

Rapporti tecnici

INGV

**Installazione di una stazione per la
rivelazione continua Radon
mediante spettrometria alfa nella
Solfatarata di Pozzuoli**

206



Direttore

Enzo Boschi

Editorial Board

Raffaele Azzaro (CT)

Sara Barsotti (PI)

Mario Castellano (NA)

Viviana Castelli (BO)

Rosa Anna Corsaro (CT)

Luigi Cucci (RM1)

Mauro Di Vito (NA)

Marcello Liotta (PA)

Simona Masina (BO)

Mario Mattia (CT)

Nicola Pagliuca (RM1)

Umberto Sciacca (RM1)

Salvatore Stramondo (CNT)

Andrea Tertulliani - Editor in Chief (RM1)

Aldo Winkler (RM2)

Gaetano Zonno (MI)

Segreteria di Redazione

Francesca Di Stefano - coordinatore

Tel. +39 06 51860068

Fax +39 06 36915617

Rossella Celi

Tel. +39 06 51860055

Fax +39 06 36915617

redazionecen@ingv.it



Rapporti tecnici INGV

ISTALLAZIONE DI UNA STAZIONE PER LA RIVELAZIONE CONTINUA RADON MEDIANTE SPETTROMETRIA ALFA NELLA SOLFATARA DI POZZUOLI

Walter De Cesare¹, Giovanni Scarpato¹, Ciro Buonocunto¹, Antonio Caputo¹, Marco Capello¹,
Rosario Avino¹, Vincenzo Roca², Filomena De Cicco², Maria Gabriella Pugliese², Carlo Sabbarese³,
Flora Giudicepietro¹

¹INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Napoli - Osservatorio Vesuviano)

²Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (Sezione di Napoli)

³Seconda Università degli Studi di Napoli (Dipartimento di Scienze Ambientali)

206

Indice

Introduzione	5
1. Il monitoraggio continuo del Radon	6
2. Implementazione	8
3. Prelievo e filtraggio aria	10
4. Unità COREM-2	11
5. Connessione alla rete Internet	12
6. Test di funzionamento	13
7. Conclusioni	15
Bibliografia	16
Note tecniche	17

Introduzione

La realizzazione della stazione descritta nel presente rapporto è frutto di una collaborazione tra ricercatori della Sezione di Napoli dell' Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) e ricercatori dell'Osservatorio Vesuviano (OV), Sezione di Napoli dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), e costituisce un'attività sperimentale per il monitoraggio dell'attività vulcanica dei Campi Flegrei.

I Campi Flegrei sono una vasta caldera che nella sua storia eruttiva ha visto diversi cicli (Orsi et al., 1996) caratterizzati da attività altamente esplosiva ed ha dato luogo a due eruzioni ignimbritiche con grandi volumi di materiale eruttato quali l'Ignimbrite Campana, (circa 39 000 anni fa) [De Vivo et al., 2001] e il Tufo Giallo Napoletano (circa 15 000 anni fa) [Deino et al., 2004] L'ultima eruzione di questo campo vulcanico, caratterizzato da una distribuzione spaziale di edifici vulcanici di modeste dimensioni, spesso monogenici, è datata 1538. Questa eruzione ha portato alla formazione dell'edificio di Monte Nuovo, un cono di ridotte dimensioni in località Arco Felice, la cui formazione ha modificato la geografia dei luoghi chiudendo l'accesso dal mare al Lago d'Averno. La zona che attualmente presenta maggiori manifestazioni vulcaniche è intorno alla Solfatara di Pozzuoli, dove è attivo un campo fumarolico [Chiodini et al., 2003].

Un fenomeno caratteristico dei Campi Flegrei è il bradisismo che consiste in movimenti del suolo a prevalente componente verticale. Questo fenomeno nelle recenti crisi verificatesi nel 1970-72 e nel 1982-84 ha portato ad un sollevamento complessivo del suolo di circa 3 m, mentre nel periodo successivo al 1984 è stato caratterizzato da andamento discendente con un graduale abbassamento interrotto da brevi episodi di sollevamento, spesso indicati come *mini-uplift* [D'Auria et al., 2011].

L'area flegrea è densamente popolata ed il tessuto urbano si è sviluppato anche nelle zone che attualmente presentano maggiore attività come le aree circostanti la Solfatara, la zona di Pisciarelli e il centro della città di Pozzuoli. Questa vasta area urbana ospita una comunità residente di oltre 340.000 persone. Per questo motivo la zona è interessata da elevato rischio vulcanico [Orsi et al., 2004; De Natale et al., 2006] ed il monitoraggio assume particolare importanza. Il monitoraggio vulcanico dell' area flegrea si effettua attraverso misure sismologiche geodetiche e geochemiche. Parallelamente al potenziamento dei sistemi di monitoraggio geochemico si è sviluppata l'attività sperimentale di realizzazione di una stazione per misure di Radon in continuo con trasmissione dei dati in tempo reale al centro di Monitoraggio dell'OV-INGV. La stazione è basata sul sistema di monitoraggio del Radon "**RaMonA**" (*Radon Monitoring and Acquisition*) progettato e sviluppato presso la Sezione di Napoli dell'INFN [Pugliese et al., 2000], nell'ambito dell'esperimento ENVIRAD [Esposito et al., 2005].

