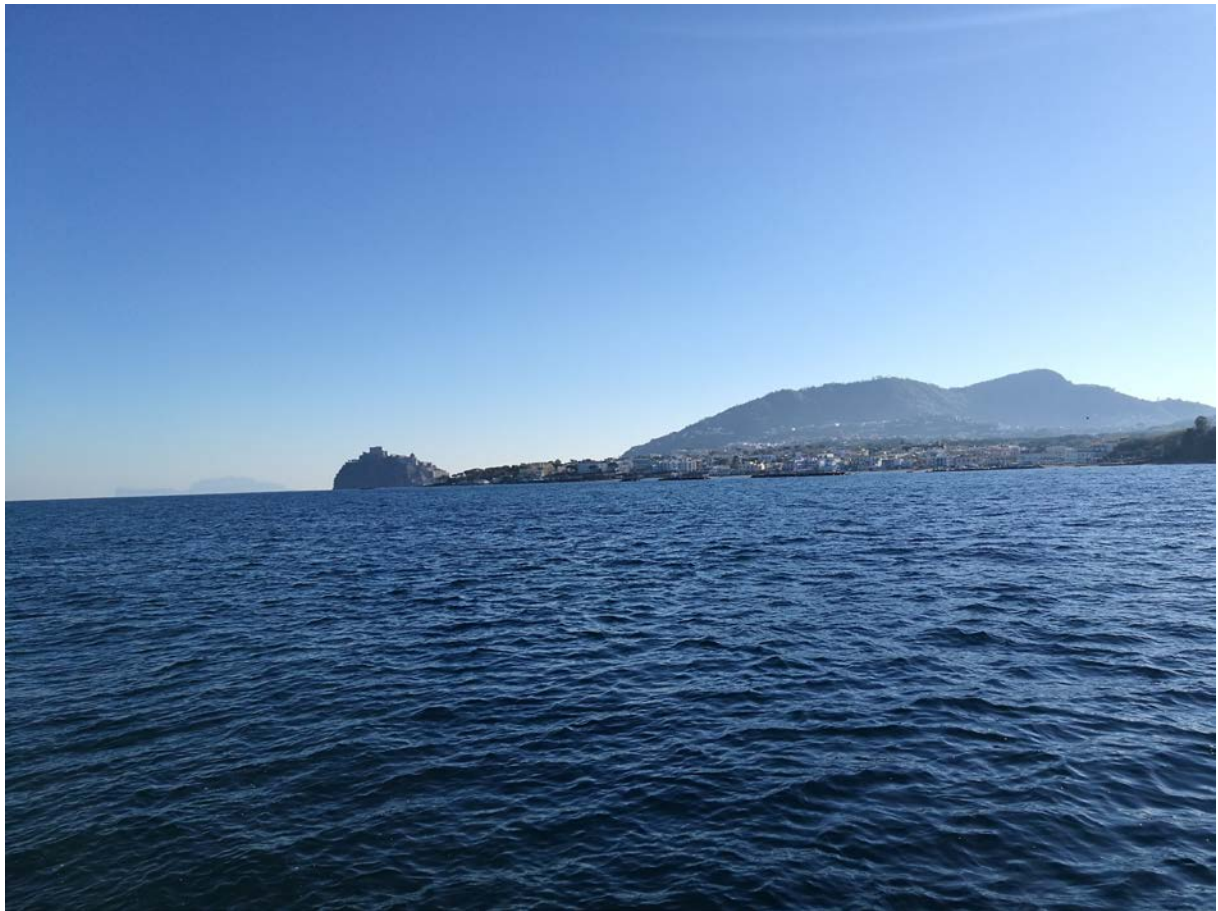


Rapporto finale

Campagna Oceanografica Sismica Magnetica Elettrica Ischia (COSMEI)



N/O Minerva Uno, 29/11/2017 - 06/12/2017

A cura di:

Vincenzo Di Fiore¹, Fabrizio Lirer¹, Francesca Budillon¹, Nicola Pelosi¹, Michele Punzo¹, Giovanni Zeni², Michele Iavarone¹, Paolo Scotto di Vettimo¹, Cristina Barbalucca³

¹IAMC - CNR (Istituto per l'Ambiente Marino Costiero, Napoli)

²IREA - CNR (Istituto per il Rilevamento Elettromagnetico dell'Ambiente, Napoli)

³Università degli studi di Napoli, Federico II

1. Introduzione

La Campagna Oceanografica Sismica Magnetica Elettrica Ischia (denominata "COSMEI") è nata a seguito dell'evento sismico verificatosi alle 20:57 del 21 agosto 2017 Mw 3.9 con epicentro nell'area di Casamicciola, con lo scopo di fornire ulteriori contributi nell'individuazione di strutture vulcano-tettoniche attive nel settore nord marino dell'isola d'Ischia. Il CNR-DTA nell'ambito di tali attività ed in concomitanza delle attività del Centro per la Microzonazione Sismica e delle sue applicazioni (centro MS), ha disposto un piano di indagini a mare necessarie per la ricostruzione di strutture tettoniche e vulcaniche potenzialmente origine di eventi sismici.

La campagna oceanografica COSMEI dell'IAMC-CNR di Napoli, ha predisposto rilievi geofisici di tipo sismico multicanale, magnetico differenziale, di resistività elettrica, Chirp e Multibeam nel settore marino nord-orientale dell'isola d'Ischia. Le attività di acquisizione sono state condotte utilizzando la N/O Minerva Uno del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR).

