazione con telecamera nel visibile | 1 |
| Stazione UV scanner per la misura continua, diurna, del flusso di SO ₂ | 1 |

6.4.2. Dati raccolti e modalità di immagazzinamento e divulgazione

I dati di temperatura del campo di fumarole presente all'interno del cratere "La Fossa" ottenuti dalla telecamera termica, fissa, posta all'interno del cratere hanno permesso di registrare una diminuzione della temperatura dal 2006 al luglio 2009.

Nel luglio del 2009 ad ottobre 2010 i dati termici hanno mostrato una crescita della temperatura del campo fumarolico rispetto al trend in diminuzione osservato negli anni precedenti ed è imputabile probabilmente ad una lenta inversione del trend. Tale comportamento del sistema idrotermale in questa finestra temporale coincide con i dati sismici e geodetici. La comparazione tra dati sismici di deformazione, geochimici (in collaborazione con la Sezione di Palermo), e termici in questa prima fase ha dato risultati significativi.

In occasione del terremoto tettonico del 16 agosto avvenuto nelle Isole Eolie a Sud-ovest di Vulcano, i dati del sorvolo e le immagini della telecamera fissa hanno permesso di dare indicazioni sulle eventuali variazioni delle temperature a breve e a medio termine dell'attività fumarolica monitorata.

7. Monitoraggio gravimetrico e magnetico

7.1. Vulcani attivi della Campania (Vesuvio, Campi Flegrei, Ischia)

7.1.1 Vesuvio

Nei mesi di aprile e dicembre 2010 sono state eseguite due campagne gravimetriche nell'area vesuviana. Le misure sono state condotte sull'intera rete, costituita da 32 vertici, tutti collegati alla stazione assoluta di Napoli, che rappresenta il riferimento, e i più posizionati in corrispondenza, o in prossimità, di capisaldi della rete di livellazione.

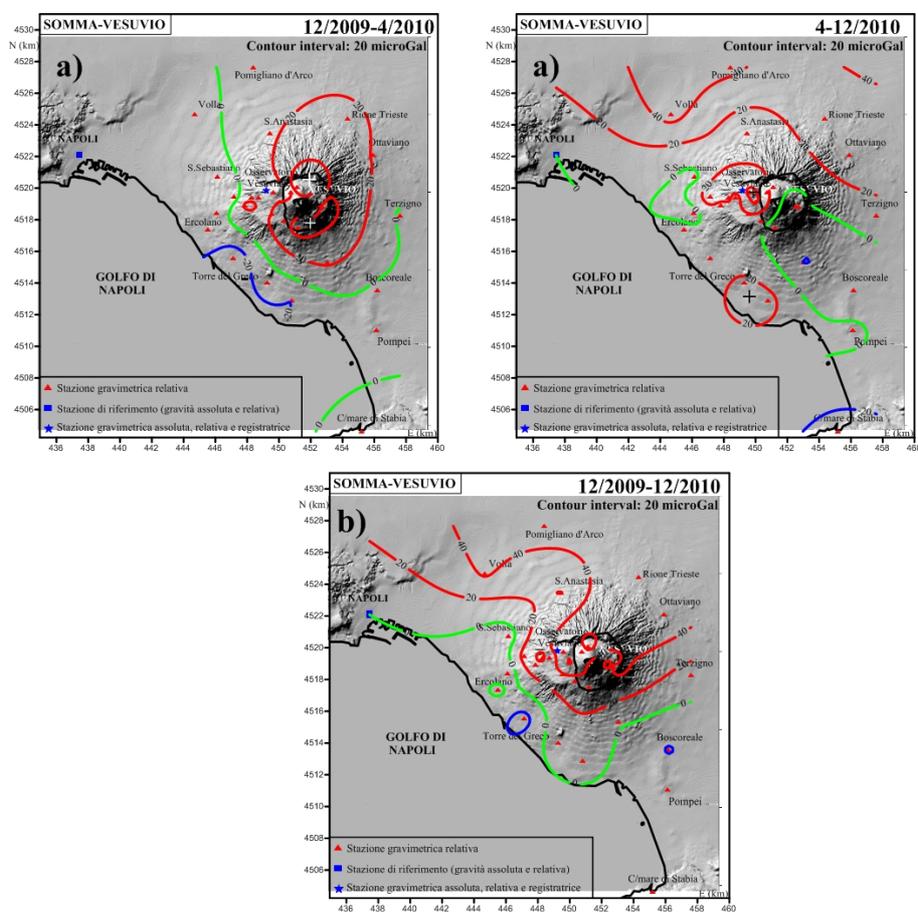


Figura 7.1.1.1 – Variazioni di gravità nell'area vesuviana con riferimento alla stazione assoluta di Napoli, nei periodi: a) dicembre 2009 – aprile 2010; b) aprile – dicembre 2010; c) dicembre 2009 – dicembre 2010.

In particolare, nella fig. 7.1.1.1a, relativa all'intervallo 12/2009-4/2010, si evince che l'intera area vesuviana è stata interessata da variazioni di gravità ai limiti della significatività, eccezion fatta per tre vertici alla base della struttura vulcanica dove è stato misurato un aumento di g , compreso tra 48 e 61 μGal , e precisamente: Bunker Est (VS22 - 49 μGal), Bunker Nord (VS25 - 61 μGal) e Bunker Sud (VS23 - 48 μGal). Il campo ottenuto comunque mostra un aumento di g sull'intera struttura vulcanica, dove nel periodo precedente (4/09-12/09) era stata invece evidenziata una

diminuzione di gravità della stessa entità (Rif. Rendiconto annuale 2009). Il confronto con i valori ottenuti nell'aprile 2009, fatto per escludere l'effetto di fenomeni a carattere stagionale, ha mostrato ancora un campo delle variazioni di g ai limiti della significatività e in particolare che le variazioni osservate sulla parte alta della struttura vulcanica si annullano, confermando che esse sono per lo più attribuibili a fenomeni di carattere stagionale.

Nel periodo successivo (aprile – dicembre 2010, fig. 7.1.1.1b) ancora si osservano variazioni ai limiti della significatività statistica; le sole aree affette da incrementi significativi sono l'area a N-NE della struttura vulcanica (Volla- Pomigliano -, Rione Trieste e Ottaviano) e quella limitata a sole due stazioni (Casa Matrone e Forestale) alla base del Cratere, settore occidentale.

Per verificare la presenza di variazioni dovute all'effetto di fenomeni a carattere stagionale nell'intervallo aprile – dicembre 2010, è stato anche fatto il confronto sull'intervallo dicembre 2009 – dicembre 2010 (fig. 7.1.1.1c). Il campo corrispondente ripresenta quello dell'intervallo aprile-dicembre 2010 indicando che le variazioni osservate non sono da imputare a effetti di origine stagionale.

7.1.2 Campi Flegrei

Nei mesi di marzo e ottobre 2010 sono state eseguite due campagne gravimetriche di precisione ai Campi Flegrei. Le misure sono state acquisite sull'intera rete, incluse le stazioni all'interno del cratere Solfatara, che è costituita da 28 vertici, tutti posizionati in corrispondenza, o in prossimità, di capisaldi di livellazione e collegati alla stazione assoluta di Napoli assunta quale riferimento.

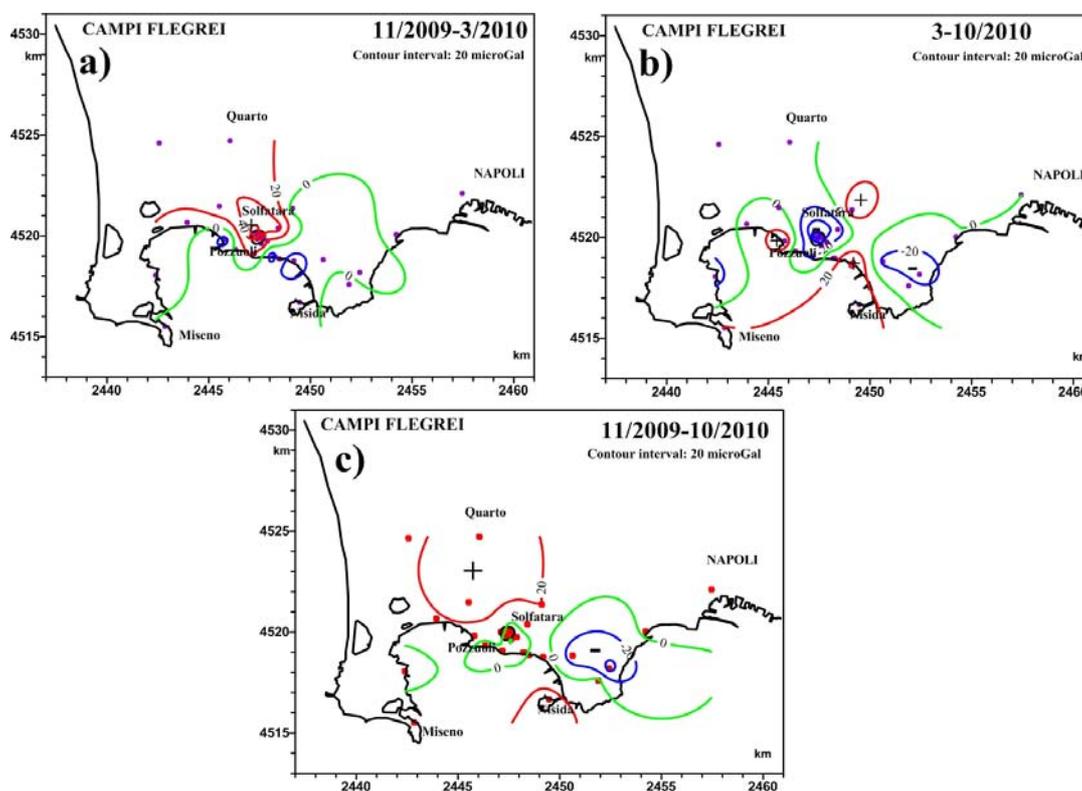


Figura 7.1.1.2 – Variazioni di gravità ai Campi Flegrei, riferite alla stazione assoluta di Napoli, nei periodi: a) novembre 2009 – marzo 2010; b) marzo – ottobre 2010; c) novembre 2009 – ottobre 2010.

Dal confronto che si riferisce al periodo novembre 2009 – marzo 2010 (fig. 7.1.1.2a) si può osservare che la maggior parte dell'area è stata interessata da variazioni di g nulle o ai limiti della significatività statistica, mentre solo le stazioni ubicate nella zona tra Accademia Aeronautica - Solfatara - Pisciarelli mostrano un rilevante aumento della gravità con valori compresi tra 30 e 90 μGal . Quest'ultimo valore è stato rilevato all'interno del cratere Solfatara, precisamente al vertice GCF 23 (Solfatara BAR). Va fatto presente che le misure sui vertici all'interno della Solfatara sono state condotte due giorni dopo lo sciame sismico di 120 scosse localizzate nella zona Astroni-Pisciarelli, pertanto non si può escludere un qualche effetto di tale attività sismica sul campo della gravità. I valori alle stazioni all'esterno della Solfatara, Accademia e Pisciarelli sono invece il risultato di più misure ottenute da collegamenti con differenti stazioni nel corso dell'intera campagna e prima del 30 marzo. Alla stazione Accademia Aeronautica si continua a osservare il trend d'incremento di g , rilevato sin dalla fine del 2004, che al marzo 2010 è di circa 100 μGal .

Per quanto riguarda il periodo successivo, marzo-ottobre 2010, il campo delle variazioni di g ottenuto (fig. 7.1.1.2b) mostra ancora che quasi tutta l'area è stata interessata da variazioni di g nulle o ai limiti della significatività statistica e laddove nel periodo precedente si osservavano variazioni significative, queste appaiono in generale di segno opposte, cioè: le stazioni ubicate nella zona tra Accademia Aeronautica - Solfatara mostrano una rilevante diminuzione della gravità con valori compresi tra 20 e 60 μGal e le variazioni negative lungo la costa ora appaiono come variazioni positive. La stazione di Pisciarelli, invece, continua a mostrare un aumento di g , seppure ai limiti dell'errore stimato. Inoltre, si osserva un'area di diminuzione, ma sempre ai limiti della significatività statistica, centrata tra Bagnoli e Agnano. Infine, alla stazione di Accademia Aeronautica si osserva una diminuzione di circa 30 μGal che comunque non annulla il trend in aumento osservato dal 2004.

Come già osservato dalla fine del 2008, anche nel 2010 si individuano due aree separate da una fascia a variazione di gravità nulla, o ai limiti della significatività statistica, che corre lungo la direttrice 'costa – Solfatara - Pisciarelli'; inoltre la zona Solfatara-Pisciarelli continua a evidenziare un comportamento diverso dal resto dell'area flegrea, come già individuato dal 2003.

I campi prima analizzati si riferiscono a dati rilevati in periodi stagionali diversi, perciò i campi osservati possono essere influenzati da effetti stagionali. Allo scopo di eliminare gli eventuali effetti stagionali è stato confrontato il periodo novembre 2009 – ottobre 2010 (fig. 7.1.1.2c). e risulta evidente che sul periodo annuale l'intera area flegrea è stata affetta solo da variazioni di gravità ai limiti della significatività statistica.

7.1.2 Ischia

Nel mese di maggio 2010 è stata eseguita, all'isola di Ischia, una campagna di misure gravimetriche rilevate sull'intera rete che è costituita da 25 stazioni per la quasi totalità coincidenti con capisaldi altimetrici. La rete è riferita alla stazione assoluta di Napoli mediante collegamenti con il vertice ISG01 (Ischia Porto)

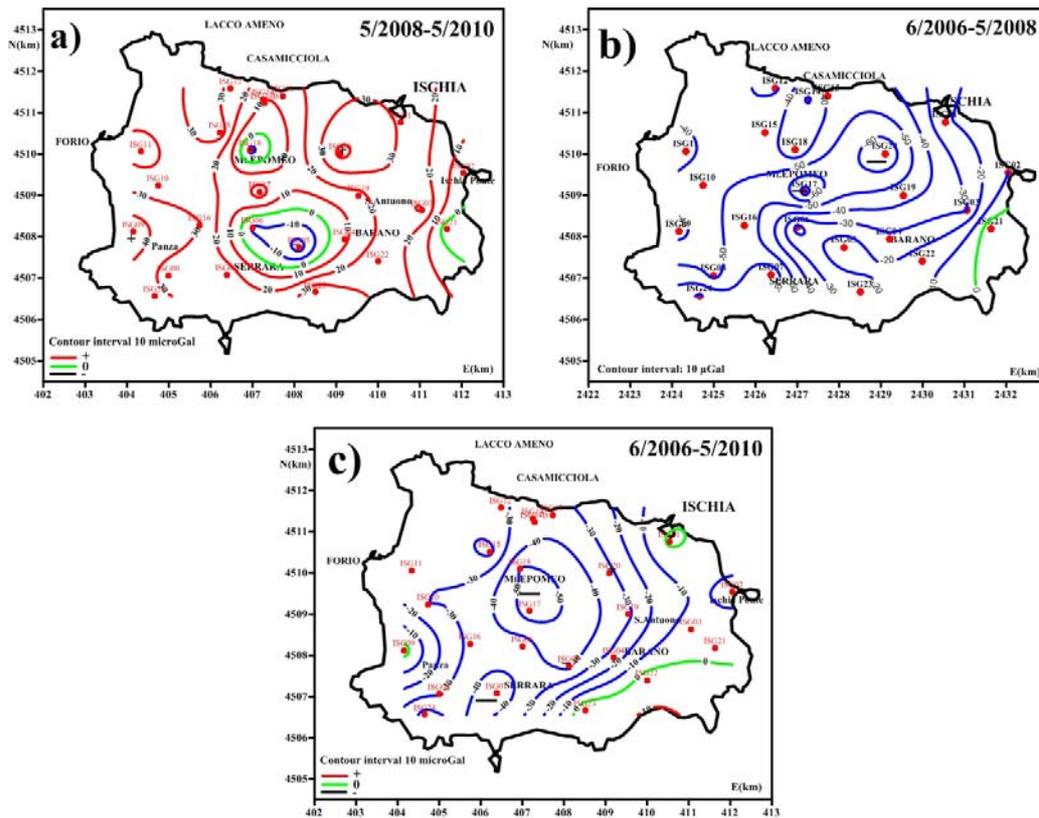


Figura 7.1.2.1 – Variazioni di gravità, con riferimento alla stazione assoluta di Napoli, osservate all'Isola di Ischia nei periodi: a) maggio 2008-maggio 2010; b) giugno 2006- maggio 2008; c)giugno 2006 – maggio 2010.

Le variazioni di g alle stazioni, rispetto al riferimento di Napoli, sono stati confrontate con quelle della precedente campagna, eseguita a maggio 2008, il cui errore medio era di $\pm 6 \mu\text{Gal}$. La variazione spaziale della gravità, relativa al periodo maggio 2008 – maggio 2010 (fig. 7.1.2.1a) mostra che l'isola è stata interessata da un generale aumento di gravità, con un prevalente gradiente crescente da Est verso Ovest. Al vertice di Ischia Porto (ISG01) è stato misurato un aumento di g di $+29 \mu\text{Gal}$; tale variazione annulla totalmente la diminuzione rilevata nel 2008 ($-27\mu\text{Gal}$ rispetto al 2006 – fig. 7.1.2.1b), riportando così il valore di g in tale stazione a quello misurato dal 1983, mantenutosi stabile, o comunque entro la significatività statistica dei dati, fino al 2006.

A parte le anomalie circoscritte e localizzate in corrispondenza del Monte Epomeo – Casamicciola e di Buonopane – Serrara Fontana, indicative di fenomeni locali e superficiali, il campo dei Δg ai bordi orientale e occidentale dell'isola si mostra come un campo aperto indicando un fenomeno più esteso e profondo. Le anomalie al centro dell'isola risentono ancora dell'estesa e significativa variazione negativa di g che ha interessato l'intera isola nell'intervallo di tempo giugno 2006 – maggio 2008 (fig. 7.1.2.1b).

Il campo variometrico 2008-2010 si presenta, infatti, inverso a quello tutto negativo del periodo 2006-2008. che è di ampiezza ed estensione tali da risultare comunque prevalente, come si può osservare nella fig. 7.1.2.1c dove è rappresentato il campo variometrico relativo all'intervallo globale 2006-2010 che mostra ancora un campo completamente negativo. Inoltre la fig. 7.1.2.1c

mette in risalto ancora di più che le variazioni di g sono circoscritte all'isola pur se estese oltre la parte emersa della stessa.

L'aumento di gravità rilevato nell'ultimo periodo riprende l'andamento positivo osservato dal 1999 e interrotto dalla fase negativa del 2008. Come già segnalato in vari rapporti precedenti, dal 1999 si è iniziata a osservare una significativa variazione di g estesa all'intera isola e con una notevole simmetria nel campo variometrico, contrariamente a quanto osservato dal 1983 al 1997 quando tutte le indagini hanno evidenziato variazioni statisticamente poco significative e a carattere locale, senza particolari andamenti nel tempo e nello spazio.