Nel presente rapporto è descritta l'implementazione della stazione e la sua installazione nei pressi della stazione multiparametrica sismica e geochemica dell'OV, già presente all'interno della Solfatara di Pozzuoli, indicata in seguito con CSFT (fig. 1 e 4).

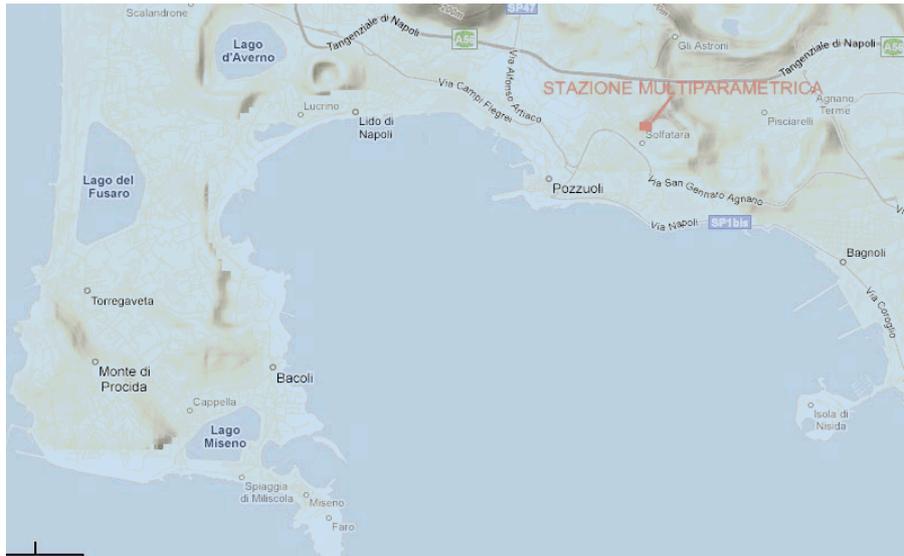


Figura 1. Solfatara di Pozzuoli e ubicazione della stazione CSFT.

1. Il monitoraggio continuo del Radon

Il Radon (Rn) è un gas radioattivo di origine naturale prodotto nelle rocce del sottosuolo che tende a raggiungere l'atmosfera e a concentrarsi negli ambienti chiusi, tanto che è spesso oggetto di un monitoraggio a valenza ambientale.



Figura 2. Il sistema RaMonA. Da sinistra l'unità di controllo e camera di raccolta.

Il sistema RaMonA (fig.2) consente di monitorare con continuità la concentrazione di Radon in aria contemporaneamente a temperatura, umidità e pressione [Tab. 1]. Esso è costituito da due sezioni: una sezione di misura, basata sulla raccolta elettrostatica dei discendenti ionizzati del radon su di un rivelatore per particelle alfa, e una sezione di controllo, che provvede al trattamento analogico e digitale dei segnali. I parametri ambientali sono misurati sia all'interno della camera di raccolta, per normalizzare la risposta del

rivelatore a condizioni standard [Roca et al., 2004], sia all'esterno, nel punto di prelievo del radon, per tener conto della dipendenza dell'emanazione del gas dal suolo dai fattori atmosferici.

Grazie alla tecnica di rivelazione utilizzata (la *spettrometria alfa*), i singoli discendenti del radon possono essere facilmente osservati e ciò consente la rivelazione indipendente sia del Rn-222 che del Rn-220 in una situazione di fondo dovuto all'ambiente esterno trascurabile. La rivelazione del Po-218, discendente diretto del Rn-222, consente di seguire le variazioni di attività del Radon con un ritardo di appena 20 minuti.

In figura 3, sono schematizzate tutte le componenti che costituiscono il sistema RaMonA, l'unità di misura (camera di raccolta), i sensori di temperatura, pressione e umidità, l'unità di controllo, un generatore di alta tensione.

La camera di raccolta è lo strumento in cui avviene la rivelazione spettrometrica delle *particelle alfa* emesse dai discendenti ionizzati del Radon e trasportati da un campo elettrico su di un rivelatore al silicio. L'unità di controllo per la gestione e l'acquisizione dati è gestibile da remoto tramite l'interfaccia Ethernet. Una box esterna all'unità di controllo, contiene il generatore di alta tensione per la creazione del campo elettrico, per il trasporto degli ioni sul sensore al silicio. Nella versione più recente, il generatore è all'interno della stessa unità di controllo.