L'obiettivo finale di tale studio è quello di fornire nuovi elementi geofisici finalizzati a migliorare la conoscenza dell'evoluzione geologica di questo settore dell'isola. In tale contesto, l'interpretazione geologico-strutturale dei profili sismici multicanale combinata col dato magnetometrico e di resistività elettrica ha lo scopo di migliorare la conoscenza dell'area nord-orientale dell'isola che risulta controllata da complessi vulcano-tettonici.

La città di Casamicciola in particolare, è caratterizzata da una sismicità attiva (associata ad un'instabilità ciclica del pendio); ad esempio il terremoto che ha interessato l'isola il 21 agosto 2017 ha causato una deformazione del suolo con un valore di abbassamento massimo di circa 4 cm, tra Casamicciola Terme e la base di Monte Epomeo (fonte <http://irea.irea.cnr.it>). L'analisi strutturale dei depositi vulcanici degli affioramenti di Casamicciola ha messo in evidenza la presenza di due differenti lineamenti tettonici. Il primo, più antico, ad andamento N-NNE che interessa rocce piroclastiche di età superiore ai 35000 anni. Il secondo, che si verifica lungo la direzione NNW, sembra interessare anche le formazioni più giovani (Aiello, 2017). Anche il corrispettivo settore marino di Casamicciola si contraddistingue per eventi tettonici e vulcano-tettonici e per intensi processi di instabilità gravitativa.

2. Inquadramento geologico

L'isola d'Ischia si trova a circa 33 km a Sud-Ovest di Napoli, ha una superficie di 46,3 km². L'isola rappresenta un complesso vulcanico alcalino-trachitico, la cui attività eruttiva è cominciata fino dal tardo Pleistocene (Vezzoli, 1988). Le rocce più antiche risalgono a circa 150.000 anni ed affiorano in diversi settori della fascia costiera dell'isola, principalmente nel settore sud-est in corrispondenza della "Scarrupata di Barano".

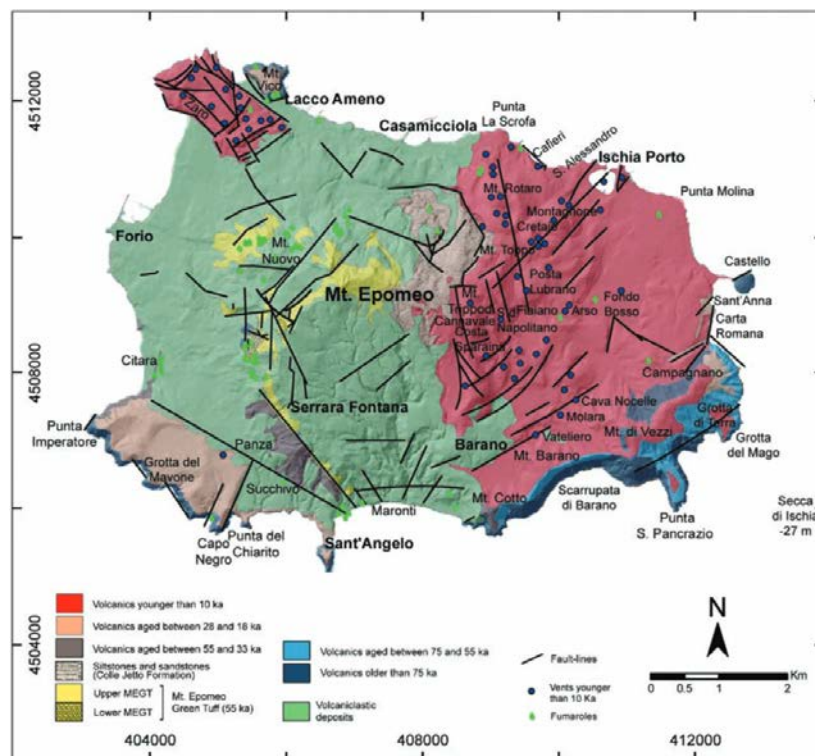


Figura 1. Carta geologica schematica di Ischia (modificata da Orsi et al., 2003, da ARC, 2016).

I rilievi geologici hanno suggerito la presenza di una caldera risorgente, larga circa 10 km, dove l'attività eruttiva è stata associata all'attività tettonica dando luogo al sollevamento lungo le faglie del Monte Epomeo (Orsi et al., 1991). Sono stati riconosciuti cinque cicli eruttivi, che vanno dall'età di 135.000 anni fino ai tempi recenti. In particolare, la tettonica estensionale correlata al sollevamento tettonico del blocco del Monte Epomeo è stata interpretata come una risorgenza intra-calderica (Acocella e Funicello, 1999) e geneticamente connessa alla sismicità superficiale, innescando anche instabilità gravitative

sul rilievo dell'Epomeo. Larga parte del territorio ischitano, infatti, è interessata da fenomeni franosi che avvengono come risposta superficiale a uno stato di disequilibrio gravitativo innescato da deformazioni profonde [de Vita et al., 2006; Della Seta et al., 2012]. L'allineamento dei centri eruttivi che hanno dato origine alle isole flegree, tra cui Ischia, si inserisce in due principali lineamenti strutturali. Il primo, più antico, ad andamento E-W, mentre il secondo ad andamento ENE-WSW, come l'allineamento Ischia-Procida-Campi Flegrei. La somma di diversi campi di stress deve essere aggiunta alla deformazione regionale, che è dominata dal sollevamento del Blocco del monte Epomeo, controllato dalle faglie normali (Acocella e Funiciello, 1999; Tibaldi e Vezzoli, 1998). Ischia è stata sede di attività sismica fin dall'antichità come riportato da fonti storiche. Il più grosso terremoto prodotto negli ultimi secoli è quello di Casamicciola del 1882 (Carlino et al., 2010) generatosi lungo le faglie che bordano a N il blocco risorgente del Monte Epomeo.