7.2 Vulcano

7.2.1. Vulcano - Monitoraggio gravimetrico

Nel settembre 2010 è stata condotta una campagna di misure sulla rete gravimetrica, costituita da 32 stazioni come mostrato in Fig.7.2.1 (riquadro a sinistra), la maggior parte delle quali coincidenti con capisaldi della rete altimetrica. La rete è collegata alla stazione assoluta di Milazzo, assunta quale riferimento. Sei stazioni gravimetriche sono anche siti di misura del gradiente verticale della gravità. La campagna di misure è stata estesa anche all'isola di Lipari per evidenziare, e possibilmente residuare almeno nell'intorno di Vulcano, eventuali variazioni di g associabili a eventi a carattere "regionale". L'attuale rete estesa al settore Lipari-Vulcano è illustrata in Fig. 7.2.1 (riquadro a destra)

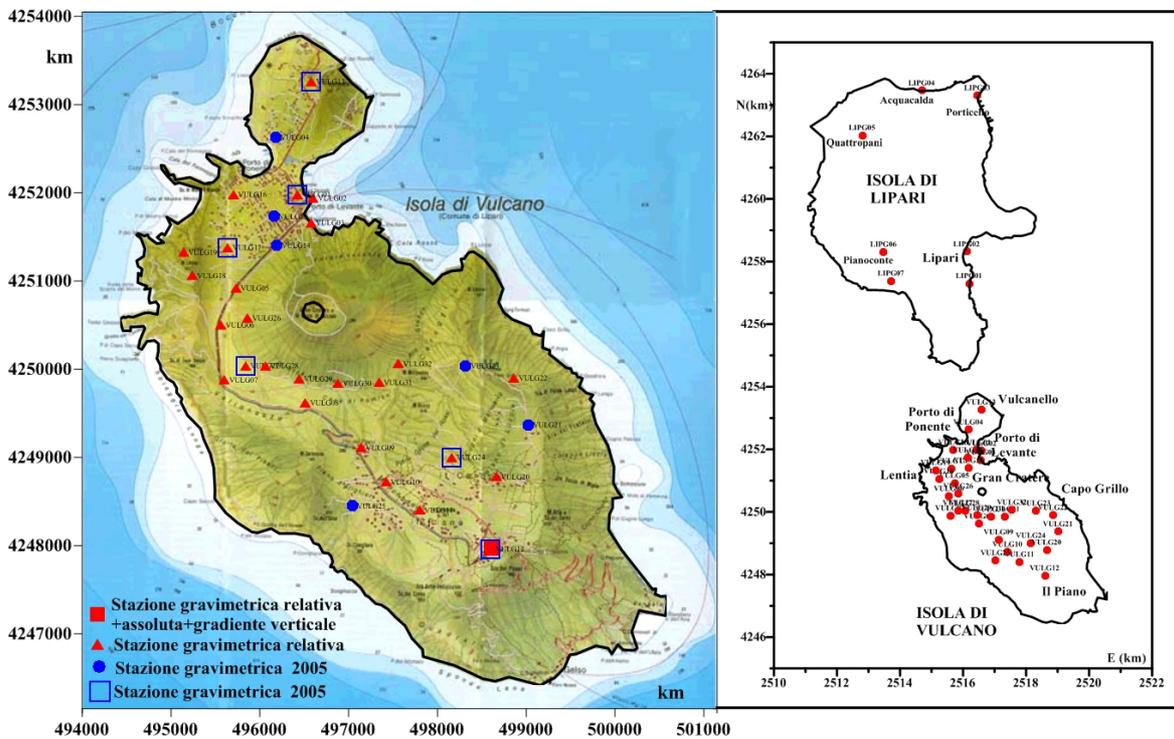


Figura 7.2.1 - Rete gravimetrica all'isola di Vulcano, quadrati in blue siti per gradiente verticale (riquadro a sinistra). Nel riquadro a destra è illustrata la rete sul settore Vulcano-Lipari.

Dal confronto con le misure della precedente campagna del settembre 2009, sono state tracciate, con equidistanza di 15 microGal, le curve relative alla variazioni di g (Fig. 7.2.2).

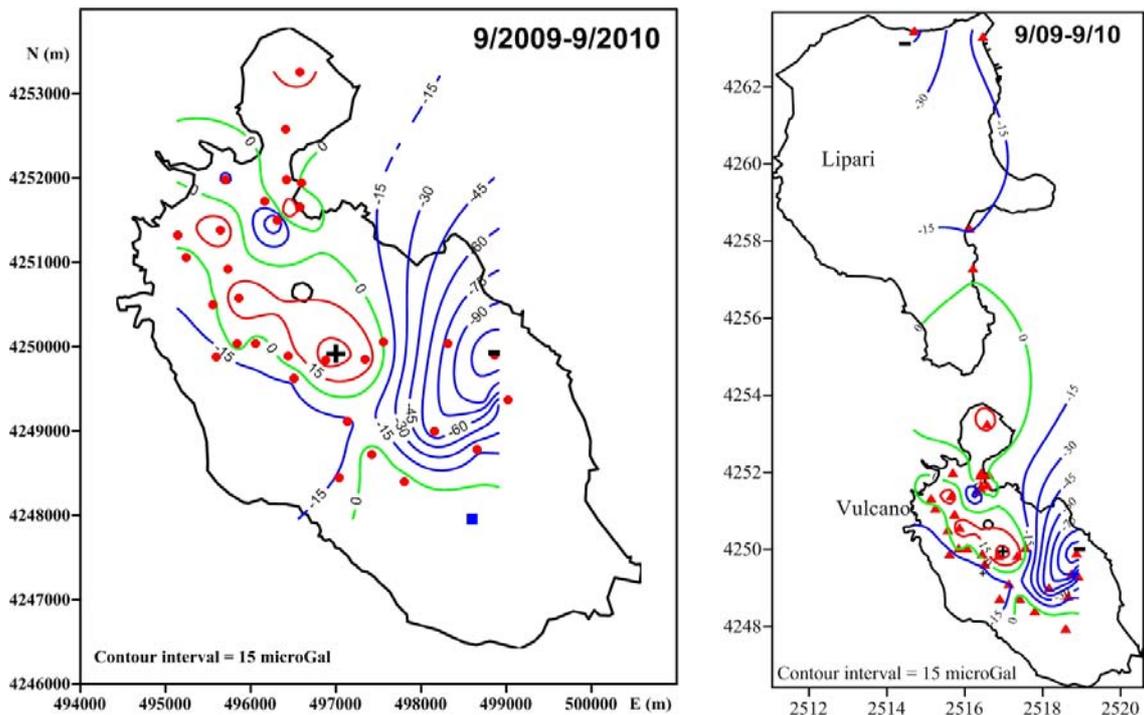


Figura 7.2.2 - Variazioni della gravità con riferimento a Milazzo, sull'isola di Vulcano [sinistra] e sul complesso Lipari- Vulcano [destra] nel periodo settembre 2009 – settembre 2010

Il confronto dei dati mostra una significativa diminuzione di gravità nel settore orientale dell'isola, con un valore estremo di $-120 \mu\text{Gal}$ centrato nell'area di Capo Grillo, che si estende anche nel settore occidentale, tra Monte Saraceno e Monte Lentia, dove le variazioni di g risultano però ai limiti della significatività statistica. E' da escludere un significativo effetto stagionale, in considerazione del fatto che le misure confrontate sono state effettuate negli stessi periodi dell'anno.

Considerando la geometria e, in particolare, l'estensione delle isoanomale, la variazione positiva può considerarsi dovuta ad effetti locali e, quindi, a sorgenti di estensione molto limitata e superficiale. La variazione negativa nel settore orientale, sembra verosimilmente associabile a sorgenti di dimensioni maggiori e più profonde. Per verificare questa ultima ipotesi, in particolare chee possa trattarsi di effetti "regionali", è stato analizzato il campo esteso all'isola di Lipari, dal quale si evince che su Lipari non sono evidenti variazioni di gravità significative (Fig. 7.2.2 lato destro)

7.3 Etna

7.3.1. Monitoraggio gravimetrico

Le variazioni temporali del campo gravimetrico sui vulcani attivi sono tradizionalmente determinate attraverso misure discrete, ripetute nell'ambito di una rete di capisaldi, con una periodicità compresa generalmente tra alcune settimane e un anno. Per una sorveglianza gravimetrica dei vulcani, però, questo approccio risulta inadeguato in quanto limita le possibilità di monitoraggio ai soli fenomeni ad evoluzione relativamente lenta. Per osservare anche fenomeni a più alta frequenza è risultato pertanto necessario integrare le misure discrete con misure in continuo in stazioni dislocate strategicamente.

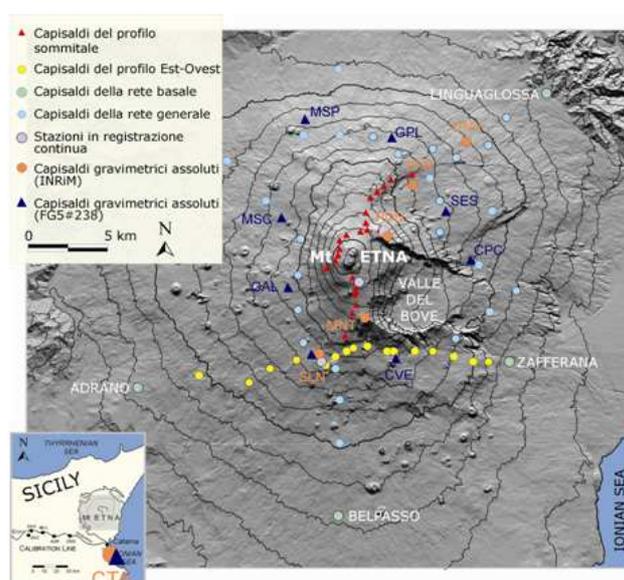


Fig. 7.3.1.1 – Rete gravimetrica per misure discrete (assolute e relative) e in continuo all'Etna. Nel riquadro a sinistra il caposaldo gravimetrico assoluto di Catania e la linea di taratura Catania-Enna.

Attualmente la rete gravimetrica dell'Etna (Fig. 7.3.1.1) comprende 71 capisaldi per misure discrete che ricoprono l'edificio vulcanico a quote comprese tra circa 500 e circa 3100 m s.l.m., organizzati in 4 diversi elementi (Profilo Est-Ovest, Profilo Sommitale, Rete Generale e Rete Basale) e 3 stazioni remote in acquisizione continua (PDN, BVD e SLN). A partire dal 2007, in collaborazione con l'INRiM di Torino e l'ENI Spa che hanno fornito rispettivamente il gravimetro assoluto IMGC-02 e FG5 # 238, sono state anche eseguite misure assolute dell'accelerazione di gravità g in 13 siti (12 all'Etna e 1 a Catania) e del gradiente verticale di gravità, nell'ambito delle campagne periodiche fatte con i gravimetri relativi a molla (misure ibride).

Nel corso del 2010 è stata garantita la manutenzione e la gestione della rete gravimetrica in continuo dell'Etna. Da aprile a dicembre sono state eseguite 5 campagne gravimetriche lungo il profilo Est-Ovest e 2 campagne lungo il profilo sommitale. Nel mese di luglio 2010 grazie alla disponibilità di un gravimetro assoluto Microg LaCoste FG5 di proprietà dell'ENI S.p.a., è stata eseguita una campagna di misure gravimetriche relative e assolute (misure ibride) che ha interessato le stazioni della rete gravimetrica dell'Etna (Fig. 7.3.1.1). In totale sono state misurate 13 stazioni assolute, dove è stato acquisito anche il valore del gradiente verticale, distribuite opportunamente intorno all'edificio vulcanico. Ogni stazione assoluta è stata collegata con almeno

3 punti della rete gravimetrica relativa etnea esistente (metodo ibrido). L'applicazione del metodo ibrido ha permesso (a) di modificare le tradizionali e onerose strategie di misura necessarie per garantire una buona performance degli strumenti utilizzati, (b) di ottimizzare l'intera rete gravimetrica, eliminando alcuni elementi distali rispetto all'edificio vulcanico utilizzati come riferimento per le misure relative, (c) di ridurre i tempi per l'esecuzione delle misure e (c) un notevole miglioramento della qualità dei dati acquisiti riducendo le ambiguità insite nel metodo gravimetrico quando si usano solo gravimetri relativi.

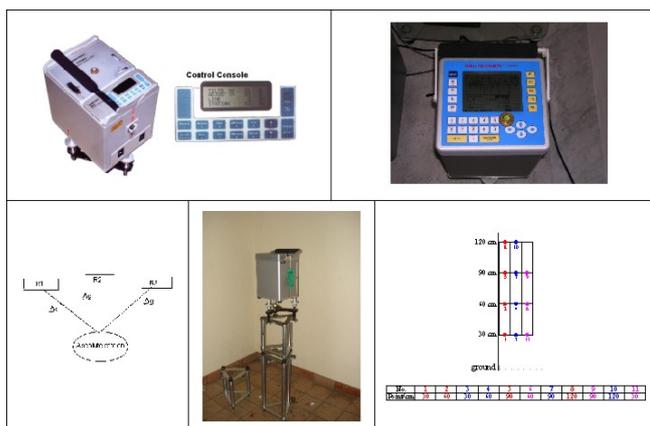


Fig. 7.3.1.2 – Gravimetri relativi utilizzati all'Etna nel corso del 2010 per le misure ibride e del gradiente verticale. In basso a sinistra lo schema di esecuzione delle misure ibride e a destra quello delle misure di gradiente.



Fig. 7.3.1.3 – Gravimetro assoluto Microg LaCoste FG5#238 durante l'installazione in una stazione ad alta quota all'Etna.

Nel corso delle campagne sono stati utilizzati: un gravimetro relativo Scintrex CG-3M; un gravimetro relativo Scintrex CG-5 (Fig. 7.3.1.2); il gravimetro assoluto Microg LaCoste FG5 # 238 (Fig. 7.3.1.3). Le campagne gravimetriche ibride sono state condotte all'Etna dal 2007 con cadenza annuale. Nel 2009 è stata evidenziata una grossa anomalia positiva del campo gravimetrico rispetto all'anno precedente che ha interessato tutto l'edificio vulcanico, con una lunghezza d'onda di una decina di chilometri e dominante in direzione Nord-Sud con un'ampiezza massima di circa 90 μGal (vedi Relazione Attività 2009). L'anomalia è stata interpretata come un fenomeno di accumulo di massa ($200 \times 10^9 \text{ kg}$) in un'area posta a circa 2-3 km sotto il livello del mare e la cui proiezione in superficie ricade poco a Sud rispetto ai crateri sommitali.

Nella Figura 7.3.1.4 sono rappresentate le variazioni gravimetriche osservate in tutta la rete etnea nel periodo luglio 2009 – luglio 2010 (nel 2009 le stazioni sommitali sono state misurate con il gravimetro assoluto IMGC-02 dell'Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica, Torino; INRiM).

La mappa gravimetrica non mostra variazioni con ampiezza ed estensione confrontabili con quanto osservato nel 2009. Ciò vuol dire che il fenomeno (accumulo di massa) che ha causato l'anomalia nel 2009 non ha subito alcuna evoluzione tra il 2009 e il 2010. Nella mappa si evidenziano solo due aree caratterizzate da due massimi positivi di circa 30 μGal che ricadono negli alti versanti Sud Ovest e Nord Ovest del vulcano. In entrambi i casi l'estensione delle anomalie indica sorgenti molto superficiali difficilmente connesse con fenomeni di migrazione di magma.

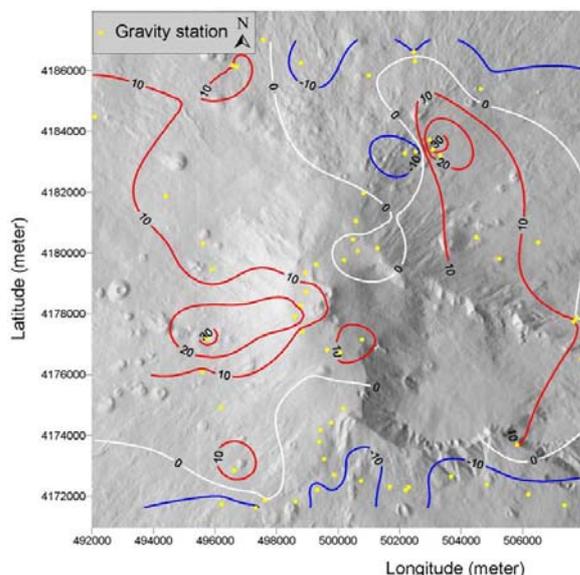


Fig. 7.3.1.4 – Variazioni gravimetriche osservate nel periodo luglio 2009 – luglio 2010 utilizzando misure relative e assolute nella rete dell'Etna (equidistanza = 10 μ Gal). Gli errori sulle variazioni gravimetriche sono compresi entro i $\pm 10 \mu$ Gal.

La Figura 7.3.1.5 mostra le variazioni gravimetriche osservate lungo il profilo Est-Ovest dell'Etna dal 1994 al 2010. Il monitoraggio regolare di questo profilo si è rivelato uno strumento utile per valutare i fenomeni di redistribuzione di massa che si verificano nel versante meridionale del vulcano.

E' stato possibile, infatti, mettere in evidenza delle ciclicità nell'andamento del campo di gravità correlate con i principali episodi eruttivi dell'ultimo decennio. Inoltre, i dati gravimetrici hanno permesso di stimare le variazioni di massa (riconducibili a fenomeni di migrazione e arrivo di nuovo magma) che si sono verificate dal 1994 al 2010 (Fig. 6).

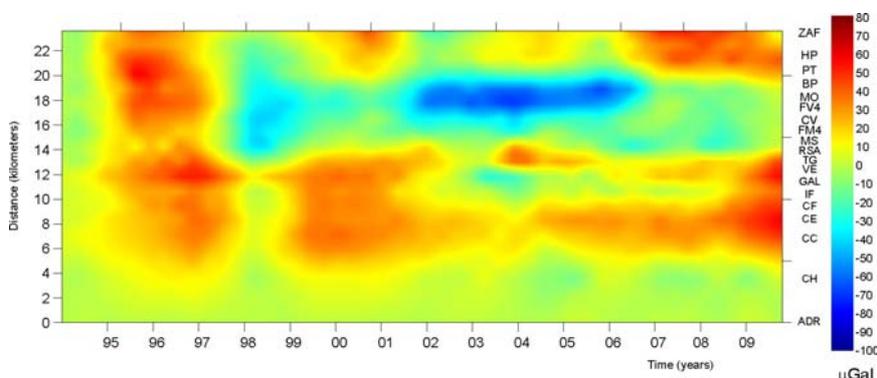


Fig. 7.3.1.5 – Redisuo gravimetrico ottenuto applicando la decomposizione wavelet 2D ai dati acquisiti lungo il profilo Est-Ovest dal 1994 al 2010.

Nella Figura 7.3.1.6 sono state evidenziate i principali cicli di accumulo e perdita di massa che si sono verificati nel basso versante meridionale del vulcano. È interessante notare che l'ultimo semiciclo positivo conferma la fase di accumulo di nuova massa tra il 2008 e il 2009, mentre non si evidenziano variazioni di massa significative tra il 2009 e il 2010 confermando quanto si evince dalla Figura 7.3.1.4.