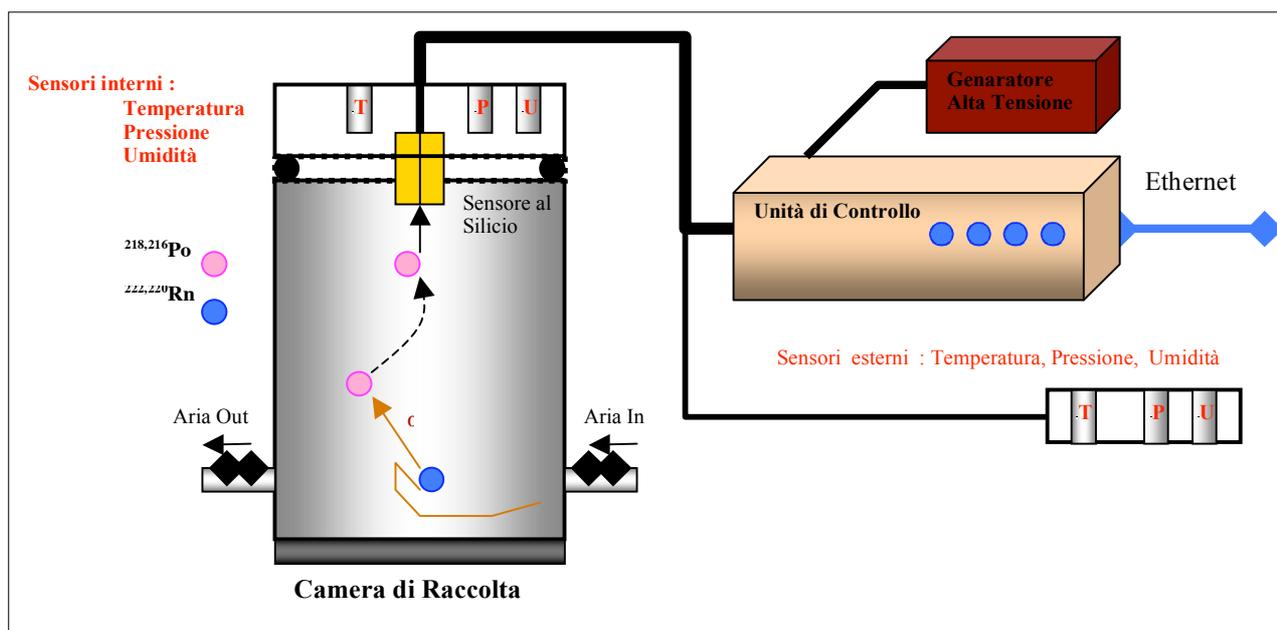


Figura 3. Le componenti che costituiscono il sistema RaMonA: camera di raccolta, sensori interni ed esterni di temperatura, pressione e umidità, unità di controllo, generatore di alta tensione.

Sulla superficie laterale della camera di raccolta sono presenti due valvole, di ingresso e di uscita, a cui possono essere collegate tubazioni in PVC per veicolare l'aria dall'esterno verso l'interno della camera.

Un software che gestisce l'interfaccia Ethernet, rende possibile l'acquisizione dei dati, sia in locale che da postazioni remote. Questo software consente di connettersi all'unità di controllo, configurare e avviare l'acquisizione, configurare le finestre per gli spettri, scaricare i dati acquisiti e visualizzarli. Inoltre è

possibile accedere ai dati di temperatura, umidità e pressione all'interno della camera di raccolta e quelli ambientali all'esterno della strumentazione.

Il rivelatore può funzionare in continuo e memorizzare sull'unità di controllo spettri, valori di temperatura, umidità e pressione. I dati acquisiti possono essere scaricati automaticamente dal programma di controllo remoto, oppure inviati ciclicamente, in modo automatico, dal software residente sulla stazione di misura ad un *server ftp*.

2. Implementazione

L'installazione è stata realizzata nella Solfatara di Pozzuoli nei pressi della stazione sismica CSFT (fig.4).

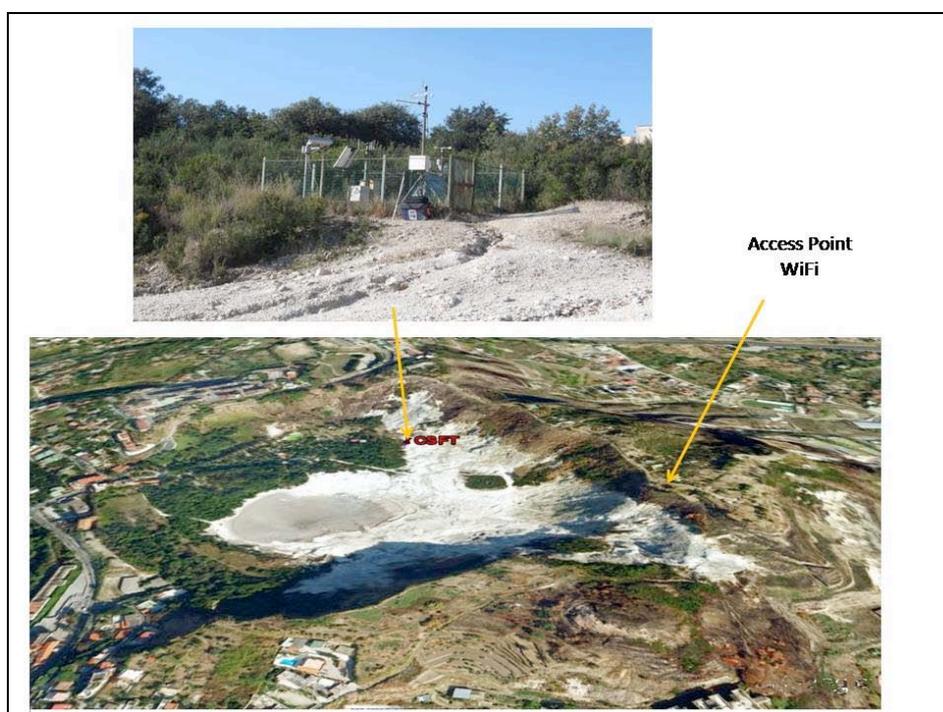


Figura 4. Solfatara di Pozzuoli: ubicazione del sito della stazione CSFT, e del Access Point della rete WiFi dell'Osservatorio Vesuviano.