Il settore offshore di Ischia è caratterizzato da diversi edifici monogenici allineati lungo un sistema di faglie ad andamento NW-SE, che collega il settore sud-orientale dell'isola d'Ischia all'isola di Procida e ai Campi Flegrei. Gli edifici vulcanici si sono formati attraverso eruzioni esplosive subacquee. I dati geofisici hanno mostrato la presenza degli edifici vulcanici collassati situati nel settore orientale e sud orientale dell'isola, una porzione del fondo marino caratterizzato da un forte campo di anomalia magnetica residua.

La storia geologica e vulcanologica dell'isola d'Ischia è stata caratterizzata da un evento principale, rappresentato dall'eruzione del Tufo Verde di Monte Epomeo, verificatasi circa 55.000 anni, che ha causato lo sprofondamento della parte centrale dell'isola. Dopo la formazione della caldera del Tufo verde, la stessa fu in seguito interessata da un sollevamento che, nell'arco di 30.000 anni, ha determinato un sollevamento valutato nell'ordine di 800-1100 m (Barra et al., 1992) e la formazione dell'attuale M. Epomeo (Fig.2). Il graben di Ischia si trova nella parte centrale dell'isola e rappresenta una depressione di forma triangolare, situata tra le città di Casamicciola, Barano e Ischia Ponte e delimitata a sud da un sistema di faglie normali (Rittmann, 1930; Forcella et al., 1981; Vezzoli, 1988). L'isola d'Ischia è caratterizzata da una forte attività idrotermale. Queste fonti sono particolarmente abbondanti nelle località di Forio d'Ischia, Casamicciola, Maronti, Carta Romana, Punta del Chiarito, Bagnitiello, Sammontano e Ischia porto. Queste potrebbero coincidere con i punti di potenziale apertura di nuove bocche eruttive.

3. Equipaggio scientifico

La campagna COSMEI è partita il 29 Novembre 2017 ed è terminata il 06 Dicembre 2017. Si riporta nella tabella 1 che segue l'elenco del personale tecnico-scientifico (figura 2) impegnato nelle attività di questa campagna:

PERSONALE	QUALIFICA	COMPETENZE
Vincenzo Di Fiore	Ricercatore - Responsabile della campagna	Geofisico - Capo Missione
Fabrizio Lirer	Ricercatore - Responsabile della campagna	Stratigrafo
Francesca Budillon	Ricercatore	Stratigrafo
Nicola Pelosi	Ricercatore	Geofisico
Giovanni Zeni	Ricercatore	Geofisico
Michele Punzo	Tecnologo	Geofisico
Michele Iavarone	Operatore Tecnico	Tecnico
Paolo Scotto di Vettimo	Collaboratore Tecnico E. R	Tecnico
Cristina Barbalucca	Studente	Tirocinante

Tabella 1 Elenco del personale scientifico



Figura 2. Personale tecnico-scientifico

La campagna si è svolta con la N/O "Minerva Uno" (figura 3), che si colloca per dimensioni tra le principali imbarcazioni da ricerca europee operanti nel Mar Mediterraneo.



Figura 3. N/O "Minerva Uno"

Le principali caratteristiche della nave sono riportate nella tabella seguente (Fonte - <http://www.sopromar.it/it/minervauno.htm>):

Parametro	Misura
Lunghezza F.T.	46.6 m
Larghezza F.O.	9.0 m
Immersione media	3 m
Dislocamento	700 t
Stazza	615 TS
Motorizzazione	2x746 kW
Classe	Special Service
Compartimento	Napoli
Matricola	Costruzione 179

L'imbarco del personale e del materiale tecnico-scientifico ha avuto luogo nel giorno 29/11/2017 nel porto di Napoli. terminate le operazioni doganali si è tenuto un primo

incontro tra i gruppi presenti a bordo per definire il calendario delle operazioni e strategie delle acquisizioni da svolgere nei giorni di campagna.

Il 29 ed il 30 le condizioni meteo avverse non hanno consentito la partenza. Durante questi due giorni è stato verificato corretto funzionamento della strumentazione si è verificato il corretto funzionamento della strumentazione

Allo scopo di ottimizzare la navigazione per una corretta acquisizione del dato geofisico si è deciso di acquisire separatamente prima il dato magnetico, poi quello sismico multicanale ed infine quello geoelettrico. I lavori di acquisizione dati sono cominciati il 02 dicembre: le operazioni di acquisizione di dati magnetometrici sono terminate il giorno 03 Dicembre. Dal giorno 03 al giorno 05 Dicembre sono state realizzate le operazioni di acquisizione dati sismici marini multicanali con sorgente Sparker. Il giorno 05 sono state eseguite acquisizioni geoelettriche marine.

Alle 06:00 del 06/12/2017 sono terminati tutti i lavori ed è cominciato il trasferimento verso il porto di Napoli.

Lo sbarco del personale è avvenuto la mattina del 06/12/2017

4. Cronoprogramma attività

29/11/2017

Imbarco personale e materiale. Riunione di pianificazione della campagna. Settaggio e calibrazione della strumentazione sismica, geoelettrica e magnetometrica.