Per quanto riguarda i dati in continuo, nel 2010 le stazioni di Serra La Nave (SLN) e di Belvedere (BVD) hanno funzionato regolarmente ed hanno registrato dati di buona qualità. La stazione di Pizzi Deneri (PDN) ha registrato in locale a partire da giugno. Nella Figura 7.3.1.7 sono mostrati i segnali gravimetrici acquisiti nelle tre stazioni nel periodo 12–19 settembre 2010, corretti per la marea terrestre, la deriva strumentale e per gli effetti dei perturbatori meteorologici. Il segnale a

BVD mostra due salti di livello di alcuni μGal il 12 e il 19 settembre. Nelle stazioni ESL e PDN si osservano solo alcuni transienti ad alta frequenza dovuti ad attività sismica locale.

Anomalie di medio-lungo periodo, nei limiti delle possibilità dei gravimetri a molla, che subiscono gli effetti dei perturbatori meteorici (soprattutto temperatura) e della deriva strumentale sulle componenti con periodo da qualche giorno in su, non sono evidenti in tutto il 2010 in accordo con quanto osservato attraverso le misure discrete.

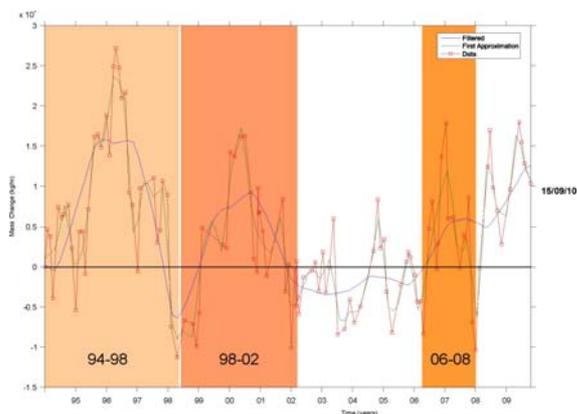


Fig. 7.3.1.6 – Variazioni di massa (kg/m) calcolate nel periodo 1994 – 2010. Le bande colorate indicano i principali cicli di accumulo e perdita di massa che si sono verificati nel basso versante meridionale del vulcano. Il semiciclo positivo è iniziato nel 2008 ed ha raggiunto il massimo nel 2009.

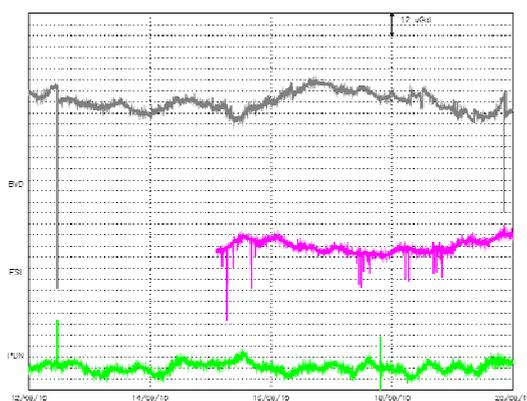


Fig. 7.3.1.7 – Segnale gravimetrico registrato alle stazioni di BVD, ESL e PDN dal 12 al 19 settembre 2010.

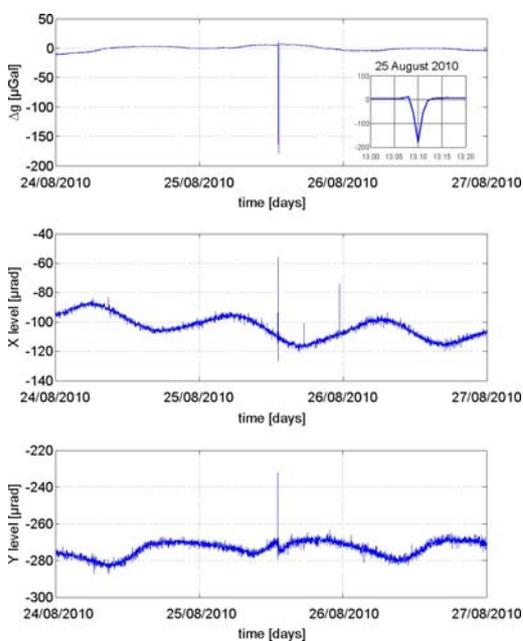


Fig. 7.3.1.8 – Segnale gravimetrico registrato in continuo nella stazione BVD dal 24 al 27 agosto 2010 (in alto), della componente X (al centro) e Y (in basso) dell'inclinometro che equipaggia lo strumento. In alto a destra è mostrato un dettaglio del segnale gravimetrico registrato in corrispondenza dell'evento esplosivo.

Infine, la Figura 7.3.1.8 mostra i segnali gravimetrici acquisiti in continuo a Belvedere in corrispondenza dell'esplosione del 25 agosto alle 13:09 UTC. Si osservano una variazione di $3 \mu\text{Gal}$ nel segnale gravimetrico accompagnata da una variazione di circa $6 \mu\text{rad}$ nella componente Y dell'inclinometro.

Parallelamente alle attività di ricerca, nel 2010 è continuato/a: (i) lo sviluppo di schede integrate per l'acquisizione e la trasmissione di dati; (ii) l'ottimizzazione delle condizioni operative dei sensori installati nei siti estremi; (iii) l'ottimizzazione del database, disponibile anche on-line, per la consultazione dei dati acquisiti; (iv) la redazione di rapporti d'attività a cadenza settimanale e bimestrale.

7.3.2. Monitoraggio magnetico

La rete permanente per il monitoraggio magnetico dell'Etna è stata recentemente potenziata con l'aggiunta di tre magnetometri vettoriali che misurano le tre componenti del campo magnetico terrestre e da una stazione magnetotellurica. Attualmente, la rete è costituita da 8 magnetometri scalari, 2 magnetometri vettoriali, 3 stazioni per la misura del potenziale spontaneo ubicati sull'edificio vulcanico lungo un profilo con andamento Sud-Nord che attraversa l'area sommitale. Un magnetometro scalare ed un vettoriale sono stati installati a Cesarò (CSR) sui Monti Nebrodi come stazione di riferimento.

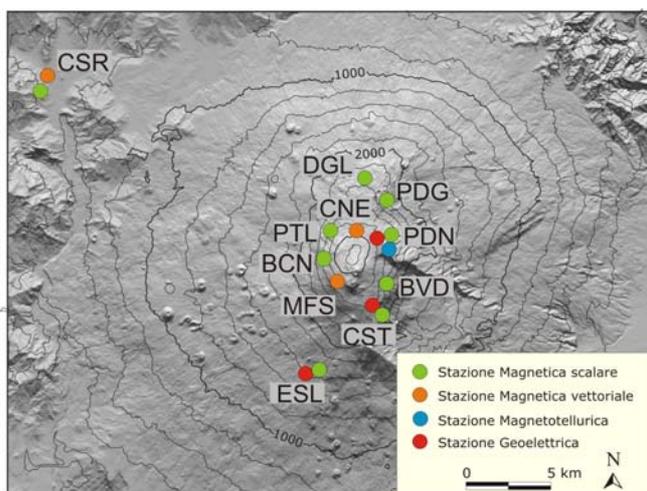


Fig. 7.3.2.1 – La rete magnetica dell'Etna e la stazione di riferimento (CSR) installata a Cesarò sui monti Nebrodi.

Nel 2010, è stata garantita sia la manutenzione e sia la gestione delle reti magnetiche e delle stazioni per la misura in continuo dei potenziali spontanei dell'Etna. In cooperazione con il National Scientific Research Centre (CNRS) – Observatoire de Physique du Globe de Clermont-Ferrand è stato avviato un programma di potenziamento dei dispositivi di monitoraggio magnetico ed elettrico dell'Etna. In particolare a settembre è stata aggiornato il sistema di acquisizione della stazione magnetotellurica in acquisizione continua presso l'osservatorio di Pizzi Deneri.

Per semplificare la gestione delle diverse tipologie di stazioni è stato progettato un nuovo datalogger con risoluzione di 24 bit per l'acquisizione e la trasmissione (GSM, Wireless) di dati multiparametrici che è in fase di avanzata realizzazione.

Nel periodo considerato, le stazioni della rete magnetica dell'Etna hanno operato correttamente e con continuità ad eccezione di PTL, CST e DGL che durante l'inverno hanno avuto un malfunzionamento del sistema di acquisizione. In Figura 7.3.2.2 sono riportate le medie giornaliere dell'intensità del campo magnetico totale, osservate a tutte le stazioni durante il 2010. Le misure del campo magnetico sono differenziate rispetto alla stazione di riferimento CSR (Monti Nebrodi) per isolare le variazioni magnetiche locali e rimuovere le fluttuazioni naturali dovute alle sorgenti d'origine esterna. Le medie giornaliere di queste differenze permettono di ridurre ulteriormente la deviazione standard a meno di 2-3 nT, sebbene in corrispondenza di intensa attività esterna le variazioni del campo magnetico transiente, indotte dalla differente risposta magnetica dei siti, possono anche essere superiori a 3 nT.

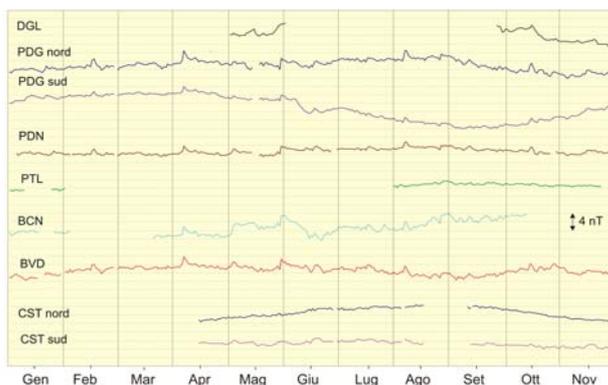


Fig. 7.3.2.2 – Medie giornaliere dell'intensità totale del campo magnetico alle stazioni della rete magnetica dell'Etna riferite alla stazione CSR durante il 2010.

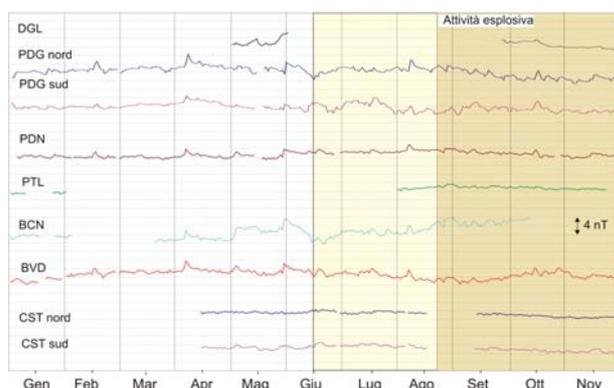


Fig. 7.3.2.3 – Variazioni dell'intensità totale del campo magnetico alle stazioni della rete magnetica dell'Etna riferite alla stazione CSR dopo la riduzione degli effetti esterni e delle componenti periodiche annuali.

Per ridurre queste variazioni sono stati applicati dei filtri adattativi implementati utilizzando le tre componenti del magnetometro vettoriale installato a Cesarò in prossimità della stazione magnetica di riferimento. Dopo l'applicazione dei filtri (Fig. 7.3.2.3), si evidenziano a partire dalla metà di giugno una variazione a lungo periodo alla stazione BCN. In particolare si osserva un lento e continuo incremento di circa 4 nT che precede e accompagna l'attività esplosiva iniziata il 25 agosto al cratere di Bocca Nuova.

Le altre stazioni non mostrano variazioni significative correlate all'attività vulcanica. Anche se l'anomalia è registrata ad un'unica stazione, la scala temporale del transiente osservato indica come probabile causa un effetto termomagnetico, come quello osservato durante il 2009. L'assenza di variazioni significative alle altre stazioni, suggerisce che la sorgente sia superficiale.

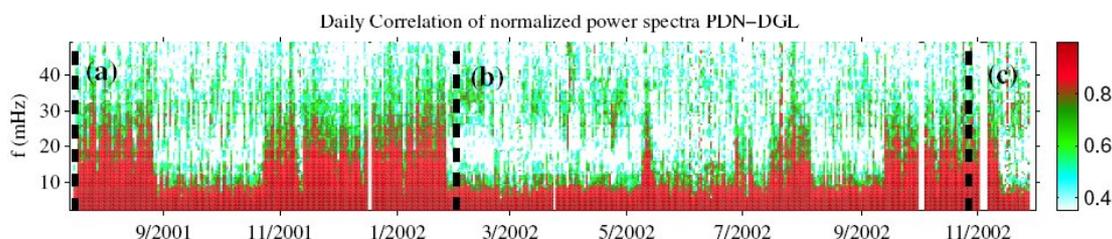


Fig. 7.3.2.4 – Analisi di correlazione lineare tra le stazioni di PDN e DGL dal 2001 al 2002. Le linee nere tratteggiate indicano i principali eventi vulcanici.

Sono stati implementati anche degli algoritmi di analisi di segnali caotici come DFA (Detrended Fluctuation analysis) per analisi multivariate per il trattamento dei dati magnetici. In particolare, è stata sviluppata una nuova tecnica di analisi spettrale che insieme al metodo DFA è in grado di analizzare le serie temporali dei dati geomagnetici da un punto di vista dinamico. L'integrazione di questi due metodi consente di rimuovere più facilmente le variazioni di origine esterna permettendo una migliore analisi delle variazioni geomagnetiche associate all'attività vulcanica.

7.3.3. Strumentazione disponibile

Nel 2010, la Sezione di Catania ha garantito il mantenimento e il potenziamento delle reti permanenti per il monitoraggio gravimetrico e magnetico dell'Etna. Attualmente, all'Etna sono operative:

| Tipologia di stazioni permanenti o di capisaldi | N. |
|--|----|
| Stazioni Permanenti Gravimetriche | 3 |
| Stazioni Permanenti per la misura del campo magnetico totale | 9 |
| Stazioni Permanenti per la misura del campo magnetico vettoriale | 3 |
| Stazioni Permanenti per la misura dei potenziali spontanei | 3 |
| Capisaldi per campagne di misure di gravimetria relativa | 71 |
| Capisaldi per campagne di misure di gravimetria assoluta | 13 |
| Capisaldi per misure del gradiente verticale di gravità | 13 |

Tabella 7.3.3.1— Stazioni della rete gravimetrica, magnetica e geoelettrica per il monitoraggio dell'Etna

| Capisaldi per misure gravimetriche relative discrete all'Etna | | | | |
|---|-------------------|------------------|-----------|-------------------------------------|
| Località | Longitudine N (m) | Latitudine E (m) | Quota (m) | Strumento utilizzato e trasmissione |
| Monte Denza | 496624 | 4172853 | 1710 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Monte Fontanelle | 496198 | 4174919 | 1850 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Monte Palestro | 497328 | 4171624 | 1902 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Monte Nunziata | 495914 | 4179465 | 1609 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Bosco Chiuso | 494765 | 4181869 | 1625 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Rifugio La Nave | 579859 | 4184875 | 1475 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Monte Spagnolo | 584709 | 4186557 | 1429 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Monte S. Maria | 498795 | 4186248 | 1615 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Grotta dei Lamponi | 500999 | 4185838 | 1706 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Grotta Palombe | 502496 | 4186315 | 1574 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Monte Rosso | 504631 | 4185400 | 1600 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Linguaglossa | 511639 | 4188710 | 560 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Bivio Randazzo | 509533 | 4187300 | 725 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Mandra del Re | 508309 | 4185484 | 1070 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Mareneve | 506256 | 4184604 | 1408 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Ripida P. Provenzana | 504521 | 4183604 | 1680 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |

| | | | | |
|----------------------|--------|---------|------|--------------------------------|
| Piano Provenzana | 503316 | 4183216 | 1770 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Bivio Baracca | 505305 | 4181831 | 1609 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Rifugio Citelli | 505244 | 4179811 | 1741 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Cubania | 506500 | 4180347 | 1450 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Casa Pietracannone | 507756 | 4177851 | 1140 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Bivio Fornazzo | 509874 | 4176452 | 830 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Monte Vetore | 499570 | 4171597 | 1650 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Piano Bottara | 498964 | 4169218 | 1300 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Monte S. Leo | 498919 | 4166488 | 1020 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Belpasso | 498650 | 4161659 | 600 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Zafferana | 509936 | 4171341 | 525 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Hotel Primavera | 508417 | 4171544 | 680 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Poligono Tiro | 507360 | 4171703 | 980 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Bivio Pomiciaro | 506179 | 4172062 | 1140 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Monte Monaco | 504824 | 4172388 | 1350 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Frattura Valle | 503677 | 4172650 | 1550 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Casa del Vescovo | 502294 | 4172298 | 1690 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Frattura Monte | 501677 | 4172309 | 1750 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Monti Silvestri | 500747 | 4172507 | 1860 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Rifugio Sapienza | 499802 | 4172521 | 1890 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Timpa Grassorelli | 499320 | 4172213 | 1860 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Bivio Vetore | 498612 | 4171824 | 1740 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Grande Albergo | 497691 | 4171810 | 1700 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Ingresso Forestale | 497327 | 4171625 | 1660 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Cancello Forestale | 496218 | 4171728 | 1560 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Casa dell'Erba | 494590 | 4171301 | 1320 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Casa Ciancio | 493206 | 4170348 | 1130 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Casa Chiavaro | 489949 | 4170568 | 910 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Adrano | 486122 | 4169863 | 590 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Casa lava | 499547 | 4173220 | 2100 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Pilone Funivia | 499550 | 4174148 | 2410 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Piccolo rifugio | 500000 | 4174440 | 2510 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Casa Rossa | 500178 | 4174886 | 2585 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Cisternazza | 500747 | 4175666 | 2640 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Torre del Filosofo | 500049 | 4176725 | 2920 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Monte F. Supino | 500024 | 4176105 | 2950 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Monte Vulcarolo | 498836 | 4177411 | 3000 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Bocca Nuova | 498592 | 4177915 | 3010 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Monte Supino | 498772 | 4178269 | 3090 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Cratere Centrale | 498963 | 4178729 | 3090 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Punta Lucia | 498929 | 4179349 | 2985 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Bocca Subterminale | 499284 | 4179623 | 2960 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Mongibello | 500195 | 4179763 | 2845 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Piano delle Concazze | 500638 | 4180072 | 2800 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Portella Giumenta | 501279 | 4180155 | 2781 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Poggio di Lenze | 500484 | 4180442 | 2700 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Monte Dagalotto | 500585 | 4181057 | 2610 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Monti Deserti | 500562 | 4181036 | 2490 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| I Due Pizzi | 500826 | 4181964 | 2410 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |

| | | | | |
|----------------------|--------|---------|------|--------------------------------|
| Monte Pizzillo | 501223 | 4182432 | 2320 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Monte Corbara | 501787 | 4182678 | 2200 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Umberto e Margherita | 502517 | 4183343 | 2100 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Monte Pomiciaro | 505815 | 4173696 | 1420 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Lave del 1981 | 497565 | 4187011 | 1350 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |
| Bivio Pirao | 498805 | 4189830 | 1100 | Gravimetri Scintrex CG3M e CG5 |