La strumentazione deve essere protetta da agenti atmosferici come pioggia, umidità, vento, polveri sottili, sostanze corrosive particolarmente presenti in ambienti vulcanici attivi, l'implementazione ha richiesto quindi l'uso di contenitori a chiusura ermetica e la loro ingegnerizzazione interna per il contenimento e il corretto funzionamento della strumentazione (fig. 5). Ha richiesto inoltre lo sviluppo di alcune soluzioni *ad hoc*, al fine di garantire il funzionamento in modalità h24, gestire il sistema e acquisire i dati da postazioni remote.

Per effettuare le misure, l'aria deve essere prelevata dal terreno ad una profondità 1,0-1,5m e convogliata all'ingresso della camera di raccolta tramite un sistema di canalizzazione e pompaggio (fig. 6).

La capacità di rivelazione è inoltre, particolarmente correlata alla percentuale di umidità contenuta nell'aria. E' necessario, quindi, utilizzare un sistema per mitigare la percentuale di umidità e un sistema di filtraggio, per ridurre se non azzerare il contenuto di polveri sottili e di sostanze corrosive.

Il pompaggio dell'aria è ottenuto tramite l'uso di una pompa elettrica ad attivazione temporizzata o a richiesta quando necessario. Per effettuare il monitoraggio in continuo l'attivazione e la disattivazione della pompa così come la configurazione della durata degli intervalli di attivazione devono poter essere fissate da postazioni remote.

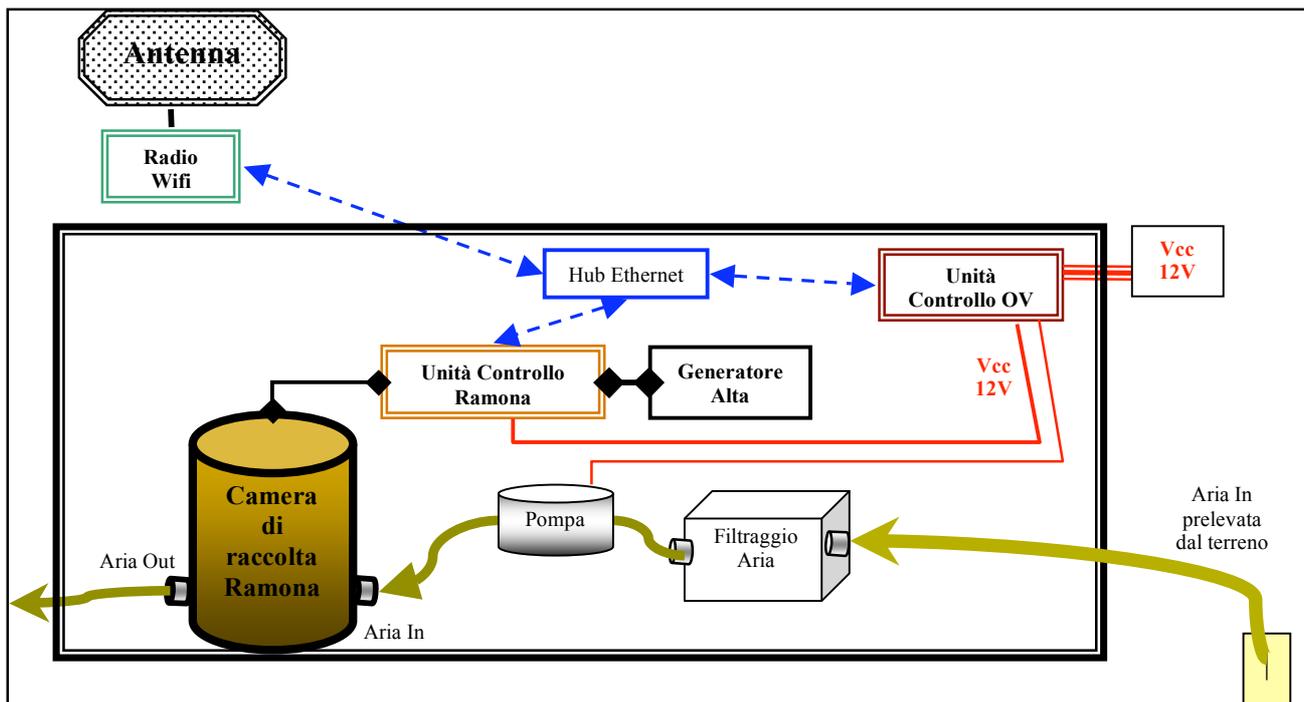


Figura 5. Schema della stazione per misure Radon basata sul rivelatore RaMonA.

Il sistema, come per la maggior parte dei sistemi elettronici, soprattutto se utilizzati in campagna, può essere soggetto a possibili blocchi casuali ed è quindi ragionevole prevedere un reset hardware di emergenza.

A tal fine si è utilizzato il dispositivo elettronico "Corem-2", realizzato all'OV, con il quale è possibile abilitare e disabilitare l'alimentazione di diverse componenti da remoto. Lo stesso dispositivo è utilizzato per l'azionamento temporizzato della pompa elettrica.