Standby meteo

30/11/2017

Standby meteo

01/12/2017

Standby meteo

02/12/2017

ore 07:30 UTC trasferimento dal porto di Napoli verso area di lavoro. Ore 11:37 UTC inizio delle operazioni di acquisizione Chirp e magnetico. Ore 20:40 UTC interruzione acquisizione per rottura cavo di supporto al magnetometro. Ore 22:12 UTC ripresa acquisizione dati magnetici

03/12/2017

ore 01:35 UTC standby meteo: spostamento a ridosso dell'isola di Ischia in attesa del miglioramento delle condizioni meteo. Ore 06:00 UTC ripresa delle operazioni di acquisizione dati Chirp e magnetici. Ore 11:31 UTC interruzione acquisizione per problema alla staffa del magnetometro. Ore 12:53 UTC ripresa delle attività di acquisizione dati magnetici. Ore 19:14 UTC si terminano le operazioni di acquisizione dati magnetici. Inizio approntamento strumentazione per acquisizione dati sismici multicanali. Ore 22:05 UTC cominciano le operazioni di acquisizione dati sismici multicanali.

04/12/2017

Continuano le operazioni di acquisizione dati sismici multicanali.

05/12/2017

Continuano le operazioni di acquisizione dati sismici multicanali. Ore 08:56 UTC fine delle acquisizione sismica multicanale. Ore 09:44 UTC sonda CTD. Inizio approntamento strumentazione per acquisizione dati geoelettrici. Ore 13:17 UTC inizio acquisizione geoelettrica. Ore 22:23 UTC fine dell'acquisizione geoelettrica. Ore 23:10 UTC acquisizione geoelettrica verticale con calibrazione dati attraverso sonda CTD.

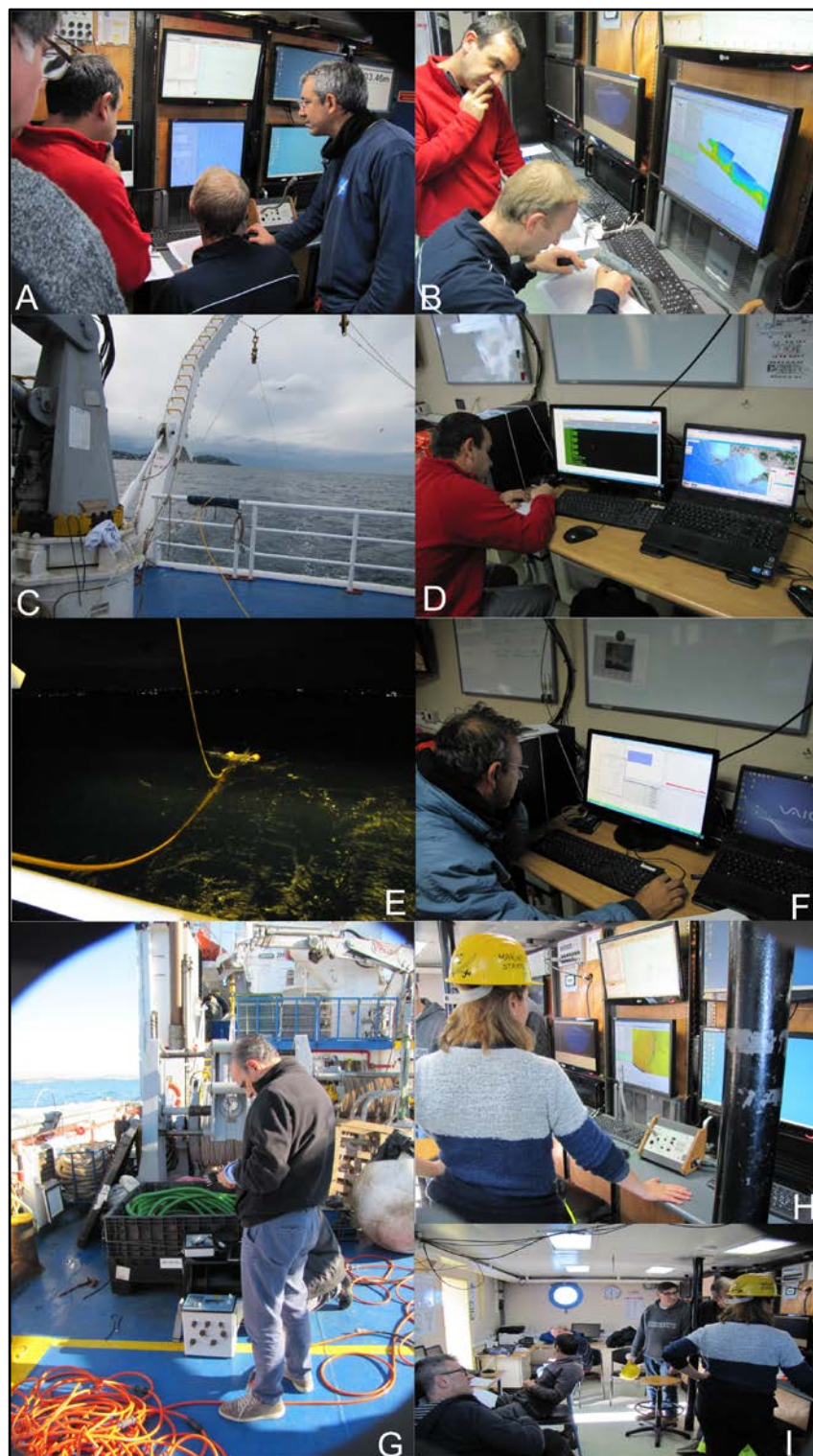


Figura 4. Fasi operative di bordo: A) Preparazione piano di navigazione; B) Strategie di ottimizzazione del piano di navigazione; C) Magnetometro marino durante le fasi di acquisizione dati; D) Controllo dati magnetici; E) Sorgente sismica "Sparker" durante le fasi di acquisizione dati; F) Controllo dati sismici; G) Preparazione cavo geoelettrico (arancione)

dopo aver recuperato il cavo sismico (verde); H) Controllo dato multibeam; I) Laboratorio acquisizione dati.