| Capisaldi per misure gravimetriche assolute all'Etna | | | | |
|--|-------------------|------------------|-----------|-------------------------------------|
| Località | Longitudine N (m) | Latitudine E (m) | Quota (m) | Strumento utilizzato e trasmissione |
| Catania | 507335 | 4151897 | 50 | Gravimetri assoluti FG5 e IMGC-02 |
| Serra La Nave | 497691 | 4171810 | 1704 | Gravimetri assoluti FG5 e IMGC-02 |
| Montagnola | 500264 | 4174638 | 2550 | Gravimetro assoluto IMGC-02 |
| Pizzi Deneri | 501585 | 4179852 | 2820 | Gravimetro assoluto IMGC-02 |
| Piano Provenzana | 503316 | 4183216 | 1770 | Gravimetri assoluti FG5 e IMGC-02 |
| Caserma Donnavita | 511430 | 4193618 | 1250 | Gravimetro assoluto IMGC-02 |
| Rifugio SES | 504491 | 4180519 | 1735 | Gravimetro assoluto FG5 |
| Casa Pietra Cannone | 507756 | 4177851 | 1140 | Gravimetro assoluto FG5 |
| Casa del Vescovo | 502294 | 4172298 | 1690 | Gravimetro assoluto FG5 |
| Rifugio Galvarina | 495594 | 4176081 | 1875 | Gravimetro assoluto FG5 |
| Rifugio Monte Scavo | 495596 | 4180297 | 1720 | Gravimetro assoluto FG5 |
| Rifugio M. Spagnolo | 496567 | 4186177 | 1450 | Gravimetro assoluto FG5 |
| Rifugio G. Palombe | 502464 | 4186620 | 1570 | Gravimetro assoluto FG5 |

| Stazioni per misure gravimetriche continue all'Etna | | | | |
|---|-------------------|------------------|-----------|--|
| Località | Longitudine N (m) | Latitudine E (m) | Quota (m) | Strumento utilizzato e trasmissione |
| Serra La Nave | 497691 | 4171810 | 1704 | Gravimetro L&R / wireless + rete oss. Aste |
| Belvedere | 500612 | 4176655 | 2670 | Gravimetro L&R / GSM |
| Pizzi Deneri | 501354 | 4179730 | 2794 | Gravimetro L&R / wireless + GSM |

| Stazioni per misure magnetiche all'Etna | | | | |
|---|-------------------|------------------|-----------|---|
| Località | Longitudine N (m) | Latitudine E (m) | Quota (m) | Strumento utilizzato e trasmissione |
| Serra La Nave | 497691 | 4171810 | 1704 | Magnetometro scalare / GSM |
| Cisternazza | 500712 | 4174995 | 2600 | Magnetometro scalare / GSM |
| Belvedere | 500612 | 4176655 | 2670 | Magnetometro scalare / GSM |
| M.F. Supino | 499642 | 4176812 | 2940 | Magnetometro vettoriale / GSM |
| Bocca Nuova | 498653 | 4178115 | 2930 | Magnetometro scalare / GSM |
| Punta Lucia | 498869 | 4180081 | 2875 | Magnetometro scalare / GSM |
| Cratere di Nord-Est | 500105 | 4180081 | 2930 | Magnetometro vettoriale / GSM |
| Pizzi Deneri | 501354 | 4179730 | 2794 | Magnetometro scalare / GSM |
| Portella della Cimentata | 500544 | 4180863 | 2688 | Magnetometro scalare / GSM |
| Dagalotto | 500738 | 4182123 | 2600 | Magnetometro scalare / GSM |
| Cesarò | 477394 | 4188926 | 1340 | Magnetometro scalare + vettoriale / GSM |

| Stazioni per la misura dei potenziali spontanei all'Etna | | | | |
|---|--------------------------|-------------------------|------------------|---|
| Località | Longitudine N (m) | Latitudine E (m) | Quota (m) | Strumento utilizzato e trasmissione |
| Serra La Nave | 497691 | 4171810 | 1704 | Stazione per la misura dei potenziali spontanei |
| Cisternazza | 500712 | 4174995 | 2600 | Stazione per la misura dei potenziali spontanei |
| M. F. Supino | 499642 | 4176812 | 2940 | Stazione per la misura dei potenziali spontanei |
| Pizzi Deneri | 501354 | 4179730 | 2794 | Stazione per la misura dei potenziali spontanei |

| Stazione magnetotellurica in registrazione continua all'Etna | | | | |
|---|--------------------------|-------------------------|------------------|--|
| Località | Longitudine N (m) | Latitudine E (m) | Quota (m) | Strumento utilizzato e trasmissione |
| Pizzi Deneri | 501354 | 4179730 | 2794 | Stazione magnetotellurica |

Tabella 7.3.3.1 – Stazioni della rete gravimetrica, magnetica e geoelettrica per il monitoraggio dell'Etna.

7.4. Stromboli

La Sezione di Catania, nel corso del 2010, ha assicurato il regolare funzionamento del sistema di monitoraggio multiparametrico a Stromboli costituito da tre stazioni magnetiche, una stazione gravimetrica ed una stazione per la misura del potenziale spontaneo (Fig. 7.4.1). Durante l'estate, si è completato il potenziamento della rete magnetica dello Stromboli con la realizzazione del sistema di trasmissione wireless alla stazione multiparametrica di Liscione (SLN). Durante il 2010 le stazioni hanno operato correttamente e con continuità ad eccezione di SPC in cui si è verificato un malfunzionamento del sensore magnetico.

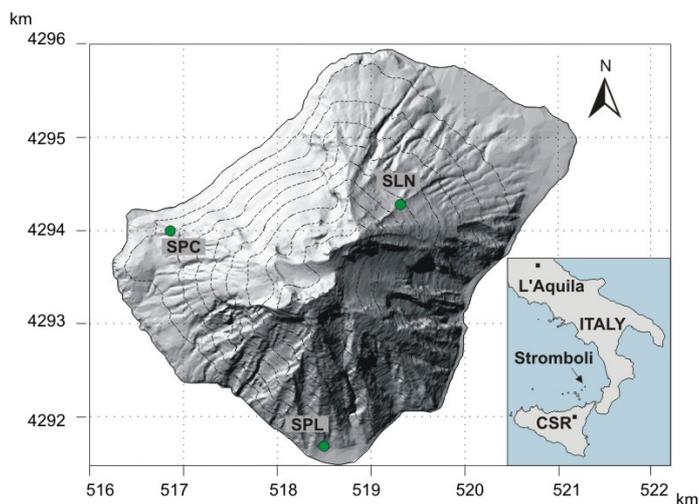


Fig. 7.4.1 – La rete multiparametrica dello Stromboli

Nell'ultimo anno sono stati testati alcuni algoritmi per l'analisi ed il riconoscimento automatico di variazioni gravimetriche anomale. Nonostante l'intervallo temporale di interesse nell'ambito delle sequenze gravimetriche è molto ampio (dai minuti agli anni), considerate le dinamiche veloci che caratterizzano l'attività vulcanica dello Stromboli, ai fini dell'analisi e del riconoscimento in automatico, si è scelto di limitare drasticamente tale intervallo, e considerare solo le anomalie utili ai fini del monitoraggio (periodo compreso tra qualche minuto e qualche ora).

Per l'analisi del segnale sono state messe a punto delle strategie basate sulla Trasformata Wavelet Continua (CWT) e Discreta (DWT) al fine di ridurre dal segnale gravimetrico l'effetto dovuto ai perturbatori meteorologici (Fig. 7.4.2). I migliori risultati per il riconoscimento automatico delle variazioni gravimetriche anomale sono stati ottenuti utilizzando una metodologia basata sul calcolo dell'integrale dello spettro su una finestra mobile di ampiezza variabile. Scegliendo adeguatamente l'ampiezza della finestra e la relativa soglia possono essere facilmente identificati alcuni eventi significativi.

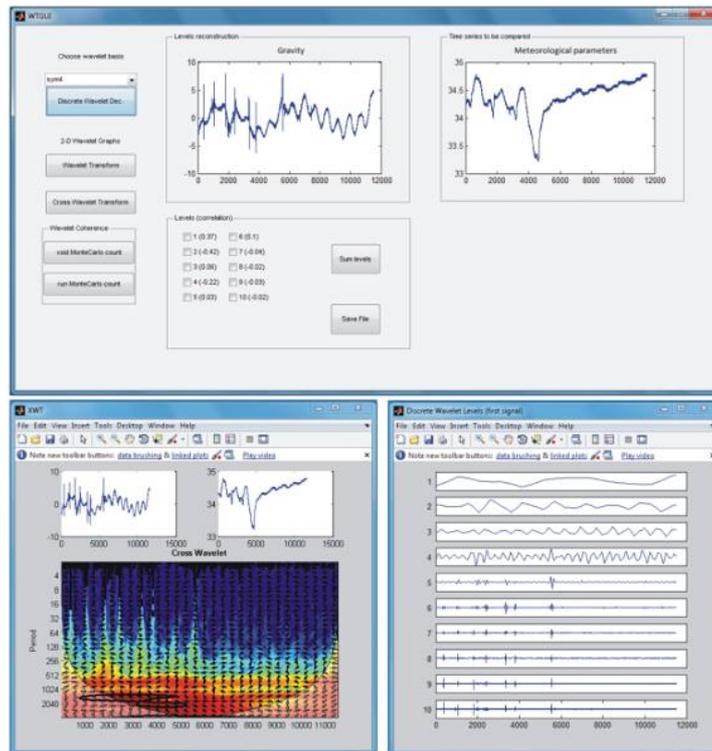


Fig. 7.4.2 – Interfaccia grafica per l'analisi in automatico dei segnali dei campi di potenziale. L'algorithmo si basa sulla trasformata wavelet continua (CWT) e discreta (DWT) e attraverso un'analisi di correlazione permette di residuare le componenti utili dei segnali.

Il segnale gravimetrico acquisito nel 2010 mostra occasionalmente variazioni di durata di alcune ore con ampiezza entro i $30 \mu\text{Gal}$ (Fig. 7.4.3). Raggiunta la fase di picco, le variazioni diminuiscono fino al completo esaurimento dell'anomalia stessa. Nella sequenza di dati sono inoltre presenti brusche variazioni (durata pari a qualche minuto) del livello del segnale dell'ordine di alcuni μGal picco-picco (Fig. 3). Sebbene siano state fatte ipotesi sulla sorgente di queste variazioni, e in particolare si sia ipotizzato un legame con la risalita di grosse bolle di gas lungo il condotto centrale, un studio approfondito per validare queste ipotesi di lavoro non è stato ancora portato a termine. Le variazioni del segnale gravimetrico potrebbero rappresentare perturbazioni nel profilo di densità della parte superiore dei condotti di alimentazione associate ai moti convettivi innescati dal processo di mescolamento stesso. Questa osservazione, se debitamente corroborata da osservazioni future e dai risultati di simulazioni, potrebbe aprire importanti prospettive verso la previsione degli episodi esplosivi parossistici. E' già in corso uno studio volto a stabilire, attraverso l'utilizzo delle immagini acquisite dalle telecamere fisse sull'isola e le misure dei gas emessi, se queste anomalie avvengono in corrispondenza di fasi particolari nell'attività esplosiva e/o nel rilascio di gas dai crateri sommitali dello Stromboli.

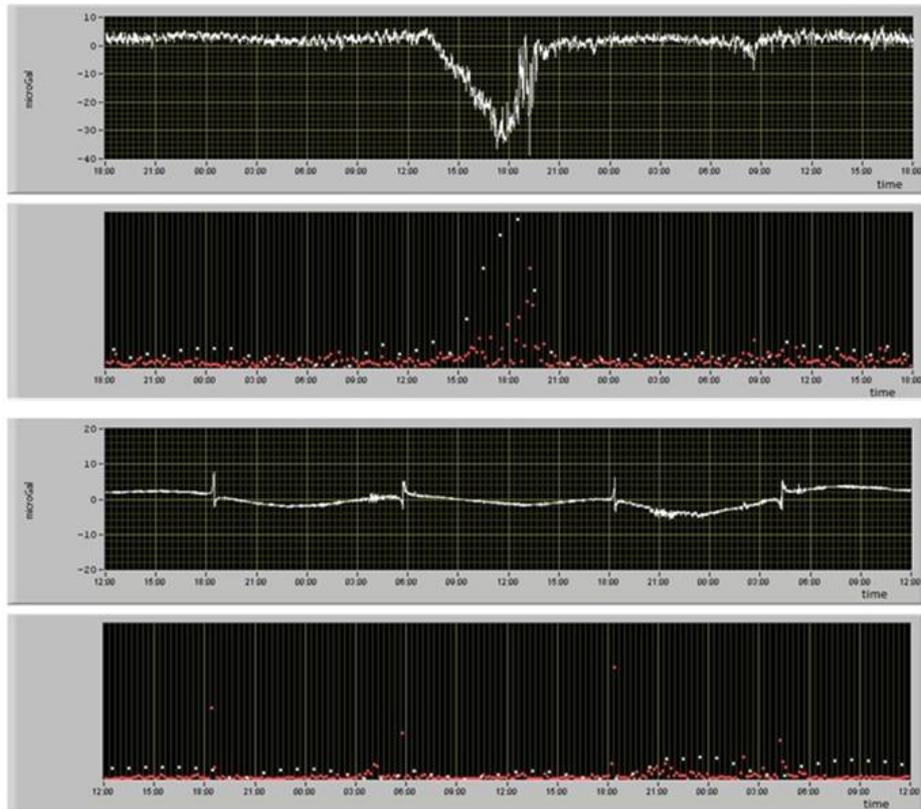


Fig. 7.4.3 – Tipiche variazioni gravimetriche osservate a Stromboli e applicazione del metodo per il riconoscimento automatico degli eventi.

Le misure del campo magnetico acquisite allo Stromboli sono differenziate rispetto alla stazione di riferimento CSR (Monti Nebrodi) per isolare le variazioni magnetiche locali e rimuovere le fluttuazioni naturali dovute alle sorgenti d'origine esterna. In Figura 7.4.4 sono riportate le medie giornaliere dell'intensità del campo magnetico totale, osservate a tutte le stazioni dal 1 gennaio 2010 al 15 novembre 2010.

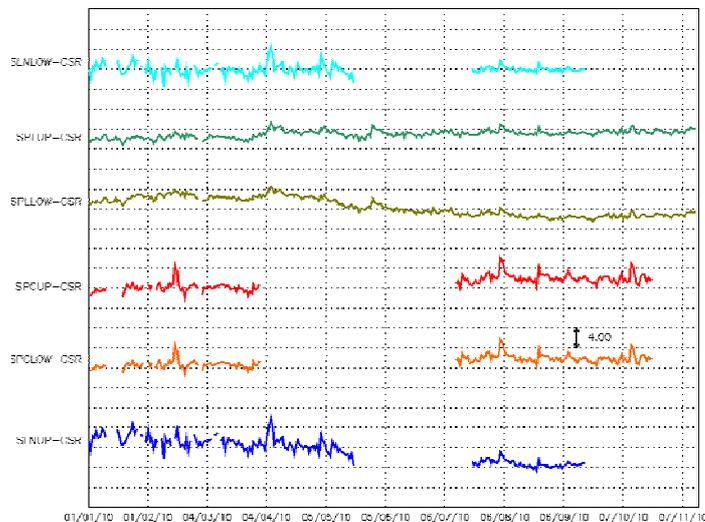


Fig. 7.4.4 – Differenze delle medie giornaliere dell'intensità totale registrate alle stazioni di SPL, SPC, SLN riferite a CSR durante il 2010.

Durante il 2009 la configurazione delle stazioni gradiometriche è stata modificata. I due sensori magnetici sono stati disposti orizzontalmente. Nella nuova configurazione un sensore ha mantenuto la vecchia posizione mentre l'altro è stato spostato in un nuovo sito ad una distanza di circa 30 m per monitorare le variazioni magnetiche nel gradiente orizzontale. L'analisi dei segnali acquisiti nel 2010 ha evidenziato un diverso trend a lungo periodo nei nuovi punti di misura. In particolare, alla stazione SLN il continuo e lento decremento osservato a partire dal 2004 non è più osservabile nel nuovo sito (Fig. 7.4.5).

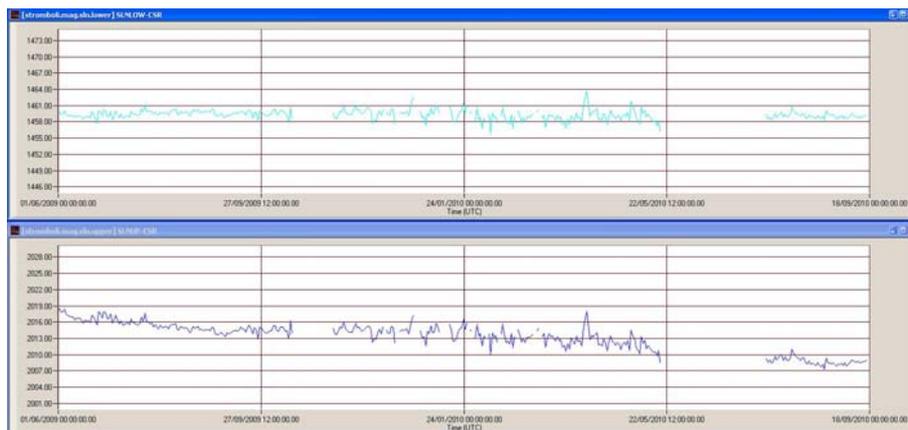


Fig. 7.4.5 – Differenze delle medie giornaliere dell'intensità totale registrate ai due sensori della stazione di SLN, riferite a CSR dal 1 giugno 2009 al 31 dicembre 2010. In alto il segnale acquisito nel nuovo sito, in basso quello registrato nel sito originario.

Nel nuovo sito della stazione SPL il segnale non mostra le fluttuazioni stagionali osservate ad entrambi i sensori nella vecchia configurazione gradiometrica (Fig. 7.4.6). Nella stazione SPC l'andamento dei segnali ai due sensori non subisce variazioni di rilievo.

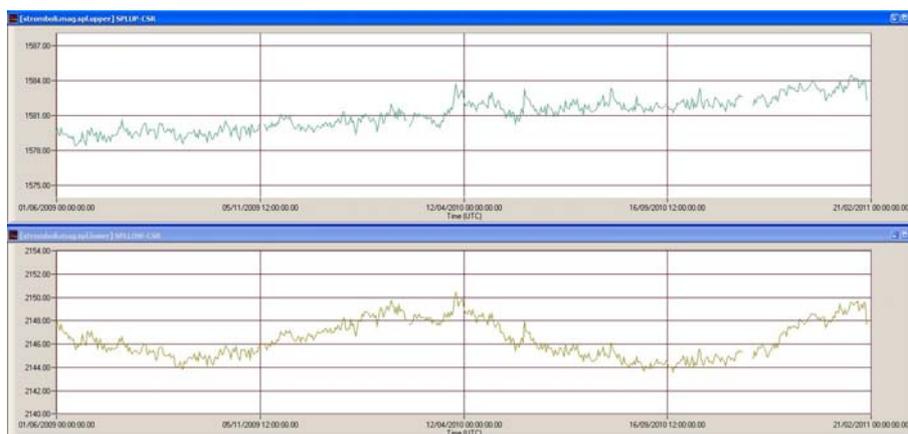


Fig. 7.4.6 – Differenze delle medie giornaliere dell'intensità totale registrate ai due sensori della stazione di SPL, riferite a CSR dal 1 giugno 2009 al 31 dicembre 2010. In alto il segnale acquisito nel nuovo sito, in basso quello registrato nel sito originario.