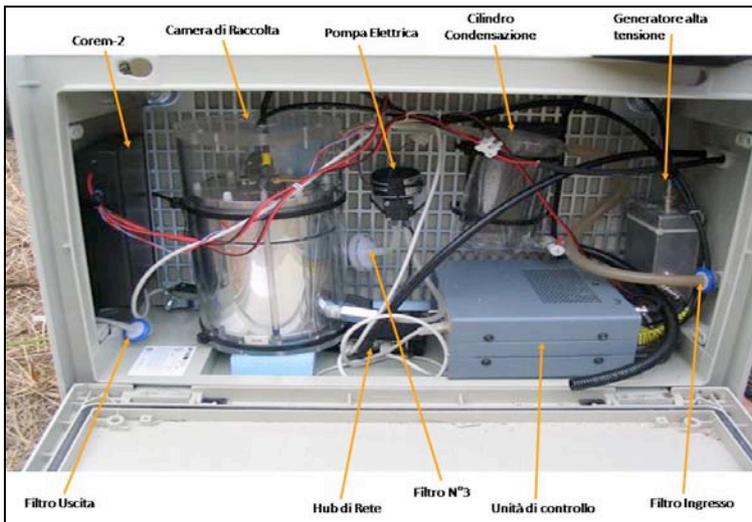


Figura 6. Contenitore SAREL (23*60*45cm) in cui è collocato il rivelatore “RaMonA “ (Camera di Raccolta, Unità di Controllo, Generatore alta tensione), il dispositivo “Corem-2”, l’Hub di rete (5 porte), la pompa elettrica, il cilindro di condensazione (500ml), i 3 filtri e le tubazioni di canalizzazione in PVC.

All’interno della Solfatara è possibile collegarsi via Ethernet alla rete WiFi a servizio della rete sismica permanente dell’Osservatorio Vesuviano. Essendo il sito non servito da energia elettrica pubblica, l’installazione ha richiesto l’utilizzo di un sistema di alimentazione a pannelli solari e accumulatori 12V.

3. Prelievo e filtraggio aria

L’aria prelevata dal terreno ad una profondità di 1,0-1,5m è veicolata verso l’ingresso della camera di raccolta tramite una serie di tubazioni in PVC (fig. 7). L’immissione dell’aria è forzata da un pompaggio meccanico ottenuto tramite l’uso di un pompa elettrica. Il filtraggio dell’aria immessa all’interno della camera è ottenuto tramite una serie di 3 elementi (in figura indicati con n°1, n°2, n°3), mentre il quarto filtro (n°4) è posto all’uscita della camera di raccolta.

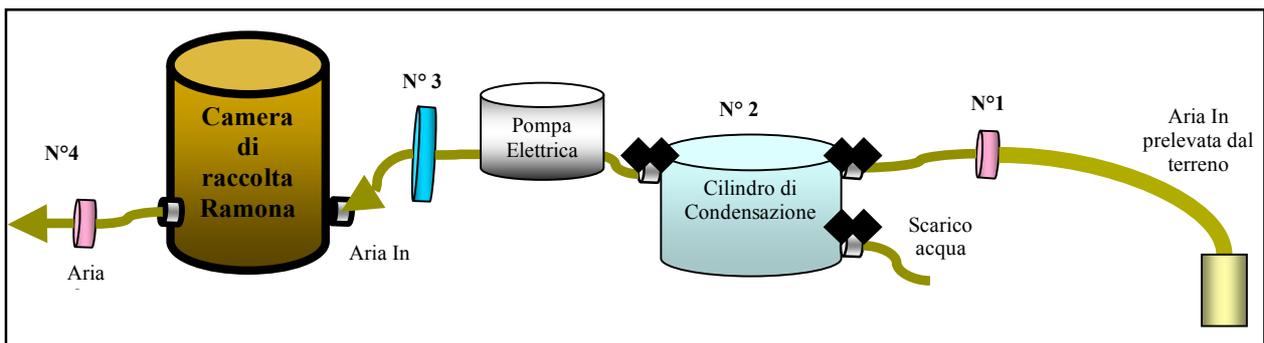


Figura 7. Schema del sistema per il prelievo e il filtraggio dell’aria.

I filtri n° 1 e 4 sono per il blocco delle polveri sottili, il primo a protezione dell’ingresso del sistema di canalizzazione, il secondo a protezione dell’uscita della camera di raccolta.

Il filtro n° 2 è un sistema realizzato per deumidificare il flusso d’aria. È costituito da un cilindro di vetro (500 ml) che favorisce la condensazione e il deposito del vapore acqueo sul fondo del cilindro stesso. L’acqua raccolta è espulsa all’esterno attraverso l’apertura di una valvola di scarico collocata sul fondo.

Il filtro n°3, posto tra il cilindro di condensazione e l'ingresso della camera di raccolta, ha il compito di bloccare i residui d'acqua non intrappolati nel cilindro.

La pompa elettrica tra il cilindro di condensazione e il filtro n°3, è attivata periodicamente o a richiesta, dal dispositivo "Corem-2". In fig. 8 è visibile il tubo per il prelievo dell'aria, che raggiunge di 1,2 m di profondità collocato tra i due contenitori Sarel contenenti la strumentazione e le batterie.

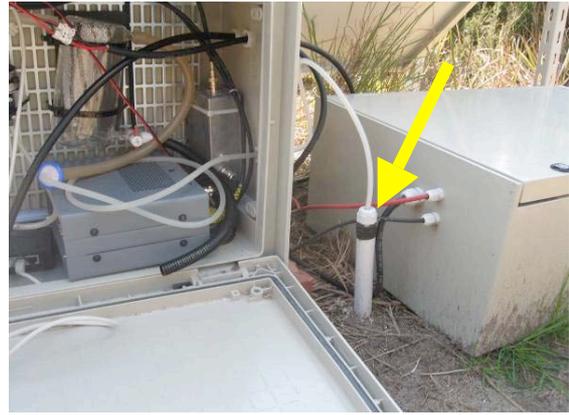


Figura 8. Tubo per il prelievo dell'aria dal terreno.