5. Acquisizione ed esempio di dati

Le prospezioni sismiche sono state effettuate con un cavo di ricezione GeoEel Solid™ della Geometrics, a 24 canali, lunghezza totale sezione attiva 75 metri, più 25 metri di cavo di traino (figura 5b). L'unità di registrazione è costituita da un sismografo GEODE Geometrics. La sorgente sismica è stata uno Sparker Geo-Resources 1500J (figura 5a).

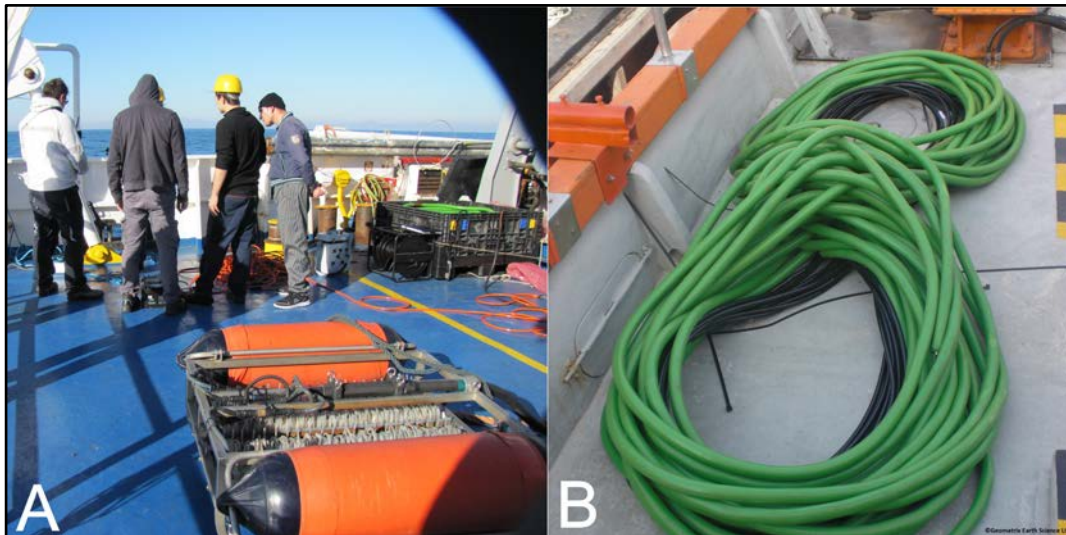


Figura 5. A) sorgente sismica Sparker; B) Cavo sismico marino multicanale

In termini generali l'obiettivo di tale indagine è quella di risalire alla disposizione geometrica e alle proprietà elastiche dei litotipi presenti al di sotto della zona di indagine attraverso lo studio dei sismogrammi e l'individuazione dei tipi di onda (figura 6).

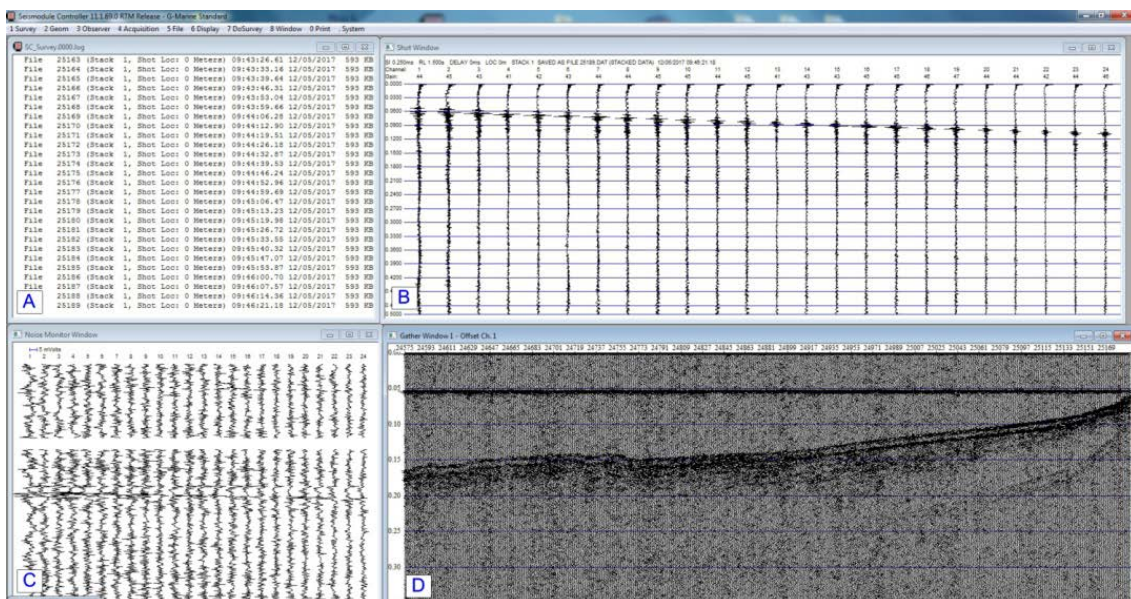


Figura 6. Acquisizione dato sismico. A) Registrazione file sismici; B) Registrazione record sismico; C) Noise monitor delle tracce; D) Sezione sismica "Near trace": i dati acquisiti hanno un buon rapporto segnale/rumore

In totale sono state realizzate 26 linee sismiche per un totale di circa 200 Km. In figura 7 sono rappresentate le localizzazioni delle linee sismiche.