La nuova configurazione ha permesso di evidenziare che nei siti di SPL e SLN sono presenti dei forti gradienti magnetici orizzontali attribuibili a forti contrasti di magnetizzazione. Allo scopo di caratterizzare la risposta magnetica dei siti si intende eseguire delle prospezioni magnetiche in prossimità delle stazioni. Un'analisi dettagliata delle mappe delle anomalie magnetiche ottenute permetterebbe di descrivere la distribuzione areale della magnetizzazione e di individuare i principali lineamenti strutturali.

La stazione per il monitoraggio in continuo dei segnali di Potenziali Spontanei (PS), installata nel 2005 nei pressi della stazione multiparametrica SLN, ha funzionato con continuità e mostra fluttuazioni annuali periodiche che sembrano essere correlate con le variazioni di temperatura registrate dalla stazione SLN ad una profondità di circa 0.5 m (Fig. 7.4.7).

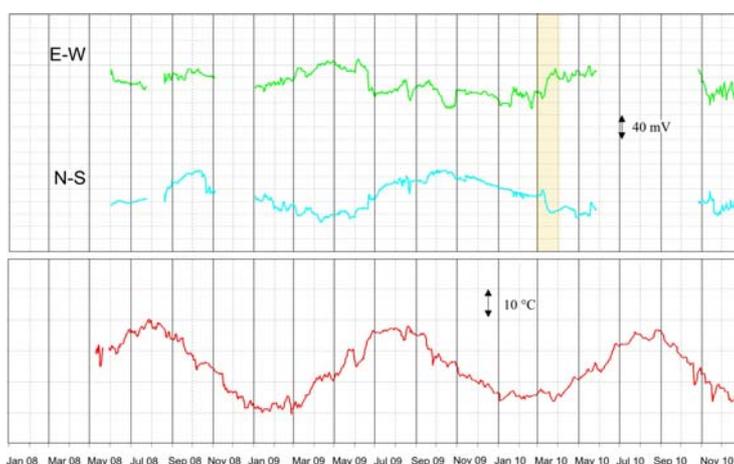
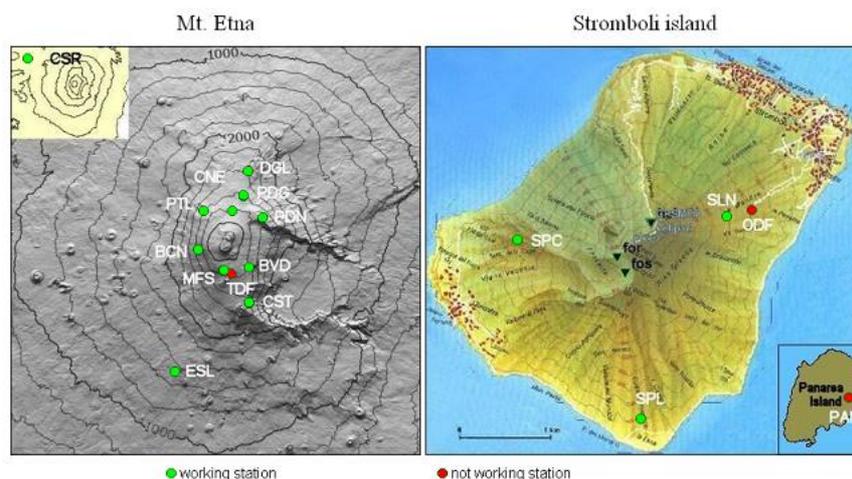


Fig. 7.4.7 – Medie giornaliere delle misure di Potenziali Spontanei delle componenti EO e NS (in alto) e della temperatura (in basso) acquisite alla stazione di Liscione (SLN) dal 2008 al 2010.

Il ritardo osservabile tra i segnali PS e la temperatura è attribuibile ad un effetto di sito. Oltre alle fluttuazioni stagionali periodiche si evidenziano delle variazioni ad alta frequenza che potrebbero essere legate alle precipitazioni piovose od a fenomeni elettrocinetici prodotti dalla circolazione dei fluidi. Allo scopo di distinguere le due diverse cause è in corso un'analisi multivariata.

Per accrescere, in modo sostanziale, la capacità di riconoscere la ripresa dell'attività vulcanica attraverso l'osservazione e l'interpretazione d'insiemi completi di parametri fisici, basata su dati multidisciplinari, la Sezione di Catania gestisce ed aggiorna continuamente la banca dati che raccoglie tutti i dati gravimetrici e magnetici acquisiti all'Etna dal 1997 e allo Stromboli dal 2003 (Fig. 7.4.8). La banca dati è consultabile via internet all'indirizzo <http://ufgm.ct.ingv.it:8080>.



| | | | |
|--------------------------|------------|--|--------------------------|
| Region | Instrument | Site | Data |
| ETNA | GRAV | BVD | CORRECTED FOR EARTH-TIDE |
| Start Date: 2008 June 01 | | End Date: 2008 June 10 | |
| Sample rate: 60 Seconds | | <input checked="" type="checkbox"/> Mean | Submit |

Mean option: Checked - data are averaged and the sample rate is the averaging window size; Unchecked - raw data are displayed every sample rate

Fig. 7.4.8 - Interfaccia web della banca dati dell'UFGM consultabile via internet all'indirizzo <http://ufgm.ct.ingv.it:8080>.

7.4.1. Strumentazione disponibile

| Tipologia di stazioni permanenti o di capisaldi | N. |
|--|----|
| Stazioni Permanenti Gravimetriche | 1 |
| Stazioni Permanenti per la misura del campo magnetico totale | 3 |
| Stazioni Permanenti per la misura dei potenziali spontanei | 1 |

| Stazioni per misure gravimetriche continue allo Stromboli | | | | |
|--|-------------------|------------------|-----------|---|
| Località | Longitudine N (m) | Latitudine E (m) | Quota (m) | Strumento utilizzato e trasmissione |
| Liscione | 519419 | 4294516 | 500 | Gravimetro L&R / wireless + rete COA |
| Stazioni per misure magnetiche allo Stromboli | | | | |
| Località | Longitudine N (m) | Latitudine E (m) | Quota (m) | Strumento utilizzato e trasmissione |
| Liscione | 519419 | 4294516 | 500 | Magnetometro scalare / wireless + rete COA |
| Punta Lena | 518370 | 4291659 | 23 | Magnetometro scalare / GSM |
| Punta dei Corvi | 516893 | 4294010 | 178 | Magnetometro scalare / GSM |
| Stazioni per la misura dei potenziali spontanei allo Stromboli | | | | |
| Località | Longitudine N (m) | Latitudine E (m) | Quota (m) | Strumento utilizzato e trasmissione |
| Liscione | 519419 | 4294516 | 500 | Stazione per la misura dei potenziali spontanei |

Tabella 7.4.1.1 – Stazioni gravimetriche, magnetica e geoelettrica per il monitoraggio dello Stromboli.

8. Rete GPS nazionale

8.1 Organizzazione della rete

La Rete Integrata Nazionale GPS (RING) si compone di 154 CGPS installati e gestiti direttamente dall'INGV (triangoli rossi in figura). Le stazioni GPS trasmettono i dati in tempo reale che sono acquisiti sia presso la sede di Roma che alla sede di Grottaminarda. I dati sono trasmessi tramite vettori satellitari (TCP/IP o UDP), via internet o intranet, Wi-Fi e UMTS. Il campionamento dipende fortemente dal tipo di trasmissione e quindi dalla banda a disposizione e varia da 1 sps per le stazioni trasmesse via internet/intranet, satellitare TCP/IP, wi-fi e UMTS mentre è a 1 campione ogni 30 secondi per le stazioni satellitari UDP. I dati acquisiti sono file binari che vengono convertiti in file RINEX (Receiver Independent Exchange Format) orari o giornalieri, archiviati nel server principale (gpsgiving.rm.ingv.it) della sede INGV di Grottaminarda e, quindi, resi disponibili ai diversi gruppi di analisi dell'INGV. Tutte le informazioni di stazione (metadati) sono gestite e condivise via internet da un web-based database (<http://bancadati.gm.ingv.it>) che permette, inoltre, la visualizzazione della qualità, continuità e storia di ogni singola stazione GPS.

Nel 2010, accanto alle stazioni propriamente INGV, si è provveduto a dare continuità alla fase di integrazione dei dati delle numerose reti permanenti installate sul territorio nazionale, attraverso accordi quadro e convenzioni con Regioni, Enti o Privati. In figura sono indicate le principali reti che oggi contribuiscono alla RING di cui l'INGV ne acquisisce i dati e ne verifica qualità e continuità. Tali dati vengono, quindi, distribuiti da INGV. Il loro contributo, sebbene queste reti non siano nate con obiettivi propriamente geofisici, è importante e molte di queste stazioni hanno permesso di avere un quadro più chiaro delle deformazioni in atto in Italia.

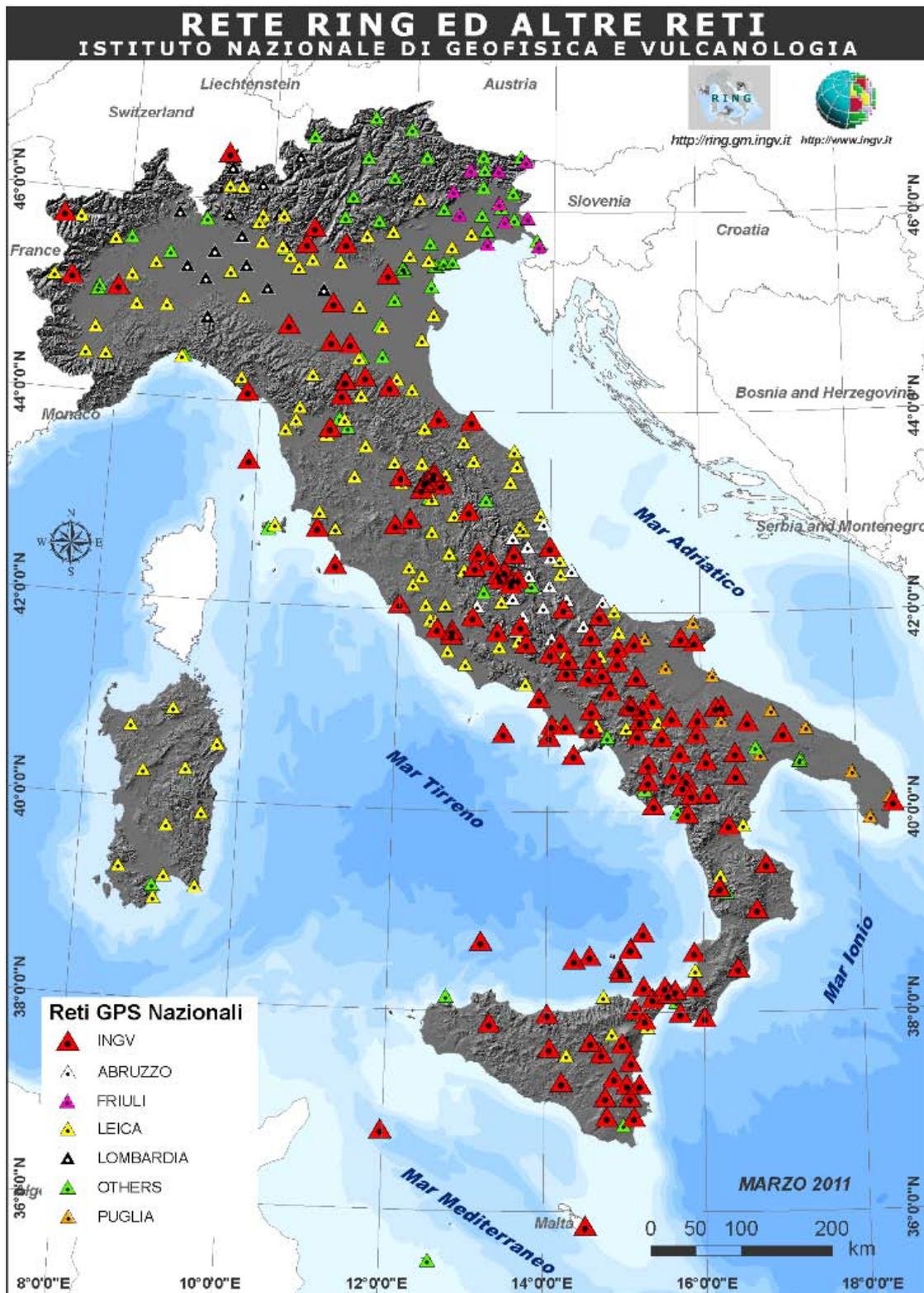


Fig. 8.1.1. – Rete RING ed altre reti GPS nazionali.

8.1.2 Strumentazione Utilizzata

Per la rete GPS Nazionale l'INGV dispone della seguente strumentazione:

| Fornitore | | Tipo/Modello |
|-----------|------------|--|
| LEICA | Ricevitori | GRX1200PRO |
| LEICA | | GRX1200GG |
| LEICA | | GRX1200+ |
| LEICA | | SR500 |
| LEICA | Antenne | AT504 |
| LEICA | | AT504GG |
| Trimble | | TR??? |
| Vari | accessori | adattatori cavo antenna- Riduttore TN-CN |
| Vari | | cavo antenna 30 m |
| Vari | | cavo antenna 15 m |
| LEICA | | Power Cable with protection fuse |
| Vari | | protettore EMP connettore TNC F-F |
| Vari | | capsula 90V per protettore EMP |
| Vari | | CF per acquisizione |
| SCEC | | Antenna Adaptor (mount) |
| LEICA | | Ramome LEIS |
| SCEC | | Tall Radome |

8.2 Attività di gestione 2010

Nel corso del 2010 l'attività di gestione della RING si è concentrata sugli aspetti di seguito indicati:

Manutenzione programmata

Manutenzione straordinaria

Manutenzione ordinaria

8.2.1. Manutenzione programmata

Dall'analisi statistica dei guasti sui siti si è giunti alla definizione di un programma dettagliato di attività di revisione dei siti rivolto ad allungare i tempi di vita della stazione migliorando le condizioni di protezione della strumentazione installata. Nell'ambito di tale attività sono state, inoltre, condotte attività di adeguamento del sito alle normative vigenti sulla sicurezza e protezione dei luoghi di lavoro.

8.2.2. Manutenzione straordinaria

Nel corso del 2010 sono stati pianificati lavori strutturali di riparazione sui seguenti siti:

| Sigla Stazione | Data lavori | Alimentazione | Tipo di stazione |
|-----------------------|--------------------|----------------------|-------------------------|
| MOCO – Biccari | Giugno 2010 | Pannelli solari | Nanometrics tripode |
| JOPP - Ioppolo | Giugno 2010 | Pannelli solari | Nanometrics pozzetto |
| AMUR – Altamura | Giugno 2010 | Pannelli solari | Nanometrics pozzetto |
| SNAL S. Angelo L. | Maggio 2010 | Pannelli solari | Nanometrics pozzetto |
| MIGL – Miglionico | Giugno 2010 | Pannelli solari | Nanometrics pozzetto |
| MIDA - Miranda | Giugno 2010 | Pannelli solari | Nanometrics pozzetto |
| VAGA – Valle Agricola | Giugno 2010 | Pannelli solari | Nanometrics pozzetto |

I lavori sono consistiti nel:

taglio erba ed arbusti vari, diserbo, pulitura vano batteria e vano sensore da presenza di insetti ed o animali vari (topi, rettili ecc), trattamenti topicidi e per insetti vari, (vespe, calabroni ecc), rinforzo tiraggio riparazione della rete di recinzione, rinalzo di cemento lungo la recinzione, dove necessario ricostruzione porta, riparazione e interrimento corrugato. Inoltre si è provveduto ad isolare l'interno del vano sensore e batteria con mapelastik o altro isolante, a realizzare una soletta di cemento (drenaggio) attorno al vano sensore e vano batteria per la raccolta acqua, copertura buchi per pareggio piano del coperchio vano batteria, controtelaio in ferro vano batteria, sostituzione griglie aerazione, montaggio maniglie per coperchi, aggiunta di un punto di messa a terra nel vano batteria dove necessario, isolamento coperchio del vano batteria con pannelli di poliuretano espanso.

8.2.3. Manutenzione ordinaria

Sono state effettuate nel 2010 circa 64 interventi per le attività di controllo e gestione della stazioni della RING.

8.2.4. Attività di gestione presso l'Osservatorio di Grottaminarda

Monitoraggio giornaliero del corretto funzionamento delle stazioni RING.

Pre trattamento ed archiviazione dei dati raccolti presso le stazioni RING.

Progettazione ponti radio WI-FI per piccole e medie distanze (da 1 - 50 Km) basati sia su apparati commerciali Linksys mod. WRT54GL e WAP54G che su apparati auto costruiti su base Mikrotik.

Gestione della strumentazione GPS presso il magazzino di Grottaminarda, controllo del corretto funzionamento dei ricevitori da installare, aggiornamento firmware e software a bordo degli strumenti.

Nel corso del 2010 presso l'Osservatorio di Grottaminarda si è provveduto, inoltre, al completamento della rete WI-FI tra le stazioni di Sant'Agata di Puglia (FG), Carife (AV), Grottaminarda (AV) nuova sede, Grottaminarda (AV) vecchia sede, Monte Rocchetta (BN) e Paolisi (BN).

8.3. Dati raccolti e modalità di immagazzinamento e divulgazione

I dati GPS della rete RING sono archiviati sul server centralizzato (gpsgiving.rm.ingv.it) e raccolti in file RINEX giornalieri campionati a 30 s, in cartelle del tipo "anno/doy". Oltre ai dati della rete RING in senso stretto, sullo stesso server sono archiviati i dati relativi alle reti pubbliche italiane, acquisiti con apposite convenzioni. L'archivio non ha subito variazioni rispetto all'anno precedente. Attualmente si archiviano regolarmente le seguenti reti: regione Puglia, regione Friuli, regione Lombardia, Italpos (Leica spa), regione Emilia e regione Abruzzo. In totale vengono archiviati 392 siti GPS al giorno, di cui 154 appartenenti alla rete RING. L'efficienza di acquisizione media (N. di giorni archiviati / N. giorni totali) dei dati RING si attesta attorno al 93%. Oltre all'archivio centrale sono stati resi disponibili ai ricercatori dell'ente altri due archivi locali (terra.bo.ingv.it) e (car.int.ingv.it) che contengono dati GPS di altre reti pubbliche italiane ed estere.