4. Unità COREM-2

L'unità "Corem" è un dispositivo realizzato presso l'Osservatorio Vesuviano [Rapporto Tecnico n°2 – 2005] e già in uso presso diversi siti della rete sismica permanente. Questo dispositivo permette, tramite comandi via ethernet, di abilitare o disabilitare, in caso di necessità, le alimentazioni dei componenti elettronici. Per l'installazione oggetto del presente rapporto è stata realizzata una nuova implementazione del software al fine di eseguire l'attivazione temporizzata o a richiesta della pompa elettrica per l'immissione aria.

Il sistema di gestione utilizza un controller programmabile dotato di porta Ethernet, per le connessioni con protocollo TCP/IP, ed una interfaccia di potenza con ingressi optoisolati per comandare le linee I/O.

Il dispositivo, in questa nuova versione, è stato denominato "Corem-2".

In dettaglio "Corem-2" è composto da tre sezioni logiche distinte:

1. scheda di controllo di processo appositamente programmata;
2. interfaccia di I/O che connette il controller ai dispositivi da gestire;
3. interfaccia di gestione software per l'interconnessione.

Il controllo di processo è basato su una scheda con processore Rabbit serie 2200. Il dispositivo, tramite l'invio di comandi su rete internet, consente operazioni di transizione ON/OFF dell'unità di controllo del rivelatore RaMonA e permette di configurare gli intervalli di attivazione temporizzata della pompa elettrica.

I comandi possono essere inviati tramite l'uso di "telnet" o tramite un' apposita interfaccia grafica software (fig. 9).



Figura 9. Connessione a “Corem-2”: a sinistra visualizzazione di una connessione tramite telnet, a destra visualizzazione della connessione con interfaccia grafica.

Di seguito sono elencati i comandi:

1. **ONRL1** : Relè1 ON (Alimentazione ON Unità di Controllo);
2. **OFFRL1** : Relè1 OFF (Alimentazione OFF Unità di Controllo);
3. **RSTRL1** : Riavvio della stazione (attesa per il riavvio 30s);
4. **Showset** : Visualizzazione impostazioni correnti;
5. **Settime TON valueOn TOFF valueOFF** : cambia intervallo di tempo (sec) del timer a valueON e valueOFF;
6. **Disable_Timer** : Disabilita il timer;
7. **Enable_Timer** : Riabilita il timer a valueOn e valueOFF;
8. **STOP_PUMP** : Disattiva la pompa;
9. **START_PUMP** : Attiva la pompa (senza timer);
10. **Reset** : Inizializza alle impostazioni di default (TON=10 min e TOFF 50 min).

L’interfaccia grafica è realizzata in *Java* e quindi è indipendente dalla piattaforma su cui è eseguita. Infatti, essendo *Java* un linguaggio interpretato, basta che su un qualunque sistema operativo sia installata una *Java virtual machine* per consentire il corretto funzionamento dell’applicazione che implementa tale interfaccia.

5. Connessione alla rete Internet

La connessione alla rete Internet è stata realizzata con un collegamento alla rete WiFi dell’Osservatorio Vesuviano. La connessione all’ *AccessPoint* della rete WiFi, che si trova sul costone della Solfatara in corrispondenza della stazione sismica CSOB, è ottenuta con apparati basati su Routerboard MicroTIK (2,4/5GHz). Il router installato in Solfatara consente un throughput massimo dichiarato di 200Mbps ed ha un

Hub interno a 4 porte, tramite il quale è collegato alla stazione multiparametrica (sismica, infrasuoni) CSFT già presente sul sito. Esso è installato all'interno in un contenitore Sarel (20x35x15 cm) fissato al palo dell'antenna della stazione sismica CSFT (fig. 10). Nello stesso contenitore è alloggiato anche l'acquisitore della stazione sismica. L'unità di controllo di RaMonA e l'unità "Corem-2" sono collegati ad un Hub a 5 porte, posto all'interno del contenitore della stazione Radon (fig. 6) che a sua volta, tramite un cavo di rete (3m) per esterno, è collegato all'Hub del Routerboard MicroTIK installato sul palo antenna della stazione sismica SFT.



Figura 10. Al di sopra del contenitore Sarel, contenente il Routerboard MicroTIK, è montata l'antenna patch che punta all'AccessPoint posto sul costone della Solfatara nei pressi della stazione sismica CSOB (fig. 4).

6. Test di funzionamento

La stazione per misure di Radon basata sul rivelatore RaMonA descritta nel presente rapporto è stata installata il 30 Gennaio 2011, nella Solfatara di Pozzuoli. Il sistema è alimentato con una tensione a 12V, ottenuta utilizzando un pannello solare da 140Watt (fig.11) e 2 batterie tampone XESAID SV130 130Ah (fig.12). Il pannello è montato su una struttura realizzata con angolari in ferro. La gestione della carica delle batterie e di eventuali problemi di carico è gestita da un regolatore di carica PROSTAR.