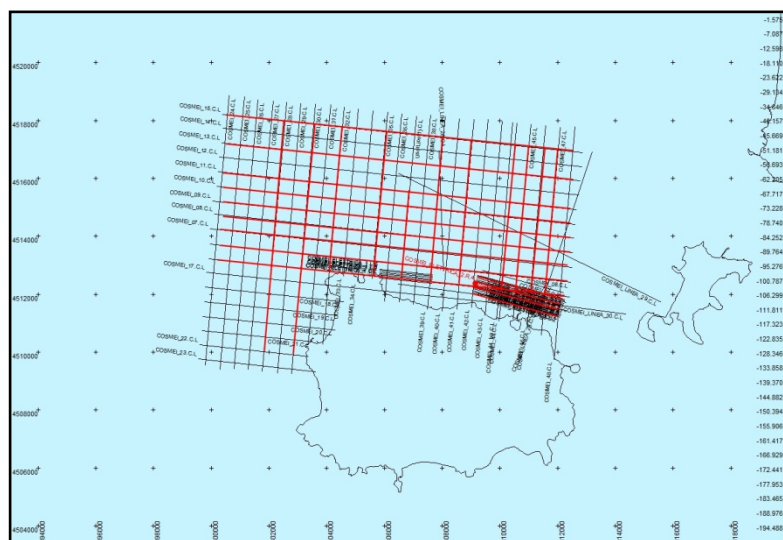


Figura 7. Linee rosse: localizzazione indicativa delle linee sismiche acquisite

La prospezione magnetica è stata effettuata mediante due magnetometri in configurazione gradiometrica di tipo Overhouser SeaSpy2 della marine Magnetics (figura 8).



Figura 8. Magnetometro Overhouser SeaSpy2

L'obiettivo di tale indagine è la conoscenza dei corpi magnetici superficiali (figura 9).



Figura 9. Chiare evidenze di anomalie magnetiche nel settore nord marino dell'isola d'Ischia

In totale sono state realizzate 38 linee magnetiche per un totale di circa 160 Km. In figura 10 sono rappresentate le localizzazioni delle linee magnetiche.

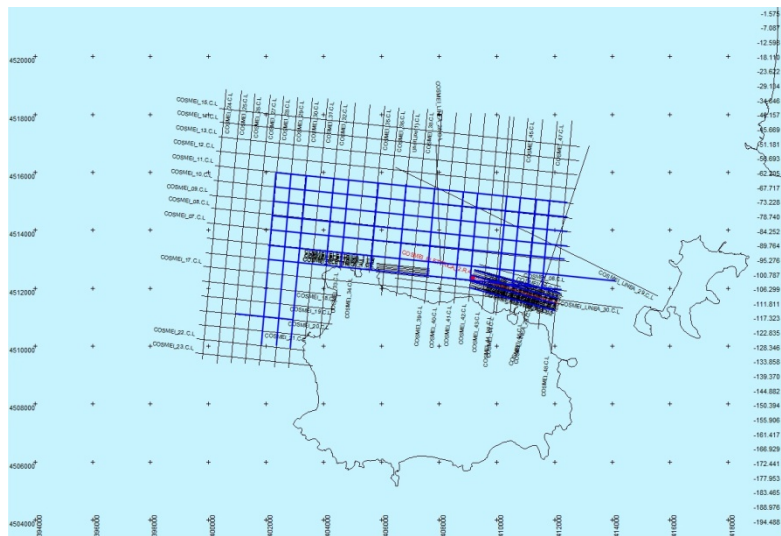


Figura 10. Linee blu: localizzazione indicativa delle linee magnetiche

I profili geoelettrici sono stati acquisiti applicando il metodo di resistività ed il metodo della polarizzazione indotta. La prospezione elettrica è stata realizzata utilizzando il georesistivimetro SYSCAL-Pro Switch (figura 11) equipaggiato con cavo marino in PUR arancione con 16 uscite in grafite e rinforzo interno in Kevlar, spaziatura 5 metri (13 utilizzabili simultaneamente). La configurazione utilizzata è stata la Wenner reciproca.



Figura 11. Georesistivimetro SYSCAL-Pro Switch con osservazione in tempo reale dei dati acquisiti.

Il metodo geoelettrico consiste nella determinazione sperimentale dei valori di resistività elettrica che caratterizza il sottosuolo (figura 12). La conoscenza dei valori di resistività, per differenti tipi di materiali nel sottosuolo, è di estrema importanza per ottenere, da questa distribuzione di resistività, una descrizione geologica dell'area d'indagine e l'identificazione di aree a forte gradiente termico.

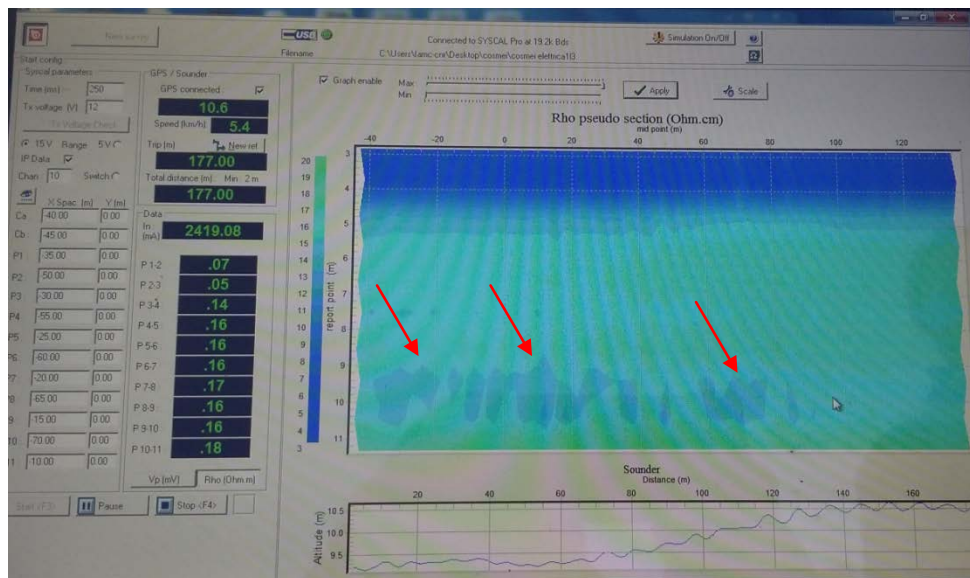


Figura 12. Anomalie geoelettriche individuate nel settore costiero di Ischia.