L'ente dispone di diversi centri di analisi nelle sezioni CNT, OV, Catania e Bologna che realizzano prodotti geodetici per obiettivi e scopi diversi in modo continuativo (coordinate giornaliere, serie temporali, velocità, strain-rate). L'elaborazione dei dati GPS è eseguita principalmente con tre software Bernese, Gamit e Gipsy gestiti con procedure e programmi auto-prodotti. Presso la sede di Bologna, il CNT ha installato un sistema di calcolo parallelo per l'elaborazione automatizzata tramite il software Gamit. Il sistema utilizza esclusivamente software di dominio pubblico. La rete complessiva di stazioni GPS funzionanti in Italia conta attualmente circa 500 ricevitori, le cui coordinate sono stimate ogni giorno e regolarmente archiviate sui server da almeno tre gruppi di analisi. Sono stati elaborati tutti i GPS permanenti in Italia a partire dal 1996 ad oggi e le soluzioni giornaliere sono disponibili sui server (terra.bo.ingv.it) e (gpsgiving.gm.ingv.it) nel formato SINEX standard. Nel corso dell'anno è stata condotta uno studio di combinazione e confronto delle tre soluzioni (Bernese, Gamit e Gipsy) con risultati molto consistenti e incoraggianti, il lavoro è stato pubblicato sulla rivista *Annals of Geophysics* (2010).

9. Telerilevamento

L'INGV opera un sistema di ricezione dati satellitari per l'analisi dati in "near real time" finalizzati al monitoraggio vulcanico e meteorologico del territorio italiano ed europeo. Il sistema è composto da due stazioni di ricezione (fig. 9.1):

- 1) antenna in L-band HRPT NOAA-AVHRR SeaSpace/TeraScan operativa dal 2004.
- 2) INGV MULTI-MISSION composto da un'antenna in banda L/X per la ricezione di dati di satelliti polari (NASA-MODIS, FY-) e un antenna KU per ricezione dei dati METOP ed MSG e altri sistemi geostazionari (GOES, MTSAT). Il sistema è stato collaudato nel marzo 2010 .

Il sistema gestito e mantenuto dal laboratorio di Telerilevamento CNT ed utilizzato per integrare le osservazioni satellitari ai sistemi di sorveglianza locali durante le fasi eruttive dell'Etna e dello Stromboli ma anche per eventi relativi a vulcani non italiani come avvenuto per l'eruzione dell'Eyjafjallajökull in Islanda e del Merapi in Indonesia avendo accesso tramite contratto EUMETSAT a dati acquisiti da satelliti meteorologici geostazionari posizionati su altre aeree della terra

Ulteriori dati satellitari vengono acquisiti mediante accordi specifici con la NASA (dati TERRA-ASTER) e con ASI dati COSMO-Skymed (nell'ambito del progetto ASI-SRV e dedicato ai vulcani Etna, Vesuvio e Campi Flegrei e SIGRIS dedicato al monitoraggio sismico), dati ENVISAT, ALOS, Quickbird ecc mediante un accordo formale con ESA nell'ambito del progetto FP7-SAFER. Le informazioni analizzate e processate all'INGV sono messe a disposizione del DPC durante attraverso pubblicazione di bollettini o mediante sistemi web-gis in quanto il DPC risulta essere l'utente finale delle attività sviluppate.

Antenna L/X BAND dati MODIS, FY-1 operata da INGV-CNT



Antenna L BAND AVHRR-NOAA operata da INGV-CNT

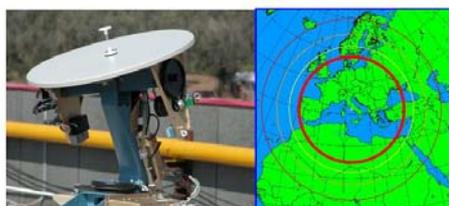


Figura 9.1; antenna di acquisizione multi-missione KONGSBERG e antenna Seaspace per dati NOAA

Nell'anno 2010 è continuato l'inserimento dei dati acquisiti dalle due stazioni nel sistema ASI-SRV che mediante un'interfaccia grafica dedicata presso il DPC fornisce informazioni relative a parametri vulcanologici per Etna e Vesuvio Campi Flegrei.

Il sistema di osservazione satellitare ha evidenziato la sua efficienza fornendo in modo continuativo i dati EO relativamente al territorio italiano in tempo reale.

Dii seguito vengono descritte le attività di mantenimento e sviluppo del sistema e le procedure di processamento dei dati:

1) Collaudo ed operatività del sistema multi missione Kongsberg

Nel 2010 è stata conclusa l'installazione ed il collaudo del sistema multi missione, il gruppo di telerilevamento ha seguito un corso relativo al funzionamento del sistema di ricezione Kongsberg ai fini della manutenzione ed utilizzo del sistema sia hardware che software. Il corso è stato propedeutico al completamento delle fasi di test delle diverse catene di acquisizione e processamento per i dati provenienti sia dal sistema geostazionario che da quello polare. Oltre all'esecuzione delle 'test procedures' previste da contratto, sono inoltre state adottate le priorità di acquisizione e la gestione dei conflitti dei flussi data l'alta frequenza dei flussi (ogni 5 e 15 min) e l'attivazione dei rapporti di acquisizione per ogni singolo dato di acquisizione polare sul web. Inoltre è stato creato un primo sistema di archivio temporaneo basato sulle priorità dettate dalle aree di monitoraggio. Inoltre è stata testata la funzionalità di ricezione di dati acquisiti da satelliti geostazionari che osservano altre zone del globo, attraverso una specifica attivazione del consorzio europeo Eumetsat. Questa funzionalità incrementa le aree di osservazione (Est-Indian e West-America) secondo i sistemi satellitari geostazionari americano GOES e giapponese MTSAT.

2) Sviluppo e delle infrastrutture di controllo hardware e software:

Posizionamento e strutturazione di un laboratorio dedicato alla gestione del sistema Multimissione in banda L/X e per la ricezione, gestione ed analisi dei dati EO dalle piattaforme geostazionarie (SEVIRI, GOES MTSAT).

Nel corso del 2010 sono state sviluppate diverse procedure necessarie alla gestione dei dati prodotti dal sistema multi-missione e per il controllo delle operazioni:

- Sono state sviluppate delle procedure automatiche per la generazione ed invio dei dati MODIS verso il DB ASI-SRV nei formati identici a quelli forniti dalla NASA assicurando quindi una continuità con gli sviluppi scientifici in corso ed un miglioramento della frequenza di aggiornamento dei prodotti.

- Sono state sviluppate delle procedure automatiche dedicate alla formattazione dei dati ad alta risoluzione temporale MSG-SEVIRI (per i dataset ogni 5 e 15 minuti) per la trasformazione degli stessi dal formato H5 ad HDF.
- Sono state sviluppate delle procedure automatiche dedicate alla generazione di dataset georeferenziati nelle unità di misura standard per il processamento dei dati acquisiti.
- Sono state sviluppate delle procedure automatiche dedicate all'analisi della variazione dei parametri geofisici superficiali ed atmosferici di interesse vulcanologico
- Queste procedure sono state applicate tanto al sistema SEVIRI quanto alla piattaforma MTSAT in coincidenza dell'eruzione del vulcano Merapi (Indonesia) nel periodo ottobre-novembre 2010
- E' stata generata una interfaccia WEB per il controllo della variazione dei parametri geofisici relativamente al Etna ed allo Stromboli, ed abilitata una procedura per la gestione di un "sms alarm" e "e-mail alarm" per il controllo del sistema stesso.
- La gestione completa delle attività sopra elencate avviene attraverso script Open Source.

3) Sistema AVO

Nell'anno 2010 è continuato il mantenimento del sistema AVO, in particolare il sistema per hot spot detection e' stato utilizzato per le anomalie termiche di Stromboli. Il sistema ingerisce i dati acquisiti dalla stazione Terascan. Il sistema consente la visualizzazione degli hot spot identificati con dati NOAA-AVHRR e di eseguire l'andamento temporale in temperatura di brillanza.

4) Analisi dati e servizi di monitoraggio effettuati nel 2010

I dati acquisiti dai sistemi multi missione e nell'ambito di progetti italiani ed europei hanno fornito su richiesta del DPC informazioni e rapporti utili al supporto della gestione delle emergenze vulcaniche e sismiche:

- a) A seguito della fase esplosiva dell'eruzione dell'Eyjafjallajökull in Islanda il gruppo di telerilevamento ha fornito supporto scientifico sull'evoluzione della nube di cenere per l'intera area europea mediante l'analisi dei dati acquisiti e forniti dalle agenzie spaziali per l'emissione tempestiva di bollettini verso il DPC. Inoltre ha aperto una pagina web dedicata per la visualizzazione dei dati acquisiti in tempo reale da entrambi i sistemi di ricezione sull'area Europea, che sono stati appositamente creati. in ambito del progetto europeo FP7

Safer il team e' stato attivato per i prodotti previsti dal servizio GMES. Sono state emesse 3 newsletters, la prima delle quali pubblicata nel sito web della commissione europea, DG Industry.

b) Novembre 2010 il sistema multi-missione ha fornito informazioni giornaliere sull'eruzione del Merapi mediante l'acquisizione di immagini del satellite geostazionario MTSAT che hanno prodotto informazioni sulle ceneri emesse dal vulcano, tramite i progetti ASI-SRV e SAFER sono stati acquisiti ed elaborati i dati COSMO-SkyMed che hanno permesso di fornire informazioni sull'evoluzione delle fasi esplosive del Merapi agli osservatori locali e al DPC.

c) Novembre 2010 il DPC ha attivato le acquisizioni COSMO-SkyMed nell'ambito del progetto ASI-SRV su la zona orientale dell'Etna per seguire l'evoluzione degli eventi sismici verificatosi nell'area della Pernicana.

10. Attività di sala operativa

Il monitoraggio e la sorveglianza geofisica e vulcanologica del territorio nazionale si avvale del supporto di diverse sale operative H24, che hanno i compiti di raccolta del dato, elaborazione, aggiornamento e comunicazione degli eventi alla Protezione Civile.

La Sala Operativa del CNT è il riferimento per il monitoraggio sismico sul territorio nazionale, quella di Catania per il monitoraggio delle aree vulcaniche e dei vulcani attivi siciliani, quella di Napoli per il monitoraggio delle aree vulcaniche della Campania e della sismicità dello Stromboli.

10.1. Sala sismica del Centro Nazionale Terremoti

Nel corso del 2010 e' stata raggiunto un accordo tra i responsabili delle Sezioni che contribuiscono al Servizio di Sorveglianza (Roma, Napoli, Catania) per quel che riguarda il protocollo di segnalazione di un evento sismico. Tale proposta e' stata sottoposta all'approvazione del Dipartimento di Protezione Civile. Si distinguono 3 fasi: 1) Entro i primi 3 minuti dalla comparsa dell'evento, una breve comunicazione telefonica che notifica i parametri salienti; 2) la comunicazione dei parametri così come vengono calcolati al termine della localizzazione automatica, in genere entro i 5 minuti; 3) i dati dell'evento elaborati in forma definitiva dai turnisti sismologici entro 30 minuti.

Nel corso dell'anno e' stato portato a termine il progetto "Registratori a carta termosensibile digitali". Si e' trattato di sostituire come ingresso di tali registratori non più il segnale analogico in continua, bensì quello digitale con ricostruzione dei pacchetti dati e del segnale orario.

Nel 2010 è proseguito il passaggio dal vecchio sistema 'Backnet' al nuovo sistema di acquisizione, elaborazione in tempo reale, elaborazione off-line e archiviazione dei segnali sismici 'Earthworm'. Manca ancora l'adattamento del pacchetto 'Sismap' ovvero del sistema di restituzione grafica delle informazioni elaborate su piattaforma GIS. Inoltre, sono stati migliorati tutti i codici che consentono al tecnico di sala il controllo da remoto di tutte le stazioni acquisite tramite lo sviluppo di sofisticati strumenti diagnostici. Durante il 2010 è stata messa a punto una nuova relazione per la stima della magnitudo locale. partendo dai dati acquisiti dalle stazioni digitali, sono stati calcolati nuovi parametri per la relazione Hutton & Boore attualmente utilizzata con, a corredo, l'uso di fattori correttivi di stazione (finora sono stati calcolati i fattori correttivi per 193 stazioni). Le due relazioni sono attualmente in fase di test e confronto.

10.2. Sala operativa della Sezione di Catania

L'Unità Funzionale Sala Operativa si occupa ormai da molti anni e per la sua parte di competenza, dei sistemi di monitoraggio e sorveglianza di una parte del territorio italiano considerata ad alto rischio sismico e vulcanico. Per tale Unità l'anno 2010 è da considerarsi cruciale per la realizzazione della nuova struttura di Sala Operativa presso la Sede. La quasi totalità dell'anno è stata dedicata alla fase realizzativa del progetto, che segue un lungo lavoro di progettazione dei nuovi sistemi. Poiché la Sala Operativa offre un servizio alla collettività, non è stato possibile interromperlo per tutta la durata dei lavori edili e di realizzazione degli impianti. Allo scopo è stato

compiuto un lavoro notevole dal personale UFSO che ha pianificato nei dettagli la realizzazione, movimentazione e successiva messa in servizio di una sala alternativa, ospitata presso la sede del CUAD, ove è stato possibile garantire ai turnisti ed al personale tutto, la possibilità di effettuare correttamente le attività previste. Alla fine di maggio, sebbene il sistema di visualizzazione non fosse completamente testato, si è convenuto di inaugurare la nuova Sala Operativa ormai quasi del tutto completa nella infrastruttura. Nel contempo nell'anno 2010 sono state implementate nuove funzioni per i sistemi di acquisizione e archiviazione dei dati: è stato dato il via ad una archiviazione dei segnali sismici basata sull'utilizzo delle più moderne tecniche di gestione in tempo reale di basi di dati.

Nell'anno è stata eseguita la messa in opera del nuovo sistema video-wall per la visualizzazione dei segnali multi-parametrici delle varie reti di acquisizione nella rinnovata Sala Operativa. L'implementazione ha riguardato l'installazione ed il cablaggio di una matrice di 6x4 monitor LCD 24" con risoluzione 1280x1024. La sala è composta inoltre di una ulteriore matrice di 7 monitor LCD di grandi dimensione (3 x 52", 4 x 52").

Software sviluppati: E' on-line il nuovo sistema di localizzazione automatica dei terremoti basato su Earthworm (Kataloc). In particolare quest'anno, si è proceduto al tuning del sistema. E' stato realizzato inoltre un software basato su piattaforma di tipo open Google Maps per il plottaggio a video delle localizzazioni. Si sta inoltre procedendo alla messa a punto del nuovo localizzatore off-line e di un programma automatico per l'invio di comunicati relativi all'attività vulcanica dell'Etna.

E' stato realizzato un sistema che legge i dati del localizzatore Sismap e li estrapola per la visualizzazione comune. E' stato dato ampio spazio alla gestione del Portale di Sezione ed ai siti ad accesso ristretto per la diffusione delle informazioni alla comunità e agli Enti preposti.

10.3. Sala di monitoraggio della Sezione di Napoli - Osservatorio Vesuviano

Nel 2010 sono stati sviluppati programmi per il controllo remoto della strumentazione digitale sviluppata presso la Sezione. Alcuni preesistenti programmi di controllo e gestione dei sistemi sono stati modificati ed arricchiti di nuove funzionalità e interfacce grafiche. E' stato inoltre pianificato l'ampliamento della sala di monitoraggio. Scopo della ristrutturazione è valorizzare le informazioni multiparametriche derivanti dalle diverse misure che si effettuano sui vulcani monitorati al fine di favorire l'attività del personale in turno e rendere più rapida l'individuazione di eventuali situazioni anomale. A tale scopo il Sistema informatico Unificato per il Monitoraggio (SUM) ,in fase di test presso la Sezione, costituirà uno strumento fondamentale di integrazione dei dati provenienti da tutti i sistemi di monitoraggio utilizzati da NA-OV per la sorveglianza del Vesuvio, Campi Flegrei, Ischia e Stromboli. Sono state sperimentate alcune applicazioni per la visualizzazione in tempo reale delle informazioni più significative ottenute dai sistemi di analisi automatiche. Dette informazioni, restituite attraverso interfacce grafiche, sono visualizzate su un grande schermo usato come test per il video-wall che sarà acquisito a breve. Infine sono stati acquistati dei mini desktop PC per sperimentare un allestimento dei sistemi di visualizzazione dei dati più leggero e nello stesso tempo più affidabile.

11. Banche-dati sismologiche e vulcanologiche

Database Macrosismico Italiano e Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani.

È stata completata la pubblicazione della versione di prova del DBMI denominata "DBMI10beta" che copre l'arco temporale 1000-2006. L'aggiornamento ha riguardato gli studi storico-macrosismici e rilievi macrosismici di autori INGV e altri autori e una selezione di dati del bollettino macrosismico INGV. I nuovi studi hanno fornito dati per terremoti nuovi o conosciuti ma in precedenza privi di dati di intensità. Non sono stati inclusi i terremoti di area etnea e quelli appartenenti al periodo temporale antecedente all'anno 1000, che verranno ultimati per la prossima versione del database. È stato invece incluso il rilievo macrosismico del terremoto aquilano dell'aprile 2009 realizzato dal gruppo QUEST. Rispetto a DBMI04 si ha complessivamente un aumento di circa il 30% del numero sia di terremoti sia dei dati di intensità. È stata predisposta la formalizzazione delle osservazioni macrosismiche prodotte dallo studio Molin et al. 2008 in formato coerente con la struttura del Database Macrosismico, con un controllo accurato della georeferenziazione.

In febbraio la versione aggiornata del catalogo CPTI, definita CPTI10beta è stata completata e resa disponibile ai ricercatori che operano nell'ambito di progetti dell'Istituto per un periodo di sperimentazione. La nuova versione del catalogo, che contiene 2984 terremoti e copre la finestra temporale 1000-2006, rappresenta una evoluzione significativa rispetto alla versione 2004 per quanto riguarda contenuti e struttura. Il catalogo si basa su di un database macrosismico (DBMI10beta), che contiene quanto disponibile a tutto il 2008, e su una base di dati strumentali arricchita mediante l'utilizzo dei cataloghi parametrici e bollettini strumentali più aggiornati. Per quanto riguarda la struttura, per i terremoti per cui sono disponibili parametri sia macrosismici sia strumentali vengono fornite entrambe le determinazioni con la aggiunta di un insieme di valori di default. Inoltre, per alcune decine di terremoti, principalmente offshore, i parametri macrosismici sono stati determinati con il metodo di Bakun & Wentworth (1997). Nel corso del 2010 si è lavorato all'estensione agli anni 1600-1831 del Catalogo Macrosismico dei Terremoti Etnei (1832-2008), utilizzando la ricerca e i dati di base raccolti nell'ambito del progetto INGV-DPC 2007-2009 V4 Flank relativamente a 138 terremoti, 112 dei quali precedentemente sconosciuti. Il dataset è stato quindi parametrizzato adottando gli stessi criteri usati per CMTE; per 76 eventi è stato possibile determinare solo parametri qualitativi generici (area di massimo risentimento, tipo di avvertibilità, numero di scosse agganciate ad un dato record).

Banche dati strumentali.