La stazione dalla sua prima installazione ha avuto dei periodi di sospensione per problemi tecnici causati dalla condensa dell'acqua, un fenomeno la cui importanza è risultata superiore alle previsioni. Per questo problema è stato necessario un adeguamento dei filtri.



Figura 11. Pannello solare (60x140cm) inclinato a 30° in direzione Sud. Due contenitori Sarel (23x60x45 cm), che ospitano la strumentazione e le batterie, sono disposti alle spalle della struttura in metallo che sorregge il pannello.



Figura 12. A destra del contenitore con la strumentazione di acquisizione RaMonA è posizionato un secondo contenitore, in cui sono alloggiati le batterie da 130Ah e il regolatore di carica PROSTAR.

In questi primi mesi di funzionamento, considerati come un periodo di test, gli intervalli di attivazione della pompa elettrica sono stati riconfigurati più volte, da remoto, utilizzando l'unità Corem-2, allo scopo di trovare un compromesso tra la frequenza delle misure e la saturazione dei sistemi di filtraggio. Inoltre Corem-2 è stato a volte utilizzato per il reset hardware dell'unità di controllo RaMonA, quando quest'ultima ha perso il collegamento con Internet. Nel periodo di test è stato comunque necessario raggiungere la stazione settimanalmente per il controllo del riempimento del cilindro di condensazione e per il suo svuotamento manuale. A tal proposito è previsto uno sviluppo futuro in cui si farà uso di Corem-2 per l'azionamento dell'apertura di una elettrovalvola di scarico.

I dati della stazione sono acquisiti h24 presso il centro di Monitoraggio dell'Osservatorio Vesuviano, tramite l'apposito programma di acquisizione o direttamente via FTP. In figura 13 è riportato un esempio di registrazione. Sono evidenti due picchi corrispondenti ai conteggi di due discendenti del Radon, Po-218 e Po-214.

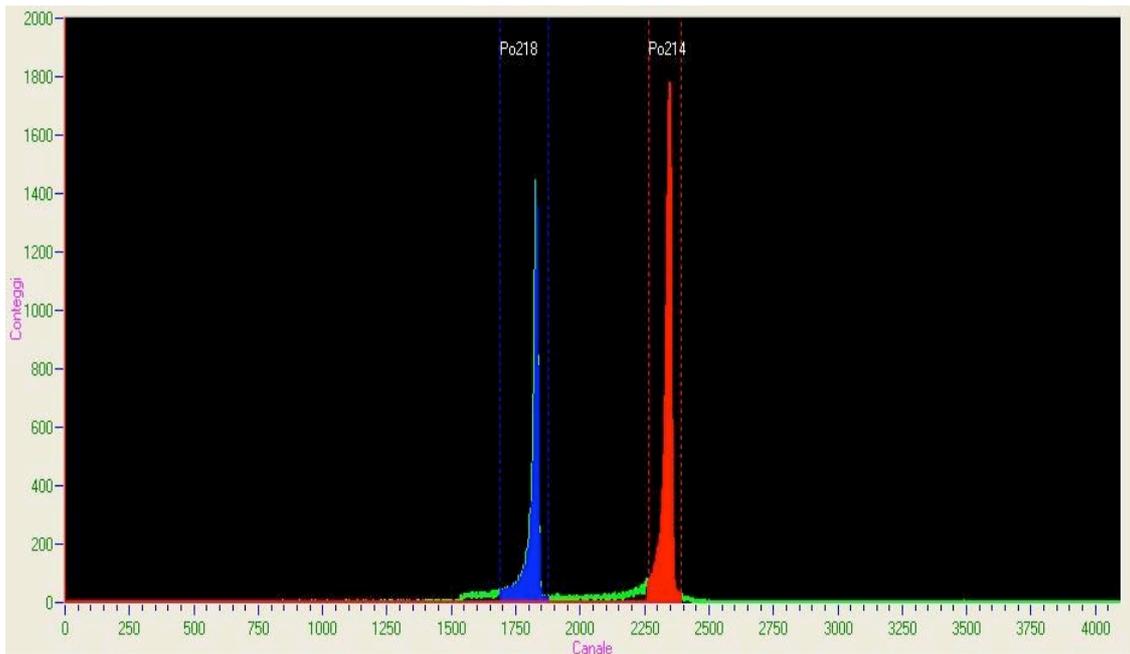


Figura 13. Esempio di registrazione di un spettro conteggi Radon ionizzato sui rivelatori di RaMonA.

In particolare il Po-218, che ha un breve tempo di dimezzamento (3,05 min), permette un tempo minimo di risposta dello strumento di 20 minuti. Attualmente a causa dei problemi sopra descritti avviene ogni 30 minuti tuttavia a regime si confida di poter scaricare gli spettri in continuo con la frequenza massima.

7. Conclusioni

È stata realizzata l'implementazione di una stazione in grado di trasmettere in continuo gli spettri di due prodotti del decadimento del Radon, Po-218 e Po-214. In particolare il Po-218 può fornire una misura ogni 20 minuti. La stazione è basata sul rivelatore di Radon [Pugliese et al., 2000], sviluppato presso la Sezione di Napoli dell'INFN [Tab. 1]. Detto rivelatore ha il vantaggio di consentire misure con base temporale a corto periodo (es. minimo 20 minuti per il Po-218) e quindi particolarmente adatte all'impiego per il monitoraggio in continuo. La stazione è stata ingegnerizzata per consentire l'installazione in un ambiente vulcanico quale la Solfatara di Pozzuoli in cui oltre agli agenti atmosferici svolgono la loro azione aggressiva anche sostanze corrosive tipiche delle emissioni vulcaniche.