In totale sono state realizzate 16 linee geoelettriche per un totale di circa 50 km. In figura 13 sono rappresentate le localizzazioni delle linee sismiche.

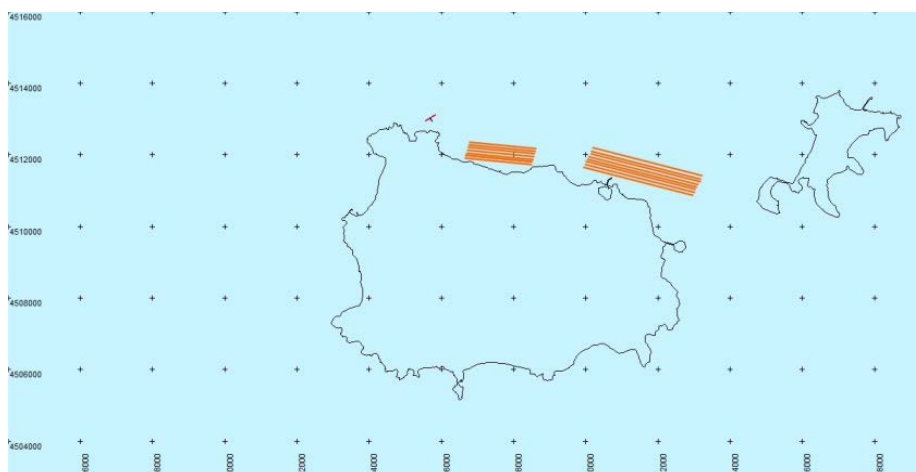


Figura 13. Linee arancioni: localizzazione indicativa delle linee geoelettriche

Si specifica, inoltre, che per tutte le linee realizzate, sono state eseguite contemporaneamente sia acquisizioni di sismica superficiale (CHIRP) (figura 14) che morfobatimetriche (Multibeam) (figura 15).

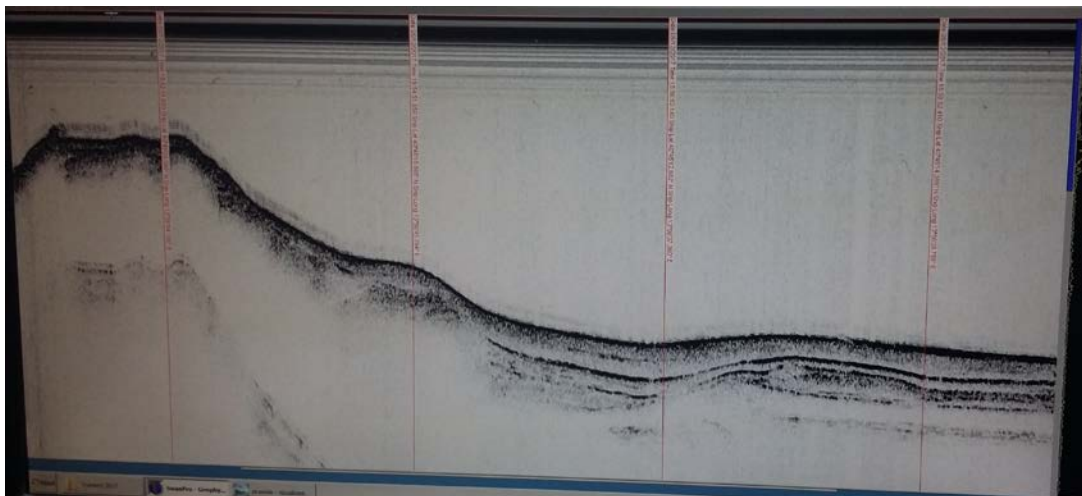


Figura 14. Esempio di profilo sismico Chirp

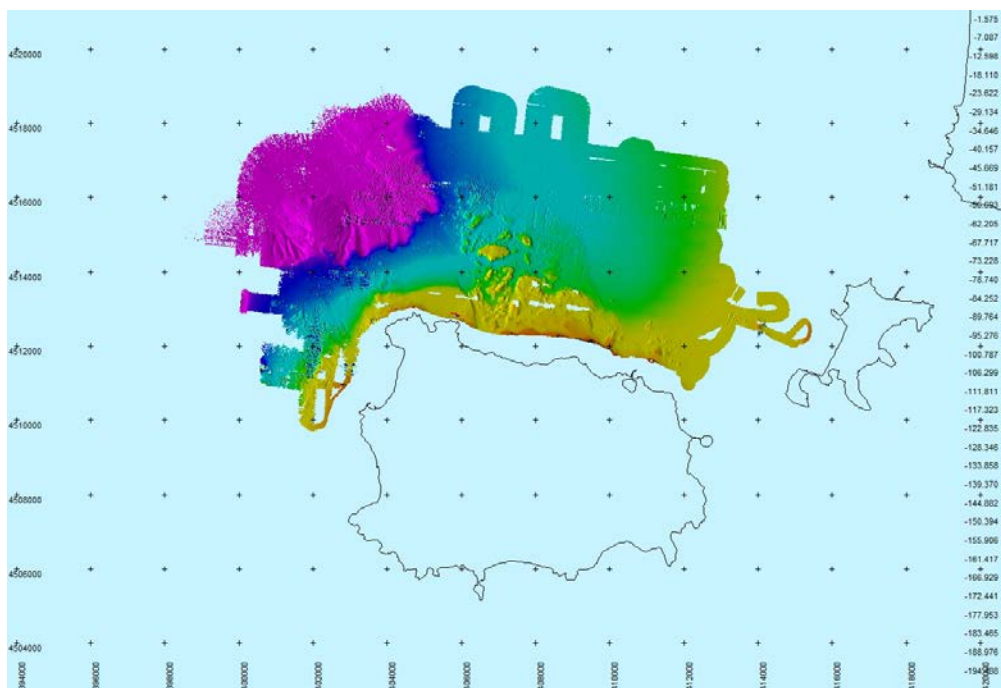


Figura 15. Visualizzazione dell'area acquisita con Multibeam.

Conclusioni

La qualità dei dati geofisici risulta complessivamente molto buona. I profili geofisici sono stati acquisiti lungo rotte sia parallele alla linea di costa che perpendicolarmente ad essa al fine di ottenere dati da elaborare mediante tecniche 2D e 3D.

Durante i 7 giorni di campagna sono stati acquisiti:

- circa 200 Km di prospezioni sismiche ad alta risoluzione multicanale;
- circa 160 Km di prospezioni magnetiche differenziali;
- circa 50 Km di prospezioni geoelettriche;
- circa 200 km di linee Chirp;
- indagini multibeam su tutta l'area navigata.

L'analisi preliminare dei dati acquisiti ha permesso di evidenziare come l'elaborazione del dato sismico consentirà una precisa ricostruzione della stratigrafia del sottosuolo; i dati geoelettrici e magnetici hanno messo in luce la presenza di diverse anomalie nel settore nord-occidentale dell'isola d'Ischia

L'integrazione di questi dati con quelli di morfo-batimetria ad alta risoluzione e di sismostratigrafia superficiale (Chirp) consentirà di migliorare la conoscenza della fascia costiera nord-orientale dell'isola che è controllata da complessi e diversi eventi vulcanici-tettonici.

Ringraziamenti

Siamo grati al comandante e all'equipaggio della N/O "Minerva Uno", per la professionalità e disponibilità durante i lavori. Un ringraziamento particolare va al CIO del CNR ed al Direttore del DTA, dott. Fabio Trincardi per il supporto e la rapida disponibilità.

Per l'esecuzione di tali attività sono stati utilizzati e testati sperimentalmente anche realizzazioni prototipali provenienti dai Progetti PON STIGEAC E PITAM e per tale motivo si desidera ringraziare il dott. Ennio Marsella, Responsabile scientifico dei suddetti progetti.

Bibliografia

Aiello, G. (2017) The Geophysical and Geological Setting of Northern Ischia Island (Naples Bay, Southern Tyrrhenian Sea, Italy) Based on High Resolution Seismic Reflection Profiles. In book: Horizons in World Physics, Vol. 292, Chapter 2, Publisher: Nova Science Publishers, Editors: Albert Reimer

ARC, Ambiente Rischio Comunicazione (2016). Il vulcano Ischia. Quadrimestrale di analisi e monitoraggio ambientale, ISSN 2240-1520

Acocella, V., Funiciello R. (1999). The interaction between regional and local tectonics during resurgent doming: the case of the island of Ischia, Italy. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 88 (1/2): 109-123.

Barra, D., Cinque, A., Italiano, A., Scorziello, R. (1992). Il Pleistocene superiore marino di Ischia: paleoecologia e rapporti con l'evoluzione tettonica recente. *Studi Geol. Camerti*, 1: 231-243.

Carlino S., Cubellis E., Marturano A. (2010). The catastrophic 1883 earthquake at the island of Ischia (southern Italy): macroseismic data and the role of geological conditions. *Nat. Hazards*, 52-231-247.

de Vita S., Sansivero F., Orsi G., Marotta E. (2006). Cyclical slope instability and volcanism related to volcano-tectonism in resurgent calderas: The Ischia island (Italy) case study". *Engin. Geol.*, 86:148-165.

Della Seta M., Marotta E., Orsi G., De Vita S., Sansivero F., Fredi P. (2012). Slope instability induced by volcano-tectonics as an additional source of hazard in active volcanic areas: the case of Ischia island (Italy). *Bull. Volcanol.*, 74:79-106

Forcella, F., Gnaccolini, M., Vezzoli, L. (1981). Stratigrafia e sedimentologia dei depositi piroclastici affioranti nel settore sud-occidentale dell'isola d'Ischia. *Rivista Italiana Paleontologia e Stratigrafia*, 87: 329-366.

Orsi, G., Gallo, G., Zanchi, A. (1991). Simple shearing block-resurgence in caldera depressions. A model from Pantelleria and Ischia. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 47: 1-11.

Rittmann, A. (1930). *Geologie der Insel Ischia*. Ergbn VI fur Vulk, Berlin.

Tibaldi, A., Vezzoli, L. (1998). The space problem of a caldera resurgence: An example from Ischia Island, Italy. *Geologische Rundschau*, 87, 53-66, doi: 10.1007/s005310050189.

Vezzoli, L (1988). Island of Ischia. *CNR Quaderni de La ricerca scientifica*, 114-10, 122 pp.