Nel 2010 le sezioni dell'INGV hanno continuato l'attività di aggiornamento e omogeneizzazione sia dei database parametrici che dei database di segnali sismici, riferendosi a standard internazionali per la disseminazione dei dati. Il data base sismologico ISIDe (<http://iside.rm.ingv.it/>) contiene oggi oltre 61000 terremoti avvenuti in Italia negli ultimi 6 anni. Nel corso del 2010 è stata completata l'analisi di oltre 20000 eventi registrati a seguito del terremoto di L'Aquila. La mole di dati acquisita dalla Rete Sismica Nazionale e Mednet ammonta oggi a circa 4.8TByte/anno. Il sistema real-time

di analisi dei segnali ROSSO (Real-time Observations for Seismic Survey and Outreach), basato su Earthworm, è stato lungamente sottoposto a test e sta per affiancare le usuali procedure per la sorveglianza sismica. È stata realizzata una procedura automatica di ottimizzazione del calcolo del momento tensore TDMT ed una procedura manuale di revisione preliminare.

Banca dati accelerometrica.

La versione 1.0 del portale accelerometrico nazionale, ITACA (<http://itaca.mi.ingv.it>), è stata pubblicata nel luglio 2010, in concomitanza con la chiusura del progetto INGV-DPC S4 (Banca dati accelerometrici). La nuova versione include le forme d'onda registrate dalla RAN da UNIBAS, Provincia di Trento e RAIS-INGV nel periodo 2004-2007 più alcune registrazioni relative al biennio 2008-2009. La banca dati è stata corredata di un software (RexelLite) per la selezione di accelerogrammi compatibili con gli spettri della normativa italiana per applicazioni ingegneristiche. Nel corso del 2010 l'Unità SISMOS del CNT ha potenziato l'hardware per la connettività e per la scansione dei sismogrammi storici (terzo scanner flat-bed A0), ha iniziato il trasferimento dei dati in un nuovo Sistema Informativo, Hystorical Digital Library, ideato per scopi scientifici e culturali. In ambito internazionale, l'INGV ha proseguito la collaborazione con partner europei per la costituzione di infrastrutture per la condivisione di dati sismologici (<http://eida.rm.ingv.it>) EIDA, accelerometrici (<http://www.seismicportal.eu/jetspeed/portal/explorers/accelero-explorer-public.psm>) e dati storici rilevanti (TA3) nell'ambito del progetto NERIES (concluso a metà 2010).

Il database della mappa di riferimento della pericolosità sismica (MPS04; <http://zonesismiche.mi.ingv.it>) contiene tutta la documentazione tecnico-scientifica che è stata prodotta durante l'elaborazione della mappa stessa, tutti i dati che sono stati prodotti e utilizzati (zonazione sismogenetica, catalogo dei terremoti, ecc.) per calcolare la pericolosità sismica, mappe a scala nazionale e regionale; contiene infine i dati sulla griglia di riferimento, accessibili e scaricabili da chiunque (viene solo chiesto di indicare il proprio settore di attività per poter monitorare il tipo di utenza). Il sito è stato protetto con successo con strumenti informatici per assicurarne l'accessibilità e la funzionalità durante l'emergenza del 6 aprile 2009, quando si sono superati i 250000 accessi giornalieri.

Il Database online della pericolosità sismica (<http://esse1.mi.ingv.it>), realizzato nel corso della Convenzione DPC-INGV 2004-2006, è da considerarsi chiuso essendo il riferimento per le NTC08. È accessibile con un'applicazione web-Gis che consente di ottenere per ogni punto della griglia di riferimento curve di hazard, spettri a pericolosità uniforme e disaggregazione. Dopo il picco registrato in occasione del terremoto d'Abruzzo, gli accessi al sito si sono stabilizzati su numeri importanti. Le statistiche degli accessi al sito sono documentate annualmente con rapporti interni.

Il "Database of Individual Seismogenic Sources" (DISS; <http://diss.rm.ingv.it/diss/>) è online dal gennaio 2005 e viene aggiornato regolarmente. Viene utilizzato in numerosi studi sulla pericolosità sismica, molti dei quali nell'ambito delle Convenzioni DPC-INGV. La consultazione del database è

garantita da un'applicazione web-Gis e attraverso il sistema Google-Earth. La parte parametrica del database si può in vari formati per applicazioni desktop-Gis. L'interfaccia web-Gis è stata completamente rinnovata nell'ambito del progetto S1 della Convenzione DPC-INGV 2007-2009.

Banche dati di vulcanologia.

Nel corso del 2010 sono state gettate le fondamenta dell'attività effettuando scelte operative, definendo le caratteristiche principali del database e iniziandone la realizzazione. Come prima attività si è stabilita la creazione di una base di dati comune che consenta di standardizzare le informazioni a vari livelli al fine di ottimizzarne la gestione, l'upgrade e la fruizione. Sono stati utilizzati standard internazionali, quale quello utilizzato dalla banca dati della World Organization of Volcano Observatories (WOVO) con i cui gestori sono state avviate proficue interazioni. Contestualmente si è contribuito in maniera sostanziale all'ulteriore sviluppo delle metodologie e degli standard. Allo stesso modo sono stati avviati contatti con il consorzio internazionale costituito da EPOS (European Plate Observing System), che rappresenta un importante investimento infrastrutturale dell'Unione Europea nel campo della sismologia e della vulcanologia, proponendo il sistema in realizzazione come standard europeo. La base del sistema è costituita da una piattaforma che implementa un modello di database relazionale, utilizzando il sistema MySQL che permette un rapido interscambio di tutte le informazioni presenti all'interno del database. Data la complessità del sistema proposto, il gruppo tecnico all'interno del TTC ha creato dei task mirati di lavoro per ottenere i seguenti risultati:

- creazione di un iniziale repository per l'accorpamento strutturato delle informazioni presenti; in questa fase si è ampiamente utilizzata l'esperienza maturata nell'ambito dei progetti in vulcanologia di cui alla Convenzione INGV-DPC 2007-09;
- progettazione e realizzazione del database relazionale, dei criteri di utilizzo, delle policy di accounting e sicurezza;
- creazione di una procedura di raccolta dati automatica e standardizzata; si tratta di un interfaccia Full-Web grazie alla quale tutti gli utenti possono deporre i loro dati tramite un browser nel formato raccomandato dal gruppo tecnico; questa operazione semplifica lo scambio dati indipendentemente dai protocolli e piattaforme macchine, e nello stesso tempo facilita la verifica dell'integrità del Dataset;
- definizione delle policy di lavoro e di gestione della proprietà dei dati;
- studio e realizzazione di uno standard di inserimento di tutti i dati, definendo regole precise per l'uniformità delle serie di dati e creando script automatici di verifica/inserimento all'interno del database;
- creazione di un sistema per la verifica di compatibilità con lo standard WOVODat;
- definizione e implementazione del progetto DIVO (Database of Italian Volcanoes);
- implementazione delle interfacce Web-GIS per la consultazione delle informazioni presenti da parte degli utenti.

12. Preparazione all'emergenza

Rete sismica e GPS nella zona dell'aquilano.

A causa dell'intensa attività sismica che per tutto il 2010 ha interessato l'area dell'Abruzzo, con diverse sequenze sismiche attivatesi in varie riprese, si è mantenuto per tutto il 2010 un livello di monitoraggio di dettaglio nell'area di L'Aquila e nelle aree limitrofe. Seguendo quanto realizzato per il progetto DPC-INGV (Convenzione 2007-2009) S5 "High-resolution multi-disciplinary monitoring of active fault test-site areas in Italy", Task 4.1 "Toward a permanent Seismic and GPS network to monitor segments adjacent to Paganica fault", la rete più densa installata negli ultimi mesi del 2009 è stata mantenuta operativa per tutto il 2010. Nella seconda metà del 2010 (dopo la scadenza del progetto) sono state effettuate attività di mantenimento e miglioramento dei siti di stazione, nonché di analisi dei dati rilevati (si vedano i Rapporti scientifici dei progetti per i dettagli sulla rete, sugli strumenti utilizzati, ecc.). La figura 12.1 mostra la distribuzione dei siti di rilevamento mantenuti nel 2010.

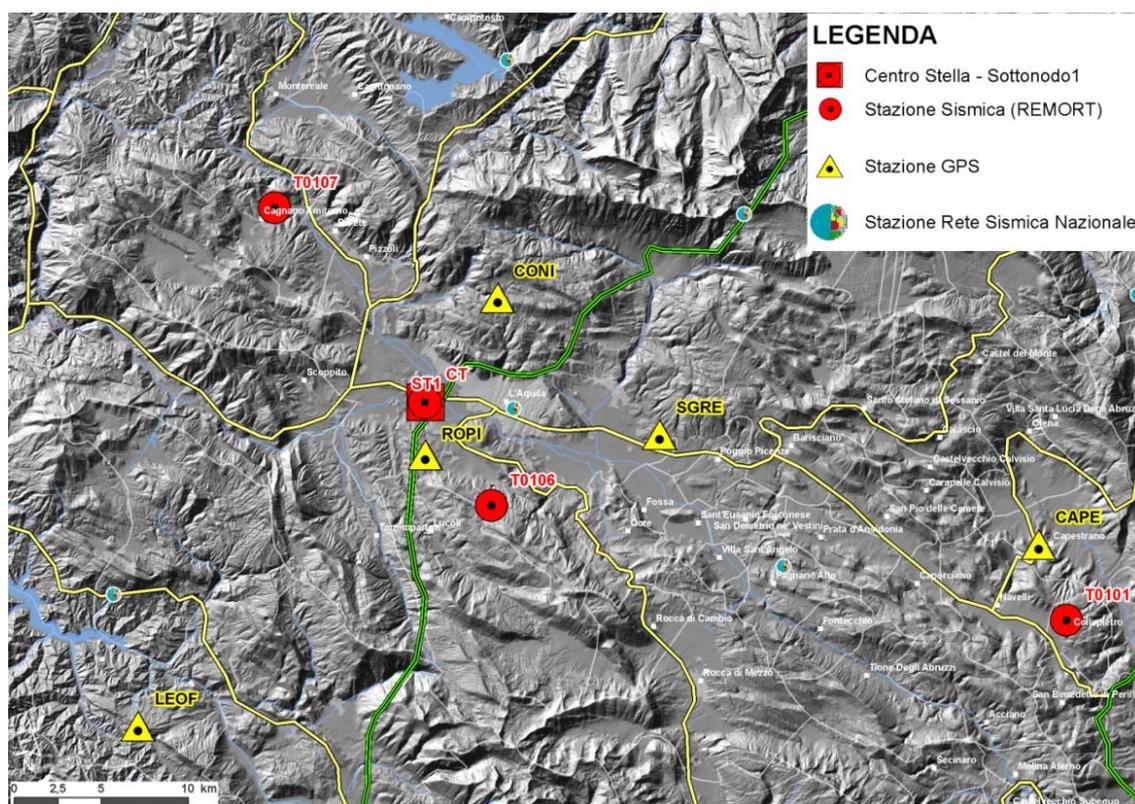


Fig. 12.1. Mappa delle stazioni sismiche e GPS mantenute operative nel corso del 2010. I dati di queste stazioni sismiche integrative della RSN sono stati utilizzati per il monitoraggio in tempo reale.

Monitoraggio di dettaglio nella zona di Montereale (AQ)

Tra la fine di agosto e settembre 2010, una sequenza sismica si è manifestata nella zona di Montereale (AQ) a nord della zona epicentrale del terremoto del 6 aprile 2009 (Fig. 12.2). La sequenza aveva destato una forte preoccupazione nella popolazione e nelle autorità locali per l'elevatissimo numero di terremoti avvenuti in pochi giorni. Per migliorare il monitoraggio della intensa attività sismica, abbiamo deciso di installare alcune stazioni aggiuntive con una tecnologia sperimentale di connessione WiFi. Sono state installate tre stazioni sismiche rioccupando tre siti occupati durante la campagna post-6 aprile 2009 (Fig. 12.3). Le stazioni erano dotate di digitalizzatori GAIA-2 (di produzione INGV), batterie da 42 Ah, pannelli solari e sismometri Lennartz 5s. Una delle stazioni era fornita anche di accelerometro Episensor e di ricevitore GPS Leica per posizionamento.

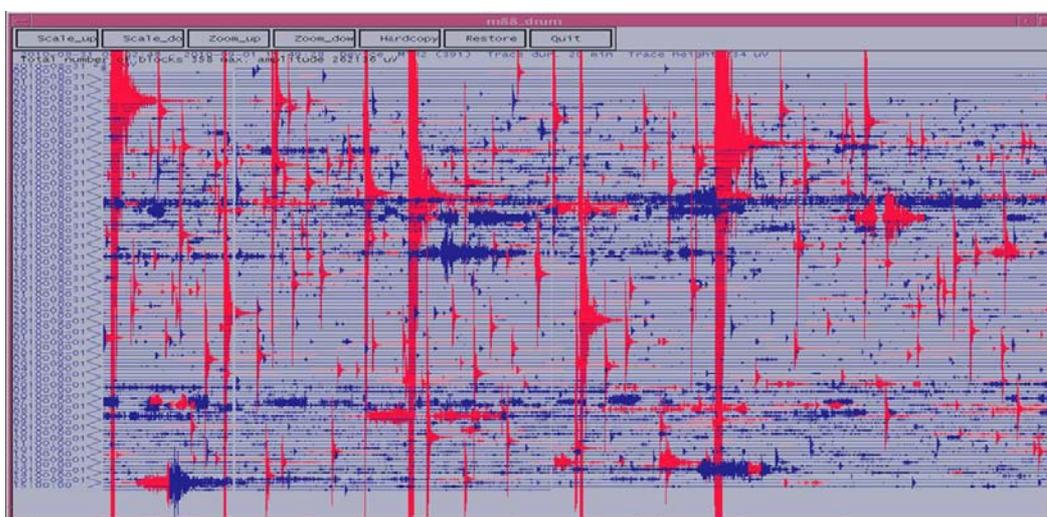


Fig. 12.2. Sciame sismico a Montereale tra il 31 agosto e il 1 settembre 2010. Sono visibili centinaia di piccole scosse.

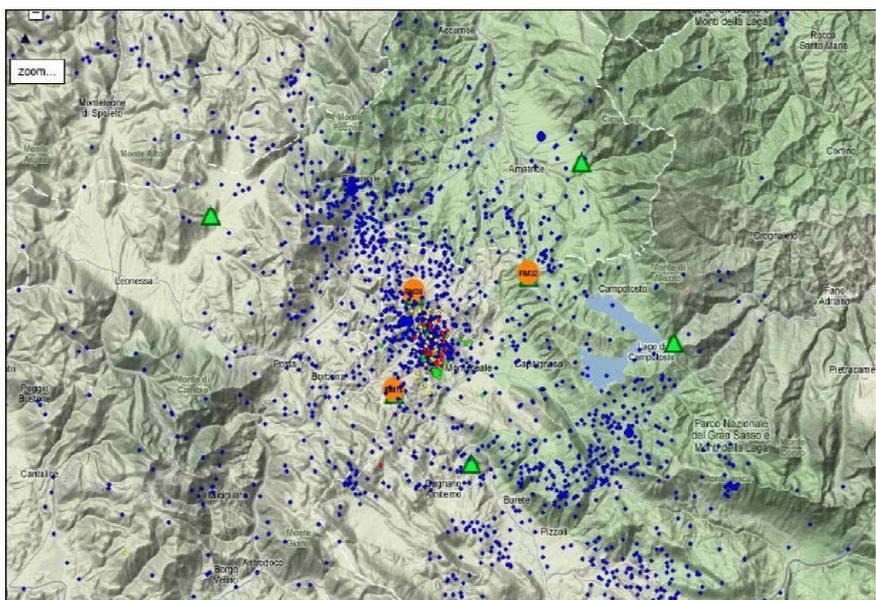


Figura 12.3. Localizzazione delle tre stazioni installate per migliorare il monitoraggio della sequenza nella zona di Montereale.

La connessione WiFi sperimentata per il monitoraggio si basava su tecnologia MESH, che presenta indubbi vantaggi in caso di scarsa visibilità per i forti rilievi topografici. Infatti, nella modalità MESH ciascun punto della rete può fungere da router (Fig. 12.4) e soltanto un punto deve essere collegato con una rete cablata. La sperimentazione ha avuto esito positivo: nel periodo di funzionamento e di intensa attività (settembre 2010) la soglia di rilevamento della rete nella zona di Monteverde era scesa a Magnitudo prossima a zero.

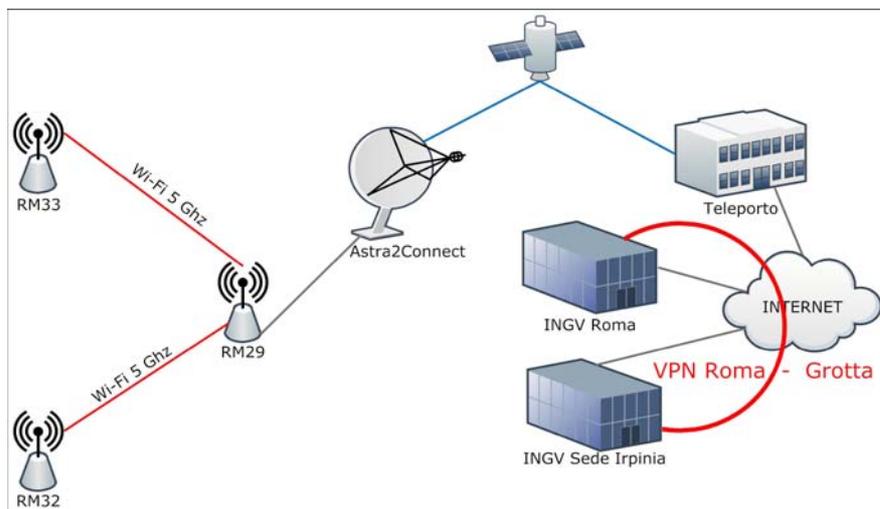


Figura 12.4. Schema dei collegamenti della rete di monitoraggio WiFi con tecnologia MESH utilizzata per il monitoraggio della zona di Monteverde. Le due stazioni remote RM32 e RM33 trasmettono i dati a RM29 che è la sola collegata alla rete satellitare.

Attività sismica nella zona di L'Aquila nel 2010

Grazie alla rete più densa descritta nella sezione precedente, è stato possibile localizzare nel periodo 1/1/2010 – 31/12/2010 oltre 5300 terremoti in un raggio di 60 km con centro su L'Aquila (Fig. 12.5). Di questi, oltre 4000 terremoti hanno magnitudo minore di 1.5, che rappresenta all'incirca la soglia di rilevamento medio della RSN in Italia centrale. Ciò significa che la maggior parte dei terremoti localizzati nel 2010 non sarebbero stati localizzati senza la rete migliorata con le stazioni temporanee o semi-permanenti installate dopo il 6 aprile 2009. Oltre ai vantaggi immediati sulla sorveglianza sismica in tempo reale, i dati registrati con questa rete sono molto utili per la caratterizzazione delle faglie sismogenetiche della regione. Soltanto una piccola parte di questi eventi sismici sono avvenuti nella zona della faglia principale attivata il 6 aprile. La maggior parte si è concentrata più a nord, e più precisamente a ovest di Monteverde (Abruzzo settentrionale) fino a Cittareale (Rieti) a nord, concentrandosi in diversi "cluster" spazio-temporali ravvicinati. Solo tre terremoti di questo periodo hanno superato magnitudo 3.5. Come già osservato per le repliche avvenute nel 2009, anche l'attività del 2010 presenta una brusca interruzione verso sud-est, poco a nord della piana del Fucino. L'insieme dei dati registrati nel 2009 e 2010 è attualmente oggetto di studi approfonditi per la caratterizzazione delle faglie sismogenetiche, per la ricostruzione delle

strutture crostali della regione e per la eventuale definizione di peculiari pattern di migrazione della sismicità e di variazioni delle caratteristiche elastiche delle proprietà crostali.

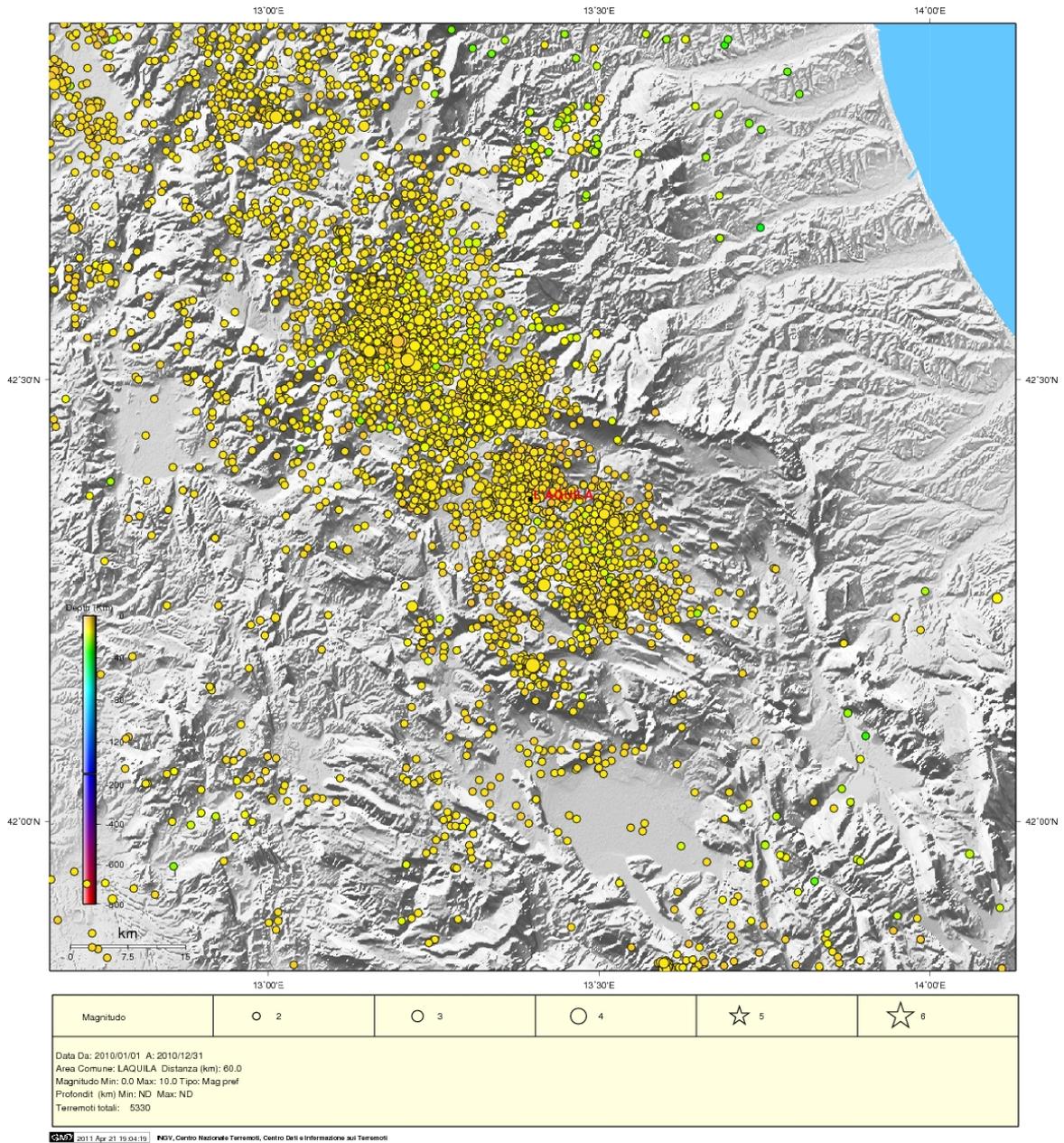


Fig. 12.5. Epicentri degli oltre 5300 terremoti localizzati tra il 1/1/2010 e il 31/12/2010 dalla RSN integrata con le stazioni installate a seguito delle sequenze sismiche di L'Aquila e Montereale (da iside.rm.ingv.it).

Emergenza “Fermo (Marche)” del 13/01/2010

In seguito all'instaurarsi di un'intensa attività sismica nella zona ad ovest di Ascoli Piceno (più precisamente nel territorio dei comuni di Loro Piceno (MC), Ripe San Ginesio (MC), San Ginesio (MC) e Massa Fermana (AP)), contraddistinta da due eventi di magnitudo locale rispettivamente 3.9 e 4.0 (il 10 e il 12 gennaio 2010, rispettivamente) particolarmente risentiti dalla popolazione, è stato deciso l'intervento della Rete Mobile con due stazioni complete per migliorare la copertura della zona.

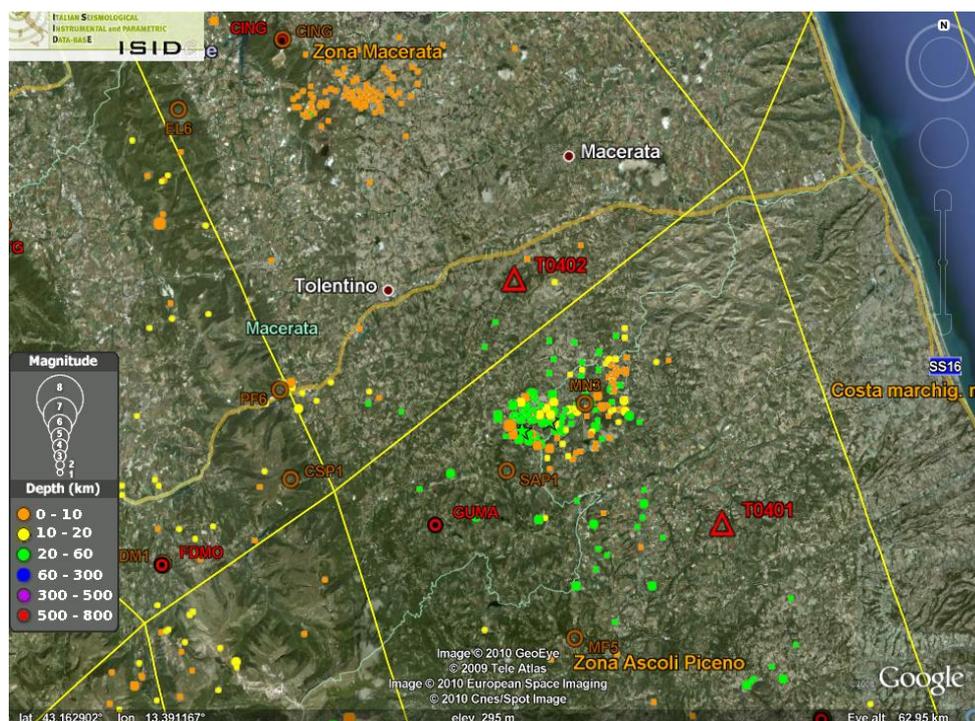


Figura 12.6. mappa della sismicità della zona interessata, estratta dal server Iside il 12/01/2010. I triangoli rossi sono le due stazioni installate durante l'intervento. I cerchi rossi sono le stazioni della RSN, quelli arancioni sono le stazioni della rete regionale mentre le linee gialle delimitano le zone sismogenetiche.

Le due stazioni sismiche sono state installate il 13/1/2010, il giorno successivo al terremoto di M 4 con le seguenti caratteristiche:

| stazione | coordinate | start | sensori | | localita' | UMTS |
|----------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------|-----------------|---------------------------------------|--------|
| T0401 | 43.06207 13.59567 343 | 2010-01-13 10-26-09.3750 | LE3D1s Episensor | L-0625 01651 | Montottone (FM) cimitero | buono |
| T0402 | 43.22134 13.40635 212 | 2010-01-13 14-18-30.7590 | LE3D1s Episensor | L-0631 01665 | Abbadia di Fiastra, Tolentino (MC) | scarso |

Tabella 14.1 Caratteristiche delle stazioni installate

Entrambe le stazioni sono state dotate di un router UMTS (su cui è in corso una sperimentazione in ambito rete mobile) dotato di SIM dati VODAFONE che permette la trasmissione del dato acquisito in tempo reale (segnale UMTS/EDGE permettendo). Nella giornata successiva all'installazione è stata completata la configurazione delle stazioni ed entrambe sono diventate disponibili per le localizzazioni in sala sismica.

Purtroppo sul sito T0402 il segnale VODAFONE si è dimostrato di qualità scarsa e di intensità altalenante. Paradossalmente il sito si trova praticamente sotto ad un traliccio TIM con un ottimo segnale, ma con la SIM VODAFONE il router ha avuto grossi problemi di aggancio al segnale e si è spesso scollegato per lunghi periodi malgrado due interventi di ottimizzazione della posizione dell'antenna. Dal confronto tra i dati registrati sulla compact flash e quelli effettivamente trasmessi ai server ADS si vede che la stazione T0401 ha perso circa 1% di dati (~10 ore su ~39 giorni) anche se il numero di interruzioni dovute alla perdita ed al successivo riaggancio al segnale UMTS è stato considerevole (119). La situazione di T0402 è invece disastrosa, la stazione ha perso più del 70% dei dati. Il segnale UMTS sul sito è risultato estremamente altalenante in intensità e qualità del servizio con continui passaggi da UMTS a GPRS (che non ha banda sufficiente per trasmettere tutti e 6 i canali). La disponibilità di una SIM TIM, il cui segnale risultava ottimo sul sito, avrebbe evitato sicuramente il problema.

Dall'analisi di questi dati si ricava che l'implementazione del sistema di trasmissione via rete UMTS per le stazioni della rete mobile ha sicuramente dei vantaggi. A fronte di un'aggravio nei consumi elettrici della stazione permette, dove il segnale sia sufficiente, di inoltrare i dati al sistema di acquisizione dei dati della RSN contribuendo alle localizzazioni in tempo reale della Sala Sismica. Il router UMTS è un dispositivo di dimensioni ridotte e necessita di essere collegato all'alimentazione della stazione ed alla porta ethernet della REF TEK senza particolare aggravio sulle operazioni di installazione. Il segnale UMTS non può in generale essere considerato ad alta affidabilità ma le perdite dei dati in trasmissione non sono problematiche ai fini degli interventi della Rete Mobile poiché le stazioni archiviano comunque i dati localmente.

13. Formazione e divulgazione

L'INGV è attivo da molti anni sulla formazione nei temi della pericolosità sismica, vulcanica e da maremoti associati, che rientrano nei suoi compiti istituzionali. La maggior parte di queste attività rientra negli interessi del DPC e, come richiamato nell'Allegato A della Convenzione-Quadro, diverse iniziative di interesse comune hanno riguardato :

- Servizi formativi e informativi sul territorio, in cui vengono organizzate e realizzate iniziative informative e formative svolte nelle sedi INGV, nelle scuole, nelle associazioni culturali o in collaborazione con enti locali;
- Servizi formativi per le scuole, in cui l'INGV svolge una intensa e continua attività con le scuole per la formazione sulle tematiche della riduzione dei rischi naturali, in particolare quello sismico e vulcanico;
- Strutture espositive e museali, dove l'INGV organizza e partecipa a numerosi eventi finalizzati all'incremento delle conoscenze sui terremoti, sui vulcani e alla riduzione dei rischi associati;
- Prodotti editoriali digitali e multimediali.

Durante il corso del 2010, in continuità con gli anni precedenti, sono state condotte numerose iniziative tese a proseguire le attività di formazione e informazione.

Le attività sono state svolte con il consueto impegno, grazie anche alla dedizione del personale, sia a tempo indeterminato che precario, che partecipa alle attività con passione e professionalità, in aggiunta alle attività di ricerca e servizio.

Di seguito vengono richiamate e descritte le principali attività condotte.

Servizi formativi e informativi sul territorio

In tutte le sedi sono state organizzate e realizzate iniziative informative e formative svolte nelle sedi, nelle scuole, nelle associazioni culturali o in collaborazione con gli enti locali. NA ha curato il programma di visite presso l'Osservatorio Vesuviano che nel corso dell'anno ha registrato 16.351 visitatori. CNT ha progettato e realizzato corsi, incontri e laboratori per insegnanti, operatori di protezione civile in Abruzzo, corsi sul rischio sismico per insegnanti nel Lazio (progetto Tutte je munne trema... Je nò!). In occasione dell'anniversario del terremoto del 1980, CNT sede Irpinia ha organizzato e realizzato l'evento "Terraemotus: memoria e conoscenza". PI ha partecipato alle iniziative Amico Museo e Notte dei Musei. AC, RM1, NA-OV, PI, PA, CT e BO hanno collaborato alle attività divulgativa presso i Centri delle Eolie, che hanno registrato 7716 visitatori.

Servizi formativi per le scuole

Le sedi principali hanno svolto una intensa attività con le scuole. Le sezioni romane collaborano al programma di visite per un totale di 67 scuole, 3020 ragazzi. INGV-BO, in collaborazione con personale di altre sezioni, per la terza edizione del progetto EDURISK ha focalizzato la propria attività in Abruzzo coinvolgendo circa 15 Istituti, 500 insegnanti ed oltre 7.000 studenti. La sede di Portovenere ha curato il Progetto ERiNat che ha coinvolto un totale di circa 2000 alunni. Il Museo

Geofisico di Rocca di Papa ha notevolmente incrementato l'attività di visite superando nel corso dell'anno le 6500 presenze.

Strutture espositive e museali

A cura di NA-OV sono state allestite: la mostra "Pompei e il Vesuvio, scienza, conoscenza ed esperienza nell'Area Archeologica di Pompei"; "Questo caldo caldo mondo, il calore della terra e le sue applicazioni presso la Città della Scienza"; la mostra permanente "L'Isola d'Ischia e i suoi vulcani tra geologia e sorveglianza" presso l'Osservatorio Geodinamico di Casamicciola. INGV-BO ha realizzato un allestimento ex-novo del percorso interattivo "Tutti giù per terra". CNT, RM1, NA-OV, PI, PA e CT hanno curato la consulenza scientifica per la progettazione e realizzazione della mostra "Avventura sui vulcani: la Terra raccontata dai ragazzi", inaugurata nella sede INGV di Roma il 14 maggio. AC, CNT, RM1, BO, NA-OV e PA hanno collaborato alla mostra "Mediterraneo Dinamico, la geofisica e il mediterraneo" per il Festival della Scienza di Genova visitata da circa 3000 visitatori. La mostra "Questo caldo, caldo mondo, il calore della terra e le sue applicazioni" è stata allestita a cura di AC e RM1 in occasione di ESOF 2010 a Torino.

Manifestazioni e eventi

Iniziative nell'ambito della Settimana della Cultura Scientifica e Tecnologica:

- le sezioni romane hanno organizzato eventi rivolti ai giovani e con i giovani realizzando eventi serali con l'iniziativa Onde sismiche ed onde sonore: dal terremoto alla musica;
- CNT-RM1 hanno svolto il coordinamento tecnico-scientifico delle attività presso il Geolab di Sangemini Laboratori didattici di sismologia applicata;
- la Sede Irpinia ha organizzato eventi sul territorio con il progetto Terremoti e Territori;
- CNT sede di Genova ha ideato SISMO ON TOUR, eventi divulgativi sul tema del terremoto e del maremoto per le scuole e per il pubblico.

Partecipazione delle sezioni romane alla Notte Europea del Ricercatore e settimana della Scienza con seminari e allestimento stand divulgativi.

Prodotti editoriali digitali e multimediali

Il progetto EDURISK ha realizzato nuovi inserti informativi regionali: Terremoti come e perché - Speciale Abruzzo, Speciale Lazio, Speciale Campania e Speciale Basilicata. Dai percorsi proposti nell'ambito di questo progetto per l'anniversario del terremoto di L'Aquila è nato il cortometraggio "Non chiamarmi terremoto". INGV-CA in collaborazione con l'American Museum of Natural History di New York ha realizzato un video sull'Etna. Per il progetto europeo O3S è stata realizzata la versione in 4 lingue del volume "Terremoti come e perché". CNT, RM1, NA-OV, PI, PA e CT hanno svolto il coordinamento e consulenza scientifica per la realizzazione del libro "I Mini Darwin, un'avventura sui vulcani", CNT e RM1 hanno realizzato la riedizione del libro "Terremoti e Maremoti" e il DVD "Tsunami: alla scoperta dei segreti della Terra". Le sezioni romane hanno ideato e realizzato il calendario scolastico 2010 "Scienziato anche io!"

Portale web

Sono proseguite le attività per potenziare verso l'esterno la comunicazione e i risultati, inserendo nuove rubriche e andando verso un formato sempre più multimediale e attuale dell'informazione; sono state avviate una serie di iniziative integrate tra le quali:

- la sperimentazione del nuovo canale di Youtube "INGVTerremoti", (www.youtube.com/INGVterremoti); il canale ha pubblicato 24 video, con aggiornamenti sull'andamento dell'attività sismica in Italia e video specifici su terremoti forti;
- l'apertura di una nuova rubrica "Parliamo di..." dedicata a mettere in luce le ricerche in corso con un taglio divulgativo e con rimandi ad approfondimenti di tipo scientifico ;
- l'aggiornamento delle notizie di primo piano comprendenti comunicati ufficiali da parte di INGV, presentazione di nuovi progetti di ricerca, annunci su mostre, concorsi, congressi, workshop, premi di merito vinti o eventi particolari e la risposta ai quesiti ricevuti;
- l'inserimento di nuovi settori dedicati rispettivamente al Dottorato di Ricerca, al Servizio Civile presso INGV e alle risorse a cura del Servizio Relazioni Internazionali, con materiale informativo su bandi di finanziamento, brevetti, e servizi di supporto alla ricerca in particolare per le ricerche in Unione Europea.



<http://www.ingv.it>

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

ROMA

Via di Vigna Murata, 605 - 00143 Roma

NAPOLI

OSSERVATORIO VESUVIANO

Via Diocleziano, 328 - 80124 Napoli

CATANIA

Piazza Roma, 2 - 95123 Catania

MILANO

Via Bassini, 15 - 20133 Milano

PALERMO

Via Ugo La Malfa, 153 - 90146 Palermo

BOLOGNA

Via Donato Creti, 12 - 40128 Bologna

PISA

Via della Faggiola, 32 - 56126 Pisa