L'installazione realizzata nel periodo di test iniziato a gennaio 2011 ha subito diverse modifiche nella sua configurazione, allo scopo di ottimizzare il funzionamento.

Sebbene siano ancora necessari alcuni accorgimenti per gestire in maniera automatica il problema della condensa, che richiede l'intervento periodico del personale ogni 10 giorni circa per lo svuotamento del cilindro di condensazione, attualmente la stazione offre un'adeguata affidabilità ed affianca in via sperimentale i sistemi di misura del flusso di CO₂ in continuo nella Solfatara di Pozzuoli.

Bibliografia

Deino A.L., Orsi G., de Vita S., Piochi M. (2004). The age of the Neapolitan Yellow Tuff caldera – forming eruption (Campi Flegrei caldera- Italy) assessed by $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating method. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 133, 1-4: 157-170.

De Vivo, B., Rolandi, G., Gans, P.B., Calvert, A., Bohrson, W.A., Spera, F.J. & Belkin, H.E (2001). New constraints on the pyroclastic eruptive history of the Campanian volcanic Plain (Italy). *Mineralogy and Petrology* 73, 47–65.

Scarpato G., De Cesare W., Buonocunto C., (2009). Corem, Unità di Controllo di Sistemi non presidati. Rapporto Tecnico n°2 – 2005, Osservatorio Vesuviano.

De Natale, G., C. Troise, F. Pingue, G. Mastrolorenzo, L. Pappalardo, M. Battaglia, and E. Boschi (2006). The Campi Flegrei caldera: Unrest mechanisms and hazards, *Geol. Soc. London Spec. Publ.*, 269(1), 25–45, doi:10.1144/GSL.SP.2006.269.01.03.

Chiodini, G., M. Todesco, S. Caliro, C. Del Gaudio, G. Macedonio, and M. Russo (2003). Magma degassing as a trigger of bradyseismic events: The case of Phlegrean Fields (Italy), *Geophys. Res. Lett.*, 30(8), 1434, doi:10.1029/2002GL016790.

D’Auria, L., F. Giudicepietro, I. Aquino, G. Borriello, C. Del Gaudio, D. Lo Bascio, M. Martini, G. P. Ricciardi, P. Ricciolino, and C. Ricco (2011). Repeated fluid-transfer episodes as a mechanism for the recent dynamics of Campi Flegrei caldera (1989–2010), *J. Geophys. Res.*, 116, B04313, doi:10.1029/2010JB007837.

A.M. Esposito, M. Ambrosio, E. Balzano, L. Gialanella, M. Pugliese, V. Roca, M. Romano, C. Sabbarese (2005). The ENVIRAD project: a way to control and to teach how to protect from high indoor radon level, *ICS*, 1276 242-244.

Orsi, G., M. A. Di Vito, and R. Isaia (2004). Volcanic hazard assessment at the restless Campi Flegrei caldera, *Bull. Volcanol.*, 66, 514–530.

Orsi, G., S. de Vita, and M. Di Vito (1996). The restless, resurgent Campi Flegrei nested caldera (Italy): Constraints on its evolution and configuration, *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 74, 179–214.

M. Pugliese, G. Baiano, A. Boiano, A. D’Onofrio, V. Roca, C. Sabbarese, P.Vollaro (2000). A Compact Multiparameter Acquisition System for Radon Concentration Studies, *Appl. Rad. and I.* 53,2 (2000) 365, 370.

V. Roca, P.De Felice, A.M. Esposito, M.Pugliese, C. Sabbarese, J. Vaupotich (2004). The influence of environmental parameters in electrostatic cell radon monitor response, *Appl. Rad. and I.* 61, 2-3 243, 247.

Note tecniche

Filtri:

N° 1, 4 : Medical Millex-HA 0.43 microm - Millipore

N° 3 : VACU-GUARD In-Line Disk Filter 5cm - WHATMAN

Tab. 1 - Caratteristiche rivelatore “RaMonA” (Radon Monitoring and Acquisition).

Guadagno	Continuo da 1x a 100x
shaping time	3 μ s
tempo di conversione totale	20 μ s
Deriva termica	< 0.001 %/°C da 20 to 45 °C
non linearità differenziale	< 2% on 95% del fondo scala
non linearità integrale	< 0.01 % on 95% del fondo scala
tensione di raccolta	da 0 a 4kV, 1 mA (controllata da remoto)
interfaccia Ethernet	10 Mbps
batteria ricaricabile	12 V, 6 Ah (circuito)
Sensibilità	0.05 cps/Bq/l
Volume camera di raccolta	785 cm ³
risoluzione energetica	20 keV a 6 MeV
Fondo	praticamente inesistente
Note: fornito di ingresso supplementare per un secondo rivelatore; misura di T, U% e P all'interno ed all'esterno della camera.	

Coordinamento editoriale e impaginazione

Centro Editoriale Nazionale | INGV

Progetto grafico e redazionale

Daniela Riposati | Laboratorio Grafica e Immagini | INGV

© 2011 INGV Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Via di Vigna Murata, 605

00143 Roma

Tel. +39 06518601 Fax +39 065041181

<http://www.ingv.it>



Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia