

Campagna Oceanografica

SAFE_2014

*Salvatore Passaro, Roberta Laterza, Guido Ventura, Luciano Giannini, Stella
Tamburrino, Serena Gherardi, Biagio De Luca*



Rapporto tecnico e delle attività

Nave Oceanografica Urania, Consiglio Nazionale delle Ricerche
(22/08/2014-01/09/2014)

IAMC - CNR - IAMC	
Tit. I.5	Cl. ARCHIVIO E F:
N. 0000346	15/01/2015



Campagna Oceanografica

SAFE_2014

*Salvatore Passaro, Roberta Laterza, Guido Ventura, Luciano Giannini, Stella
Tamburrino, Serena Gherardi, Biagio De Luca*



Rapporto tecnico e delle attività

Nave Oceanografica Urania, Consiglio Nazionale delle Ricerche
(22/08/2014-01/09/2014)

**E intanto passa stu noveciento
passammo nuje, s'acconcia 'o tiempo
si arape 'o stipo saje addò' staje
e nun te scuordà maje.**

**E intanto passa stu noveciento
cammisa 'a fora 'ncuorpo t'o ssiente
e riest all'ierta tutt'a nuttata
pensanno addò' si' stat.**

(Lazzari Felici, Pino Daniele).

Campagna Oceanografica SAFE_2014

Rapporto tecnico e delle attività

Sommario

Indice delle figure.....	5
Indice delle tabelle	5
Parte 1 – Introduzione al survey e metodi utilizzati.....	6
Introduzione e scopo scientifico del lavoro	6
Personale partecipante e mansioni svolte a bordo	9
Stato dell’arte	10
Progetti di afferenza della campagna oceanografica	12
Elementi di morfodinamica e geodinamica del Golfo di Napoli	14
Strumentazioni utilizzate.....	16
Ecoscandaglio multifascio.....	16
Sistema Subbottom Chirp Profiler	17
Sistema Sparker.....	18
Sonda multi-parametrica	18
Magnetometro G811/813 (Geometrics)	20
ROV (Remotely Operated underwater Vehicle).....	20
Benna Van Veen	22
Box Corer.....	22
Parte 2 – Dati acquisiti e risultati preliminari.....	23
Esplorazione geofisica.....	24
Riassunto finale delle attività e futuri scenari di SAFE_2014.....	30
Ringraziamenti	30
Riferimenti bibliografici.....	31
All. 1 - Estratto del diario di bordo	35

Indice delle figure

Fig. 1 – Schema strutturale semplificato del Golfo di Napoli. Da D’Argenio et al., 2004, modificato.....	6
Fig. 2 – Morfologia e carta delle anomalie magnetiche residue del Golfo di Napoli (Aiello et al., 2005, modificato).....	7
Fig. 3 - Risultati del tow-yo della C/O Aeolian_07 (Lupton et al., 2011).....	8
Fig. 4 - Rilevamento delle emissioni nel Golfo di Napoli (da Passaro et al., 2014).....	10
Fig. 5 - Rilevamento delle emissioni nel Golfo di Napoli (da Passaro et al., 2014).....	12
Fig. 6 - Quadro morfo-strutturale del Golfo di Napoli (Bruno et al., 2003).....	15
Fig. 7 - Schema delle connessioni strumentali del sistema EM710 della Kongsberg.....	17
Fig. 8 - Subbottom Chirp Profiler e Sparker Georesources	18
Fig. 9 - Dettaglio dell’acquisizione di un profilo sparker campagna SAFE_2014mpio di	18
Fig. 10 - Esempio di profilo CTD acquisito su calata verticale	19
Fig. 11 - Sonda CTD 911 PLUS con bottiglie Niskin	20
Fig. 12 - ROV Pollux III	21
Fig. 13 - Benna Van Veen (sinistra) Box Corer (destra)	22
Fig. 14 - Poligono di ricerca per la parte geofisica Campagna SAFE_2014	23
Fig. 15 - Emissioni rilevate durante la campagna SAFE_2014	24
Fig. 16 Modello Digitale del Terreno (DTM) nella zona del rilievo.....	25
Fig. 17 - Rotte di acquisizione dei profili Sparker	26
Fig. 18 - Rotte di acquisizione dei profili Chirp	26
Fig. 19 - Profilo chirp sul Banco della Montagna	27
Fig. 20 - DTM del Banco della Montagna	27
Fig. 21 - Campionature campagna SAFE_2014 zona nord del Golfo di Napoli.....	28
Fig. 22 - Punti di emissione rilevati durante la campagna SAFE_2014	29
Fig. 23 - Provette utilizzate per il campionamento dei fluidi.	29

Indice delle tabelle

Tab. 1 - Tab. 1 – Elenco personale e mansioni svolte a bordo	9
Tab. 2 - Caratteristiche tecniche del Multibeam Kongsberg EM710.....	16
Tab. 3 - Specifiche generali della sonda CTD.....	19
Tab. 4 - Caratteristiche tecniche ROV Pollux III	21

Parte 1 – Introduzione al survey e metodi utilizzati

Introduzione e scopo scientifico del lavoro

A fronte di un'intensa e profonda attività di ricerca, in ambito petrologico, vulcanologico, geochimico e geodinamico, in relazione all'evoluzione e alle caratteristiche del vulcanismo e delle strutture regionali nell'area mediterranea, poco sforzo è stato speso per un'adeguata comprensione e conoscenza dei processi di risalite di fluidi che interessano aree estremamente complesse, dal punto di vista geologico, come quella del settore SE del Mar Tirreno. Negli ultimi decenni numerose ricerche hanno evidenziato che le risalite di fluidi sui fondali marini ed oceanici, sia calde che fredde, sono fenomeni globalmente estesi, con importanti implicazioni geologiche, biologiche e biochimiche. In corrispondenza dei margini continentali, che rappresentano ambienti

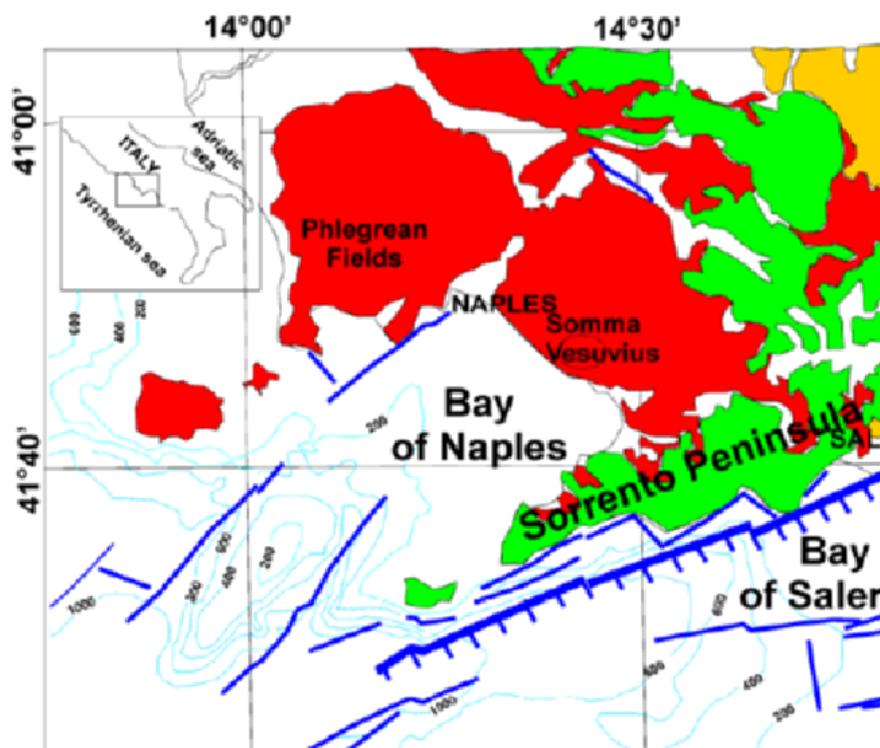


Fig. 1 – Schema strutturale semplificato del Golfo di Napoli (D'Argenio et al., 2004).

geologici particolarmente attivi dal punto di vista della dinamica della circolazione profonda, la risalita di fluidi si verifica in vari contesti geodinamici ed è generalmente connessa con una serie di fenomenologie che includono: sistemi di circolazione freatica profonda, formazione di camini e condotti, faglie poligonali, formazione di processi diapirici con caoticizzazione dei sedimenti

incassanti; processi d'instabilità sedimentaria (frane sottomarine di varia tipologia), forme di fondo tipo pockmarks, vulcani di fango e circolazione periferica in giacimenti di idrocarburi.

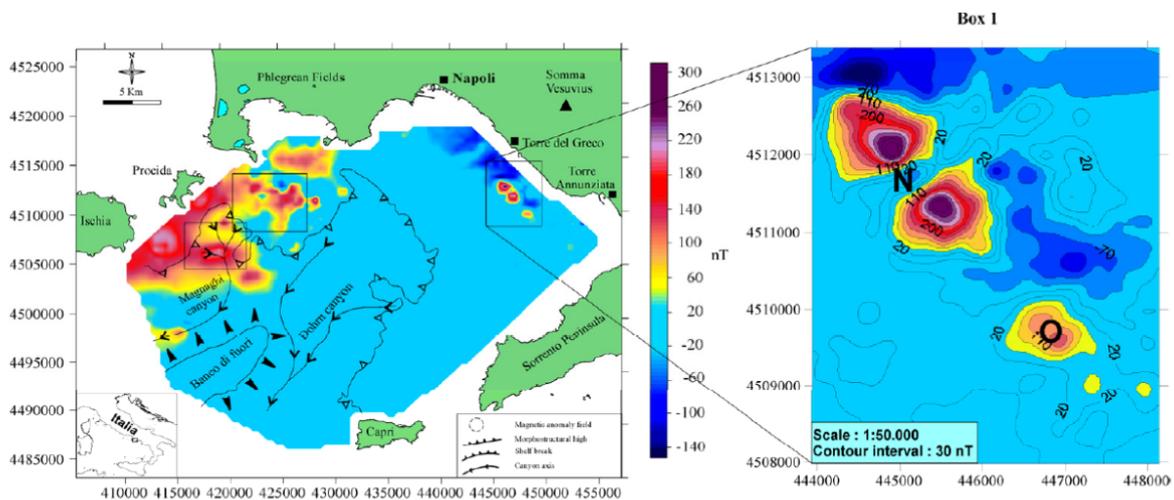


Fig. 2 – Morfologia e carta delle anomalie magnetiche residue del Golfo di Napoli (Aiello et al., 2005, modificato).

Esistono varie metodologie comunemente utilizzate per lo studio dei flussi di fluidi, tra cui l'analisi geochimica di campioni di carotaggio, fluidi interstiziali ed acqua all'interfaccia con il fondo mare, rilievi side-scan-sonar, misure del flusso di calore. Uno dei metodi più affidabili in ambiente subacqueo è tuttavia rappresentato dall'indagine sismica a riflessione che è in grado di fornire immagini di elevata risoluzione di porzioni significativamente grandi del sottofondo mare ed indicazioni sulle principali strutture e sull'architettura stratigrafica di una determinata area. La campagna oceanografica SAFE (Seafloor Acoustic detection of Fluid Emissions) si proponeva di fornire un primo approccio sistematico al censimento e alla caratterizzazione delle principali aree di emergenza di flussi di fluidi localizzati al fondo mare nel Golfo di Napoli, tramite la messa in opera della prima esplorazione diretta (localizzazione e cartografia) delle emissioni di fluidi in quest'area. Allo stato dell'arte risulta ancora poco spinta la ricerca in tal verso e in particolare rispetto alla cartografia e caratterizzazione geologico/geochimica delle emissioni di fluidi in ambiente sottomarino, anche se negli ultimi anni molto si è spinto nel verso della valutazione dei depositi idrotermali di ambiente profondo e medio-profondo allo scopo di un potenziale sfruttamento dei giacimenti di metalli preziosi (ad es., Caratori Tontini et al., 2014; Ligi et al., 2014). Paradossalmente, ricerche mirate alla cartografia di emissioni sottomarine in un'area ad alto rischio come il Golfo di Napoli non sono ancora state messe in opera. Una ricerca "strutturata", focalizzata ad un survey sistematico delle attività idrotermali potenzialmente presenti nell'area meridionale del mar Tirreno, in particolare in acque profonde, è stata condotta

nel 2007 con la Campagna Oceanografica denominata “Aeolian_2007” dai ricercatori dell’IAMC. La campagna, condotta in collaborazione con ricercatori dell’Osservatorio Vesuviano (INGV, Napoli) con il gruppo di ricercatori del NOAA (Seattle) e del GNS (Lower Hutt), considerato leader nel campo delle ricerche di plumes idrotermali in aree geodinamicamente attive del pianeta (Arco delle Marianne, Arco Egeo, area di Tonga, etc.), è stata basata sul concetto di esplorazione mediante l’utilizzo di una sonda multiparametrica in grado di rilevare in tempo reale le concentrazioni di CH_4 , O_2 , CO_2 , light backscatter della colonna d’acqua, temperatura, salinità, oltre al prelievo di campioni per indagini geochimiche (in particolare la quantificazione del rapporto He^3/He^4). Tali collaborazioni hanno avuto la duplice ricaduta di produrre una decisa spinta nel verso dell’interesse dell’IAMC per la ricerca nel campo delle emissioni di fluidi sottomarine e la generazione di un *know-how* geofisico-geologico-geochimico in termini di studio dei settori di emissione dei fluidi per la loro caratterizzazione e contestualizzazione geologica. Su tali basi, ci si propone di tradurre tale esperienza della campagna “Aeolian_2007” (Fig. 3) in un’investigazione sistematica delle emissioni del Golfo di Napoli, effettuata attraverso prospezioni acustiche della colonna d’acqua, campionature di sedimento, campionature della colonna d’acqua ed esplorazione geofisica, allo scopo di localizzare, cartografare e caratterizzare (anche dal punto di vista geochimico) i centri di emissione di fluidi presenti nel Golfo di Napoli.

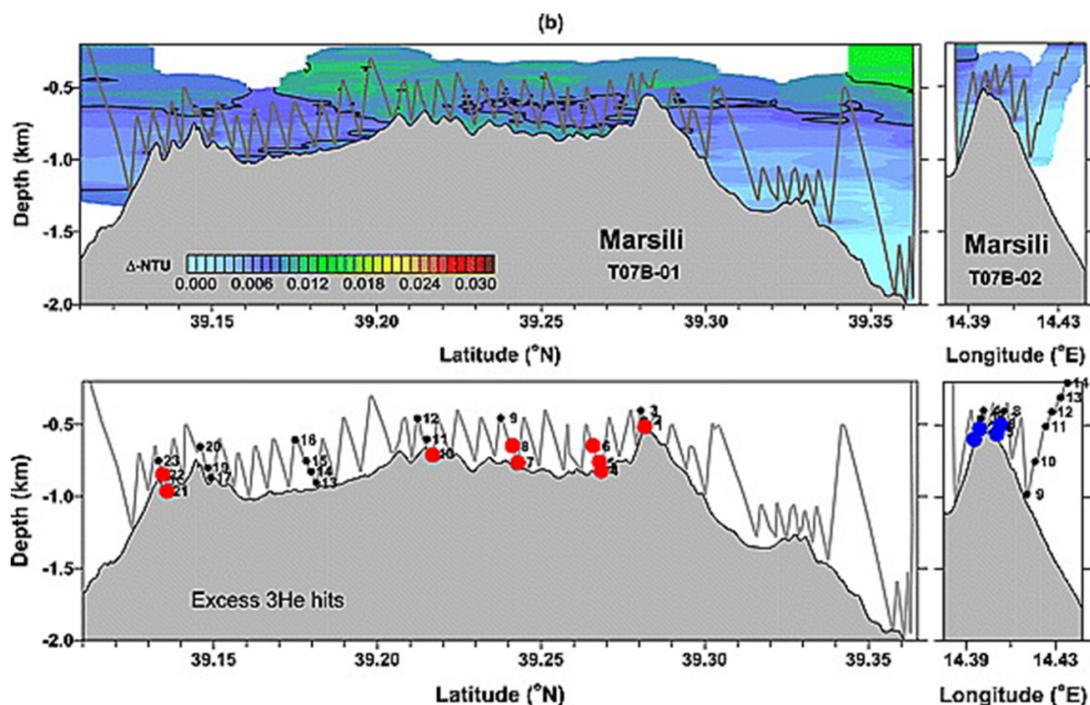


Fig. 3 - Risultati del tow-yo della C/O Aeolian_07 (Lupton et al., 2011).

Personale partecipante e mansioni svolte a bordo

Salvatore	Passaro	salvatore.passaro@cnr.it	Ricercatore (1) Capomissione
Annalisa	Molinaro	molinaro.annalisa@gmail.com	Borsista (2) Campionature
Alessia	Iannotta	iannottaalessia@yahoo.it	Borsista (2) Campionature
Antonia	Castiello	castiello3@libero.it	Borsista (2) Campionature
Camilla	Marino	camillamarino9@gmail.com	Studente (4) Campionature
Fabio	Gioeli	fabio.gioeli@libero.it	Studente (3) Campionature
Gaia	Travan	gaiatravan@gmail.com	Studente (5) Campionature
Veronica	Franco	vero.frnc@gmail.com	Studente (5) Campionature
Guido	Ventura	guido.ventura@ingv.it	Ricercatore (6) Geofisica
Luciano	Giannini	luciano.giannini@unifi.it	T/S EP4 (7) Geochimica
Marzia	Moccia	marziamoccia.g@gmail.com	Borsista (2) Campionature
Stella	Tamburrino	stella.tamburrino@iamc.cnr.it	Ricercatore (1) Geochimica
Michela	Di Gennaro	miciolina_2005@hotmail.it	Studente (3) Campionature
Roberta	Laterza	geol.laterza@gmail.com	Borsista (2) Campionature
Valentina	Tognotti	valentina.tognotti@gmail.com	Borsista (2) Campionature

Tab. 1 - Tab. 1 – Elenco personale e mansioni svolte a bordo

- (1) IAMC-CNR – Napoli
- (2) Progetto PON OTTIMA IAMC-CNR Napoli
- (3) Università Università di Bologna
- (4) Università degli Studi “Federico II” di Napoli
- (5) Università degli Studi di Trieste
- (6) INGV Roma
- (7) Università di Firenze

Stato dell'arte

La conoscenza degli scenari di rischio e pericolosità associati ai processi naturali dell'ambiente marino e costiero, rappresenta, dal punto di vista degli Enti locali preposti alla gestione integrata del territorio e della zona economica esclusiva offshore, un tema finora poco discusso, ma di grande attualità e di importanza strategica per lo sviluppo del nostro paese. In questo specifico settore di ricerca, che oggi vede un interesse crescente in tema di prevenzione e mitigazione del Natural Hazard, il Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) ha avviato da alcuni anni una serie

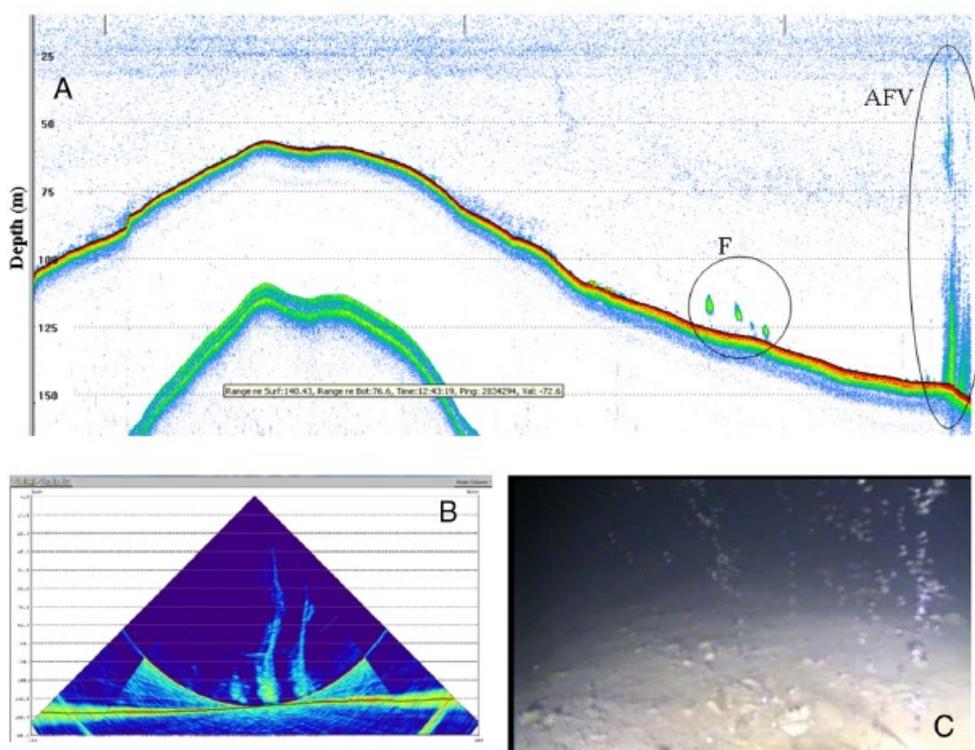


Fig. 4 - Rilevamento delle emissioni nel Golfo di Napoli (da Passaro et al., 2014)

di programmi di ricerca. Con la campagna oceanografica SAFE_2014 ci si è posti l'obiettivo della messa in opera della prima esplorazione diretta (localizzazione e cartografia) delle emissioni di fluidi nel Golfo di Napoli, area esposta ad elevatissimo rischio. Il lavoro mirava a rilevare, attraverso un survey acustico "ad hoc", i centri di emissione di fluidi sommersi del Golfo di Napoli, ad effettuare campionature del sedimento e della colonna d'acqua, anche allo scopo di caratterizzare chimica delle emissioni, di effettuare riprese ROV dirette sui centri di emissione al fondo mare (laddove possibile) e acquisizioni geofisiche ad alta risoluzione sui settori che mostravano evidenze di venute di gas, in modo da provare a contestualizzare le

emissioni stesse da un punto di vista delle strutture geologiche che ne accompagnano o favoriscono la genesi.

Le varie fenomenologie connesse alla formazione, migrazione ed espulsione di fluidi nei margini continentali possono ricondursi ad alcune categorie principali (Berndt, 2005), in particolare: 1) sistemi controllati dalla compattazione dei sedimenti; 2) Sistemi vulcanici; 3) sistemi associati a giacimenti di idrocarburi; 4) sistemi freatici. Verso la fine degli anni '70 lo studio dei fondali oceanici, con l'impulso prodotto dall'utilizzo di sottomarini, ha permesso la scoperta dell'esistenza di risalite di fluidi idrotermali arricchiti in solfuri (hot vents) caratterizzati dalla strutturazione di camini costituiti principalmente da solfuri e dalla presenza di una peculiare ed abbondante fauna chemiosintetica (Lonsdale, 1977). A partire dagli anni '80, il proseguire delle indagini sottomarine ha evidenziato l'esistenza di risalite localizzate di fluidi freddi ricchi in idrocarburi leggeri (cold seeps), diffusi praticamente in tutti i contesti geodinamici oceanici: nei margini attivi sono segnalati nel prisma di accrezione dell'Oregon (Ritger et al., 1987; Bohrmann et al., 1998), del Giappone (Sakai et al, 1992), del Makran (Von Rad et al, 1996), del Perù (Sample, 1996), di Barbados (Lance et al, 1998), delle Aleutine (Suess et al, 1999) e del Mediterraneo orientale (Aloisi et al, 2000), nel Mar Nero (Peckmann et al., 2001), nel mare marginale di Okhotsk (Esikov and Pashkina, 1990; Greinert, et al., 2001), nel bacino di avanarco della Sonda (Wiedicke et al, 2002), nella scarpata continentale della Nuova Zelanda (Lewis & Marshall, 1996). Nei margini passivi sono frequenti nel Mare del Nord (Hovland et al.1987), al largo della Danimarca (Jorgensen, 1992), alla base della scarpata a gradoni della Florida (Paull et al. 1995), nel Golfo del Messico (Roberts, 2001). Sono presenti infine nei margini trascorrenti-conservativi della California (Embley et al, 1990; Stakes et al, 1999). Come già osservato per gli hot vents, i cold seeps sono caratterizzati dalla presenza di una fauna bentonica rigogliosa, sostenuta su base chemiosintetica. Si formano comunità a bivalvi in endosimbiosi con batteri solfo-ossidanti, solfato-riducenti e metano-ossidanti (Van Dover, 2000). I batteri utilizzano energia chimica al posto della luce solare e trasformano composti inorganici in sostanze utilizzabili dai bivalvi; viceversa questi ultimi forniscono protezione ai batteri. In corrispondenza dei cold seeps si può realizzare la precipitazione di carbonati autigeni, che sono stati riconosciuti nel record geologico a partire almeno del Fanerozoico (ad es. Barbieri et al. 2001; Campbell et al, 2002, Campbell, 2006). Il complesso quadro geodinamico del margine continentale del Golfo di Napoli suggerisce la coesistenza di sistemi di circolazione di fluidi anche molto differenti per origine ed evoluzione.

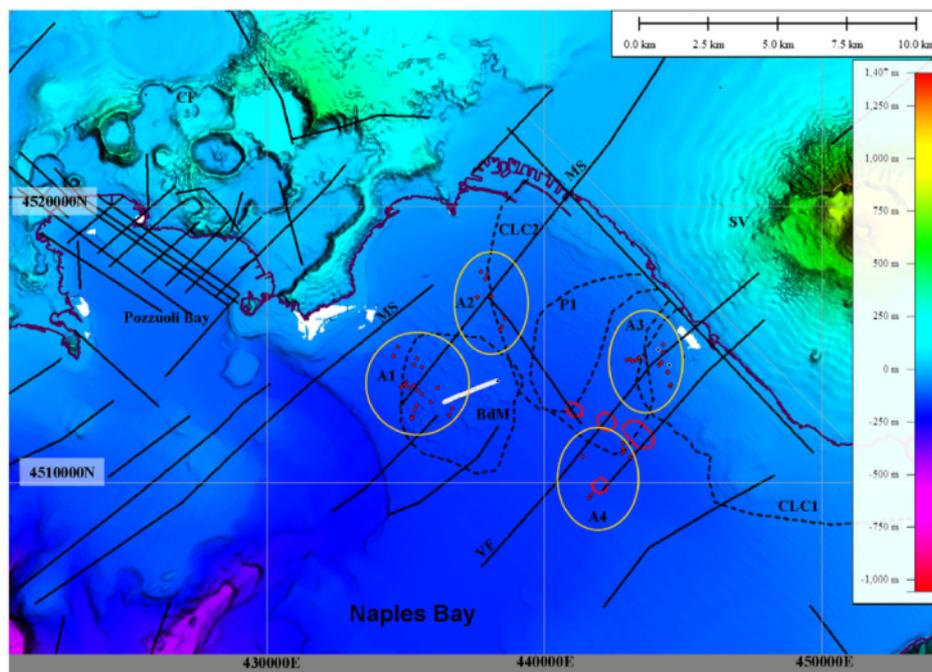


Fig. 5 - Rilevamento delle emissioni nel Golfo di Napoli (da Passaro et al., 2014)

Una prima cartografia della disposizione dei vents idrotermali è stata effettuata grazie alle campagne MEDSUDMED13 e EVATYR13 (dell'Istituto per l'Ambiente Marino Costiero del CNR di Capo Granitola, resp. dott. Angelo Bonanno) che ha fornito una prima indicazione sulla disposizione delle venute di fluidi (Passaro et al., 2014; Fig. 5). Di qui la necessità di approfondire la conoscenza delle caratteristiche delle emissioni, anche in funzione di una corretta valutazione del rischio associato alle emissioni stesse nel quadro del vulcanismo del Golfo di Napoli.

Progetti di afferenza della campagna oceanografica

In tema di prevenzione e mitigazione del Natural Hazard altri progetti di ricerca a livello nazionale ed internazionale hanno contribuito ad ampliare le conoscenze. In questo contesto ricordiamo il progetto PON "MONICA" (MONitoraggio Innovativo per le Coste e l'Ambiente marino), il quale propone di contribuire efficacemente alla prevenzione e alla gestione delle emergenze ambientali, in particolare quelle marine e costiere, attraverso la realizzazione di un sistema di monitoraggio innovativo, basato su un'infrastruttura di comunicazione in fibra ottica installata su fondale marino. Il sistema di monitoraggio marino costituirà un sistema integrato di monitoraggio marino-costiero per rischi naturali quali terremoti, eruzioni, movimenti franosi, maremoti, parametri biologici, inquinamento marino e rischi antropici. L'area di sperimentazione

di queste nuove tecnologie sarà la parte nord-occidentale del Golfo di Napoli, ideale perché caratterizzato da rischio vulcanico, sismico, da maremoto, da movimenti franosi, nonché da rischi antropici quali l'inquinamento e il traffico marittimo. Anche il progetto internazionale ESF-Topomed (luglio 2008) ha obiettivi geodinamici necessari per la comprensione del motore dei processi attivi nella porzione meridionale della nostra penisola e, come scopo principale, lo studio delle regioni sismiche marine e costiere nel Mediterraneo Centrale-Occidentale. Questi studi forniranno dunque la base per la costruzione di un database contenente le potenziali sorgenti sismiche nelle aree marine e costiere dell'Italia meridionale. Un altro importante progetto nel settore è il progetto "RITMARE-Ricerca italiana per mare". Quest'ultimo propone una ricerca scientifica e tecnologica dedicata al mare e a tutte le sue problematiche. Gli obiettivi sono: tecnologie marittime; tecnologie della pesca sostenibile; tecnologie per la sostenibilità della gestione della fascia costiera; costituzione di una rete internazionale di laboratori per il Mar Mediterraneo; adeguamento delle infrastrutture nazionali di ricerca con razionalizzazione della flotta nazionale di navi da ricerca oceanografiche. Anche il progetto nazionale ITHACA (ITaly HAZard from CAPable faults) è un programma nazionale sviluppato dal Servizio GEologico NAzionale -ISPRA avente per scopo la realizzazione di un database creato per la raccolta e la facile consultazione di tutte le informazioni disponibili riguardo le strutture tettoniche attive in Italia, con particolare attenzione ai processi tettonici che potrebbero generare rischi naturali. Il progetto si occupa in modo particolare delle faglie capaci, definite come faglie che potenzialmente possono creare deformazione in superficie. Il database delle faglie capaci è uno strumento fondamentale per: a) analisi di pericolosità ambientale e sismica, b) comprensione dell'evoluzione recente del paesaggio, c) pianificazione territoriale e d) gestione delle emergenze di Protezione Civile. Infine, il Progetto nazionale MaRisk intende coordinare le attività di ricerca e l'acquisizione di nuovi dati geologici e geofisici in mare, anche attraverso l'esecuzione di campagne oceanografiche dedicate che saranno in grado di fornire, come prodotti intermedi e finali della ricerca, nuovi strumenti indispensabili per la pianificazione territoriale e la gestione della fascia costiera. In particolare il progetto MaRisk sarà finalizzato alla definizione del Rischio sismico e degli scenari di pericolosità in aree marine e costiere delle Regioni Campania, Calabria e Sicilia.

Elementi di morfodinamica e geodinamica del Golfo di Napoli

Il Golfo di Napoli, insieme alla piana Campana e l'area Vesuviana e Flegrea, rappresenta uno tra i maggiori bacini Neogenico-Quaternari dell'area peri-tirrenica. Quest'area occupa un settore di cerniera tra la catena sud-appenninica ed il bacino Tirrenico, il cui assetto tettonico è strettamente connesso con l'evoluzione geodinamica del sistema bacino di retroarco-catena appenninica-sistema di avanfossa durante il Neogene superiore-Quaternario. La deformazione tettonica viene accomodata da faglie normali e transtensive sinistre attive nel Pleistocene inferiore. A partire dal Pleistocene medio, la deformazione è caratterizzata da distensione NE-SW nella porzione assiale della catena in sollevamento, lungo faglie normali ad alto angolo orientate NW-SE. Lungo il margine orientale tirrenico, un secondo set di faglie "antiappenniniche" dirette NE-SW disseca cospicui settori del golfo di Napoli, esercitando un forte controllo sull'architettura stratigrafica di questo segmento di margine continentale (Amato et al., 2001; Cinque et al., 1993; Milia e Torrente, 1999). L'assetto fisiografico è controllato dalle interazioni tra sedimentazione, tettonica e vulcanismo, che hanno caratterizzato il Golfo di Napoli durante il Quaternario, e l'erosione sottomarina, testimoniata dalle incisioni lineari dei canyon Dohrn e Magnaghi e dai loro canali tributari. In generale, la successione stratigrafica del Golfo di Napoli è rappresentata da un substrato meso-cenozoico e da una sovrastante successione quaternaria costituita da sedimenti marini silicoclastici e vulcanoclastici. La quasi totalità della piattaforma continentale in quest'area è ricoperta da sedimenti olocenici formati nel corso dello stazionamento alto del livello marino nell'Olocene superiore (Milia, 1998; Milia and Torrente 1999; Aiello et al., 2001; Sacchi et al., 2005; Milia et al., 2008). L'offshore dell'area flegrea (settore nord-occidentale del Golfo di Napoli), compreso tra le Isole di Ischia, Procida e Nisida, fino alla zona antistante la collina di Posillipo, mostra un chiaro controllo dei processi vulcanici nella morfologia dei fondali (Sacchi et al., 2009; Passaro et al., 2013). Il complesso quadro geodinamico del margine continentale del golfo di Napoli suggerisce la coesistenza di sistemi di circolazione di fluidi anche molto differenti per origine ed evoluzione. E' da tempo segnalata, ad esempio, una presenza diffusa di attività fumarolica sottomarina nei Golfi di Pozzuoli (Segre, 1970; Colantoni et al. 1972, Pescatore et al., 1984) ed al largo del Vesuvio. Esistono anche evidenze di strutture diapiriche in corrispondenza del Banco della Montagna, poche miglia al largo della riviera di Chiaia (Napoli) che documentano la deformazione di sedimenti non consolidati che suggeriscono l'esistenza di fluidi ascendenti in sovrappressione (Sacchi et al., 2001; D'Argenio et al., 2004; Passaro et al., 2014). Non è da sottovalutare infine la possibilità di

rinvenire emergenze di fluidi di sistemi freatici relativamente poco profondi (“cold seeps”) associati a lineamenti tettonici di importanza regionale. Nonostante queste evidenze, non esiste ancora uno studio sistematico della distribuzione areale e della composizione geochemica delle emergenze di fluidi a fondo mare nell’area del Golfo di Napoli e soprattutto sono ancora scarse le conoscenze sui sistemi di circolazione dei fluidi in relazione alle strutture e ai processi geologici profondi, alle forme di fondo ed alle comunità bentoniche a questi associate.

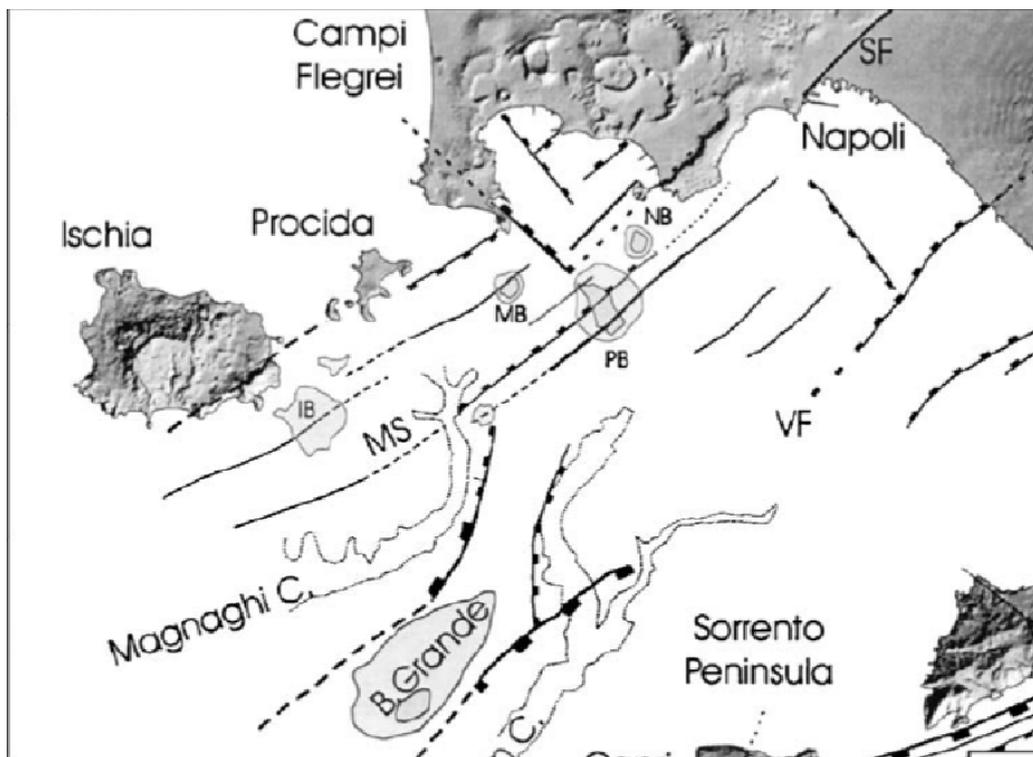


Fig. 6 - Quadro morfo-strutturale del Golfo di Napoli (Bruno et al., 2003)

Strumentazioni utilizzate

Il survey si è svolto a bordo della Nave Oceanografica Urania, un'imbarcazione in dotazione al CNR di circa 67 metri di lunghezza (fuori tutto), equipaggiata per lo svolgimento di campagne di ricerca multidisciplinari.

Ecoscandaglio multifascio

I dati batimetrici sono stati acquisiti mediante un ecoscandaglio multifascio, che permette di ottenere una copertura completa del fondale. Lo strumento utilizzato è un Multibeam Kongsberg EM710 (Fig. 7 e Tab.2), installato a scafo, che permette di effettuare rilievi, in condizioni ottimali, fino a profondità di circa 2000 metri.

Frequency range	70 to 1000 kHz
Max ping rate	30 Hz
Swath coverage sector	Up to 140 degrees
Min depth	3 m below transducer
Roll stabilized beams	$\pm 15^\circ$
Pitch stabilized beams	$\pm 10^\circ$
Yaw stabilized beams	$\pm 10^\circ$
Sounding patterns	Equiangular Equidistant High Density - Equidistant
Max depth	2000 m
CW transmit pulses	0.2 to 2 ms
Max coverage	2400 m

Tab. 2 - Caratteristiche tecniche del Multibeam Kongsberg EM710

Il software di acquisizione, Seafloor Information System (SIS) registra i dati batimetrici e permette all'operatore di regolare parametri come il *Pulse Length*, il valore massimo della *Coverage* e l'angolo di *Nadir* al fine di ottimizzare la qualità del dato acquisito. Il software applica inoltre in tempo reale i dati provenienti dal GPS differenziale e dal sensore di assetto, necessari per compensare i movimenti dell'imbarcazione.

Una sonda di velocità, montata in prossimità dei trasduttori del Mutibeam, ha fornito i valori di velocità del suono necessari per il corretto beam forming. I profili di velocità del suono lungo la colonna d'acqua, acquisiti mediante una sonda Sea-Bird, sono stati monitorati ogni 8 ore circa. Le calate CTD sono state effettuate nelle zone del rilievo prima di iniziare le operazioni di acquisizione ed i profili di velocità sono stati inseriti, in tempo reale, nel software di acquisizione

per il calcolo esatto della profondità. Il software Reson PDS2000 è stato utilizzato per la navigazione, ovvero per la gestione delle linee di acquisizione e la visualizzazione dei punti di campionamento.

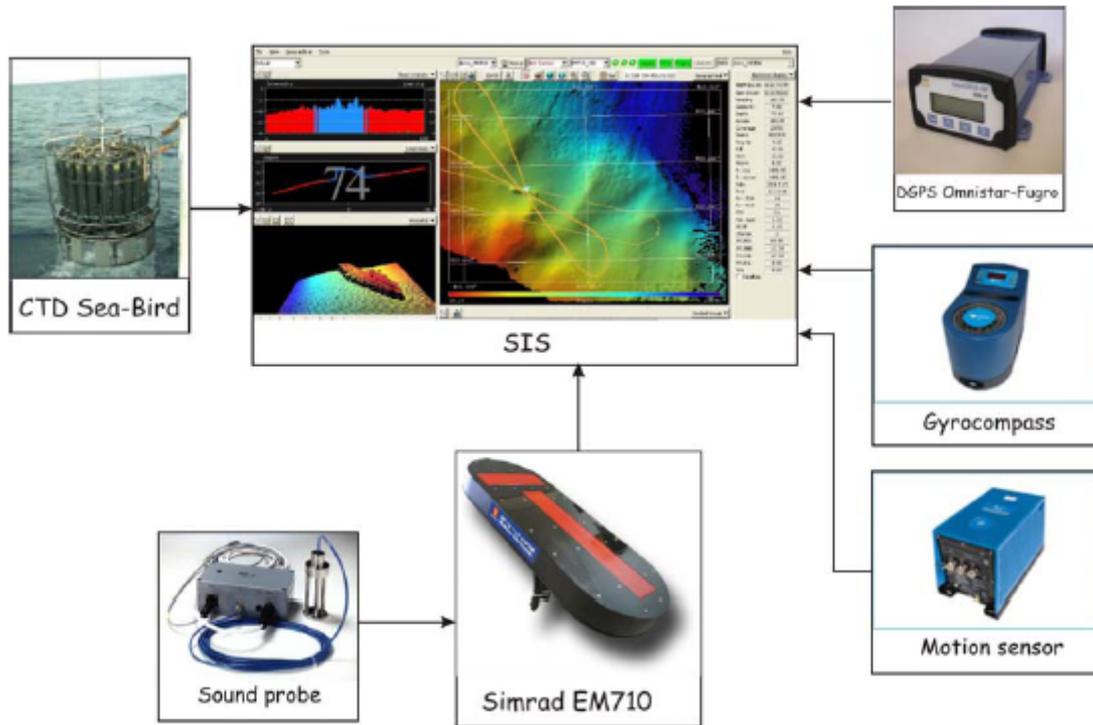


Fig. 7 - Schema delle connessioni strumentali del sistema EM710 della Kongsberg

Sistema Subbottom Chirp Profiler

Il subbottom Teledyne Benthos Chirp III (Fig. 8), montato a scafo, fornisce profili sismici ad alta risoluzione attraverso l'emissione di un impulso che comprende una banda di frequenze da 10 a 30 kHz e di lunga durata (da 1 a 100 ms). Queste caratteristiche del segnale permettono allo strumento di restituire un dato ottimale sia per risoluzione che per penetrazione nel substrato. I dati sono stati acquisiti mediante il software SwanPro, che permette di agire sui parametri come *Powre*, *Gain* e *Pulse Lenght* del segnale emesso e sul *TVG* del segnale di ritorno.

Sistema Sparker

I profili sismici sono stati acquisiti mediante sistema sismico monocanale Sparker con sorgente Multitip da 1 kJoule della GeoResources (Fig.8). Il sistema è alimentato da generatori di corrente continua che caricano una batteria di condensatori ad alta tensione (3-10 kV). La scarica elettrica produce una bolla gassosa sugli elettrodi posti in acqua, la cui esplosione genera l'impulso acustico; la frequenza operativa dello strumento varia tra i 200 Hz e 10 kHz. I dati sono stati acquisiti mediante il software Triton SB-Logger (Fig.9).



Fig. 8 - Subbottom Chirp Profiler e Sparker Georesources

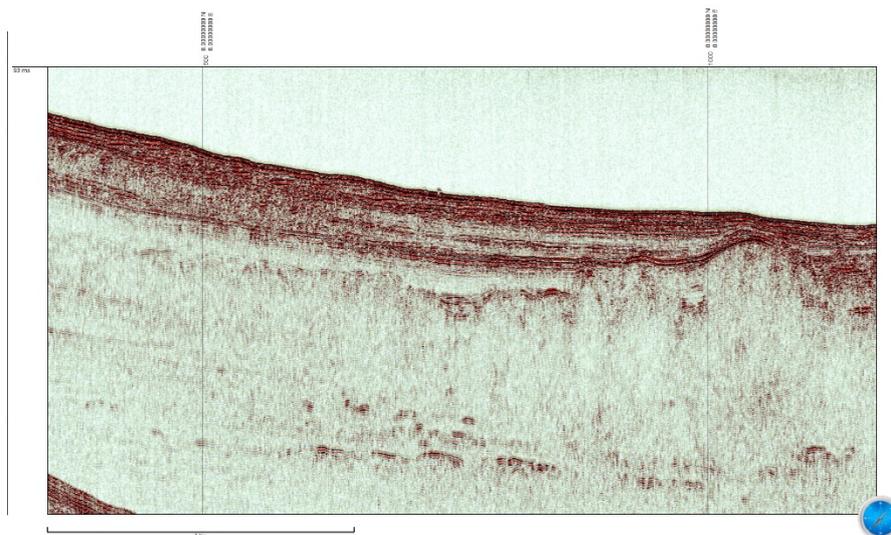


Fig. 9 - Dettaglio dell'acquisizione di un profilo sparker campagna SAFE_2014

Sonda multi-parametrica

La sonda CTD 911 PLUS (SeaBird Electronics, Inc., Tab. 3) è stata utilizzata per l'acquisizione di profili di temperatura, pH, salinità e densità lungo la colonna d'acqua (Fig. 10).

Range di misura	Conducibilità : 0-7 siemens/metro Temperatura: da -5 a + 35°C Pressione: fino a 15.000 psia
A/D inputs	da 0 a 5 volts
Accuratezza iniziale	Conducibilità : 0.0003 siemens/metro Temperatura: 0.002°C Pressione: 0.015% della scala completa

Tab. 3 - Specifiche generali della sonda CTD

Il sistema della sonda CTD può operare in condizioni di accuratezza sia statica che dinamica. L'accuratezza statica (come dimostrato in condizioni di calibrazione dello strumento) assicura letture corrette e buona comparazione dei risultati in differenti tempi e luoghi, mentre l'accuratezza dinamica è necessaria per presentare caratteristiche della colonna d'acqua in dettaglio ed è critica per mantenere un'accuratezza assoluta in condizioni oceaniche (non equilibrate).

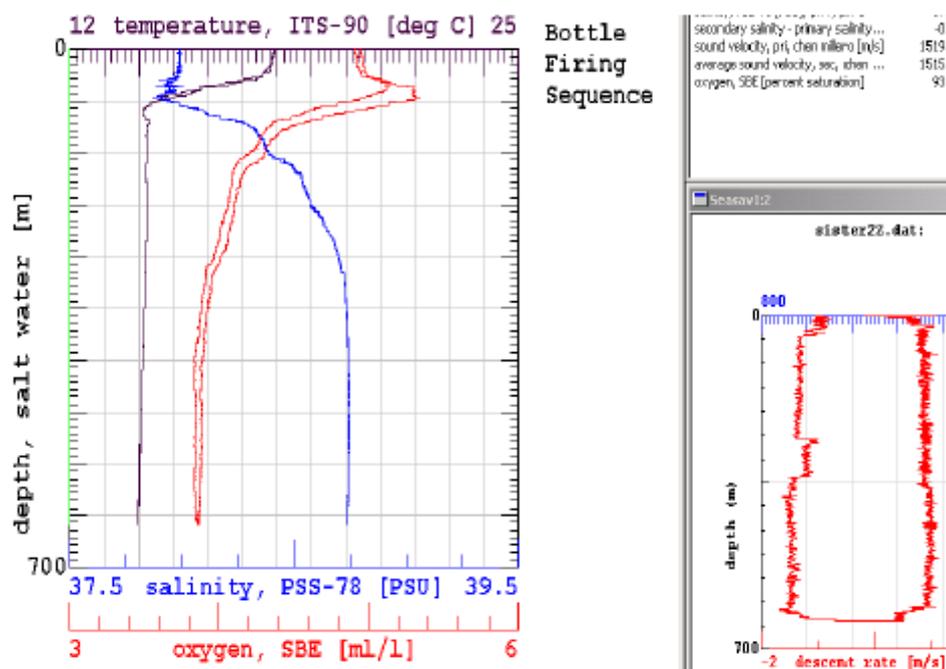


Fig. 10 - Esempio di profilo CTD acquisito su calata verticale

Il CTD è montato su un frame comprendente una “rosette” equipaggiata con 24 bottiglie Niskin (Fig. 11), utilizzata per il prelievo di campioni di acqua a diverse profondità lungo la colonna d'acqua.



Fig. 11 - Sonda CTD 911 PLUS con bottiglie Niskin

Magnetometro G811/813 (Geometrics)

Si tratta di un magnetometro a precessione protonica che opera sulla base del principio di allineamento dell'asse di spin protonico rispetto al campo magnetico esterno: un induttore genera un forte campo magnetico intorno ad un fluido arricchito in idrogeno, causando l'allineamento dei protoni lungo il campo generato. Il campo generato viene interrotto e i protoni, quando si allineano con il campo magnetico terrestre, hanno una specifica frequenza di precessione. Questo produce un campo magnetico debole che viene rilevato dall'induttore. La relazione fra la frequenza della corrente indotta e l'intensità del campo magnetico terrestre viene detta "rapporto giromagnetico protonico" e vale 0.042576 Hz/nT . Le specifiche dello strumento sono:

intervallo di misura 20 secondi;

sensibilità 0.5 g;

distanza del magnetometro dalla nave ~ 200m.

L'acquisizione dei dati magnetici è finalizzato alla localizzazione e alla caratterizzazione delle anomalie magnetiche, e, conseguentemente dei corpi di natura vulcanica, e alla realizzazione di una nuova carta delle anomalie magnetiche residue e dei margini delle sorgenti.

ROV (Remotely Operated underwater Vehicle)

Si tratta di un veicolo subacqueo guidato via cavo dall'operatore, in grado di effettuare riprese video, e quindi registrazioni, in formato HD. Il ROV Pollux III (Fig. 12), in dotazione della nave oceanografica Urania, ha le seguenti caratteristiche tecniche (tab. 4)

Dimensioni	
Lunghezza	910mm
Larghezza	660mm
Altezza	560mm
Peso	80 kg
Struttura	
Telaio	Telaio in polietilene HD, fissaggi INOX AISI 316
POD e Lampade	Alluminio anodizzato a spessore 40 micron (norma UNI 7796/1997)
Motori	
	4 motori a 24 V (2 longitudinali + 2 trasversali a 50°) compensati a liquido
	Controllo elettronico di coppia
	10 kg di spinta
Prestazioni	
Profondità operativa	300m o 600m a seconda del modello
Spinta	Avanti 20 kg
	Indietro 15 kg
	Laterale/Verticale 8 kg
Peso trasportabile	5 kg (fino a 30 kg con galleggianti aggiuntivi in dotazione)
Funzioni	Auto Depth e Auto Heading con bussola elettronica e misuratore di velocità angolare
	Trim su assi X e Y
Equipaggiamento	
Sensori di Navigazione	Bussola fluxgate e sensore elettronico di pressione (profondimetro)
Telecamera a colori	Sensore CCD 1/3" Sony
	Risoluzione 450 linee
	Sensibilità 0.2 lux
	Obiettivo 2.8/12 Autoiris CSS
	Zoom manuale
Illuminatori	2 lampade a led a intensità regolabile (max 20 W ciascuna)
Console	Valigetta stagna con monitor LCD 15"
	OPPURE console portatile e alimentatore rack
	Entrambe le configurazioni includono il trasformatore di isolamento, 6 uscite video per dispositivi esterni (3 con e 3 senza dati di navigazione), Joystick, regolazioni trim, regolazione tilt telecamera, display e tastiera.
Video	2 linee video indipendenti con la possibilità di commutare, da console, fino a 4 sorgenti video (telecamere aggiuntive, fotocamere e camcorder)
Linea dati	Due linee (coppie) disponibili per collegamento accessori (sonar, altimetri, ecc)
Accessori	
Benna/Pinza	Benna/Pinza comandabile dalla console, installabile orizzontalmente o verticalmente, in grado di effettuare campionamenti di sedimenti marini e prelevare piccoli oggetti dal fondale. Possibilità di configurazione con accessori specifici (pinza taglierina, benna, ecc) e completa di cestello per raccolta campioni
Fotocamera digitale	Pod in alluminio per alloggiare fotocamere, telecamere e camcorder aggiuntivi controllati da console. Il POD può alloggiare anche puntatori laser di riferimento.
Ombelicale	
Materiale	Kevlar
Portante	500 kg (o 1000kg) di resistenza allo strappo
Lunghezza	Standard 300 m (a richiesta 150m,450m e 600m)

Tab. 4 - Caratteristiche tecniche ROV Pollux III



Fig. 12 - ROV Pollux III

Benna Van Veen

Si tratta di strutture d'acciaio disponibili in diverse dimensioni e pesi, che prelevano campioni sensibilmente disturbati da fondali sommersi (fig. 13). Le benne vengono calate aperte grazie alla tenuta di un apposito gancio, con una velocità costante e moderata affinché il gancio non si rilasci durante la calata. Le ganasce sono dotate di fori per consentire la fuoriuscita dell'aria in fase di affondamento. Una volta toccato il fondo, il gancio si rilascia ed in fase di sollevamento le ganasce si serrano in virtù dell'azione della fune sulle leve di chiusura. La quantità di campione prelevato dipende dalla consistenza del fondo, mentre la capacità di penetrazione dello strumento è generalmente limitato (circa 15-30 cm).

Box Corer

Si tratta di uno strumento di campionamento geologico marino per sedimenti sciolti (Fig. 7): preleva campioni poco disturbati di piccole sezioni di sedimento, ed eventualmente una carota (30 cm), risultando ideale per indagini quantitative di sedimentologia, della macrofauna, dei processi geochimici e per il campionamento di acqua di fondo. La scatola è fissata all'estremità inferiore di uno stantuffo: il campione recuperato è completamente chiuso dopo il prelievo, riducendo la perdita della frazione più fine durante il recupero. All'arrivo a bordo, il materiale può essere prelevato direttamente attraverso le porte di accesso o tramite rimozione completa della scatola insieme alla lama di taglio.



Fig. 13 - Benna Van Veen (sinistra) Box Corer (destra)

Parte 2 – Dati acquisiti e risultati preliminari

La campagna oceanografica SAFE_2014 è stata incentrata nel rilevare, attraverso un survey geofisico mirato (Fig.14), i centri di emissione di fluidi sommersi del Golfo di Napoli, in modo da provare a definire il contesto geomorfologico e le strutture geologiche che ne accompagnano o favoriscono la genesi. Per poter caratterizzare le emissioni dal punto di vista chimico-fisico è stato necessario effettuare campioni di sedimento e della colonna d'acqua.

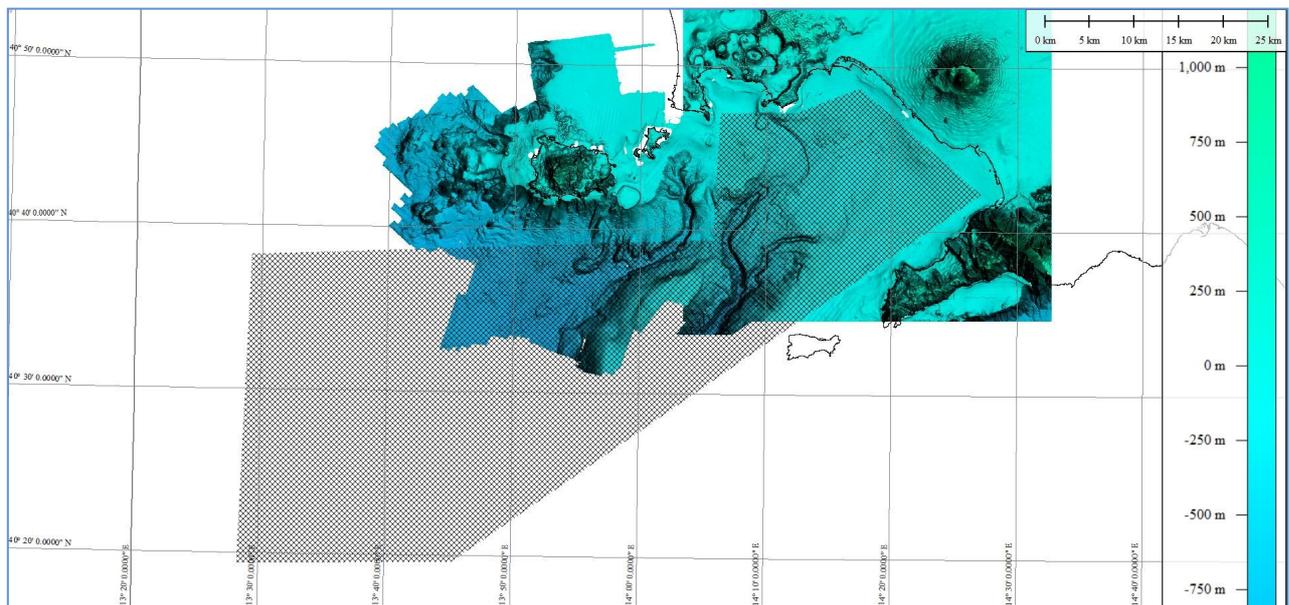


Fig. 14 - Poligono di ricerca per la parte geofisica Campagna SAFE_2014

In funzione degli obiettivi previsti si è scelto di adottare la seguente strategia:

1. Acquisizione sincrona di dati morfobatimetrici (multibeam con opzioni di backscatter e "snippet"), chirp ed esplorazione acustica della colonna d'acqua con singlebeam echosounder EK60 Simrad lungo tutta l'estensione areale del rilievo. Quest'ultimo è stato di fondamentale aiuto per discriminare le emissioni di fluidi geofisici emessi dal fondale (Fig. 15).
2. Campionamento della colonna d'acqua mediante CTD su punti di emissione per analizzare eventuali alterazioni della stessa indotte dalla risalita dei fluidi.
3. Diverse calate ROV sui punti di emissione di fluidi, sia noti da precedenti campagne sia rilevati in corso d'opera, con prelievo di campioni di gas emessi dai fondali.

- Indagini sismiche a riflessione con sistemi di sismica monocanale sparker lungo quattro rotte più significative al fine di valutare l'assetto stratigrafico dell'intera area del Golfo di Napoli.

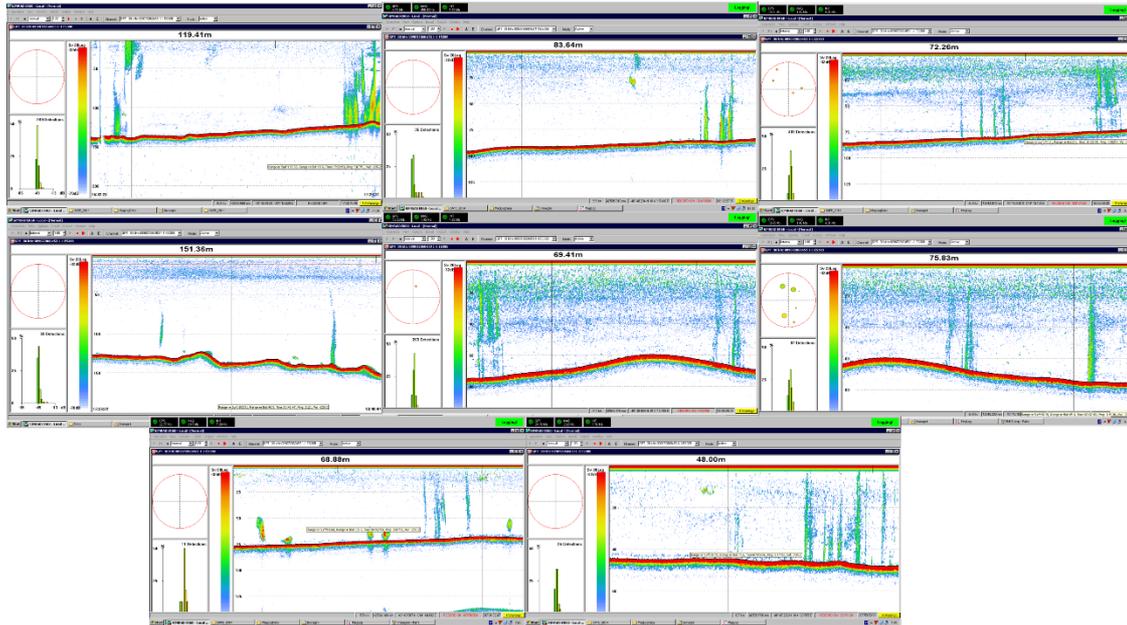


Fig. 15 - Emissioni rilevate durante la campagna SAFE_2014

Nelle diverse aree di interesse, caratterizzate da centri di emissione di fluidi, sia singoli e distanti, sia arealmente ravvicinati, sono stati campionati sedimenti a mezzo box corer, benne e carotaggi per ricostruire la storia geologica degli stessi. La distribuzione dei sedimenti, inoltre, permetterà di caratterizzare le facies acustiche superficiali per l'ottimizzazione dell'interpretazione del rilievo sismico e, possibilmente, di datare le facies di maggiore interesse anche con l'ausilio di strumenti di analisi stratigrafica basati sull'interpretazione di potenziali livelli di prodotti vulcanici all'interno degli spessori sedimentari prelevati. Per quanto riguarda il campionamento geochimico dei fluidi si è scelto di prelevarli direttamente alla fonte, mediante l'utilizzo del ROV Pollux III idoneamente equipaggiato, per evitare perdita di elementi o contaminazione esterna.

Esplorazione geofisica

I dati multibeam, subbottom e singlebeam sono stati acquisiti contemporaneamente (Fig. 15 e 16), percorrendo rotte con interlinea variabile in relazione alla profondità, ma tali da mantenere

una sovrapposizione del 25%-35% tra spazzate Multibeam adiacenti. La velocità di acquisizione è stata di circa 5 nodi per ottimizzare la qualità dei dati.

L'area interessata dal survey batimetrico è di circa 850 Km². In fase di acquisizione è stato generato un grid con risoluzione di 5 metri che permettesse di avere una visione di dettaglio delle strutture potenzialmente interessanti per la pianificazione dell'acquisizione dei profili Sparker e Chirp, delle calate ROV e prelievi di campioni.

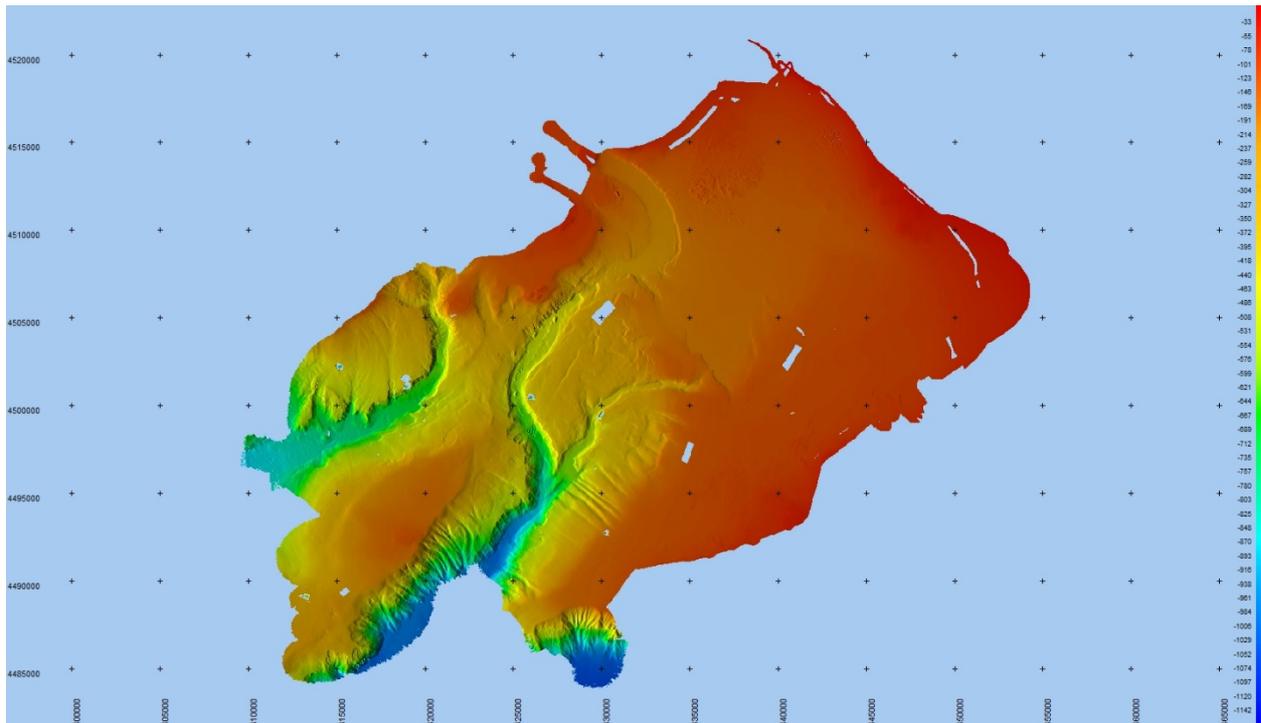


Fig. 16 - Modello Digitale del Terreno (DTM) nella zona del rilievo.

La piattaforma continentale del Golfo di Napoli presenta un'ampiezza variabile da 2,5 km circa (al largo del settore occidentale dell'isola di Capri) e 10-15 km circa (al largo della costiera sorrentina). L'assetto fisiografico del golfo è strettamente controllato dalle interazioni tra sedimentazione, tettonica, vulcanismo (Quaternario) ed erosione sottomarina dei canyon Dohrn, Magnaghi e loro tributari. I due canyon sono separati da un alto morfostrutturale (Banco delle Vedove) e la loro ampiezza è compresa tra poche centinaia di metri e più di un chilometro. La profondità è variabile da 250 m nei pressi della piattaforma a 1300 m alla confluenza della piana batiale (Fig. 16). L'offshore dell'area flegrea (settore nord occidentale del Golfo di Napoli) mostra un evidente controllo dei processi vulcanici nella morfologia dei fondali. Al largo del Golfo di Pozzuoli vi è la presenza di rilievi alti poche decine di metri di origine vulcanica. L'acquisizione è stata poi integrata con una maglia di profili Sparker (Fig. 17) e Chirp (Fig. 18) per lo studio di dettaglio della parte apicale del pacco sedimentario. I profili chirp sono stati

acquisiti contemporaneamente al rilievo batimetrico, in quanto non producevano alcuna evidenza di interferenza reciproca, mentre il rilievo sparker (che necessita di una velocità di acquisizione di circa 3 Kn) è stato posizionato dopo valutazione del DTM e dei profili Chirp ed acquisito separatamente (Fig. 18).

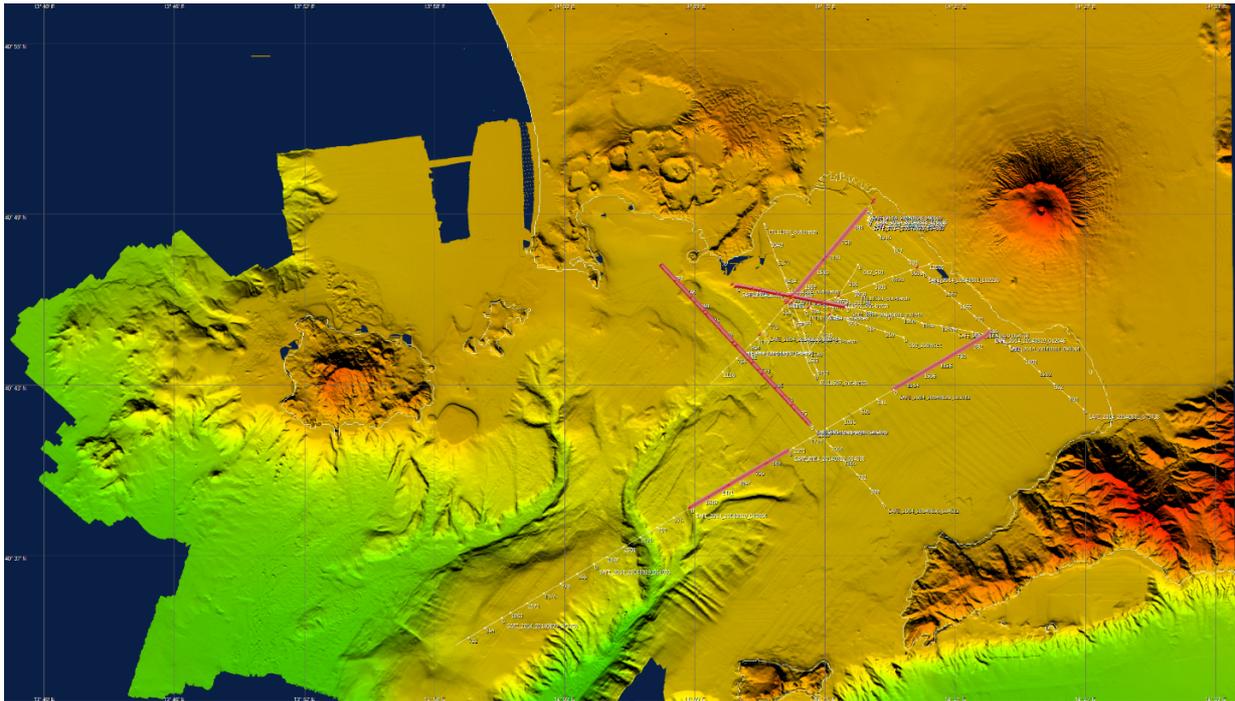


Fig. 17 - Rotte di acquisizione dei profili Sparker

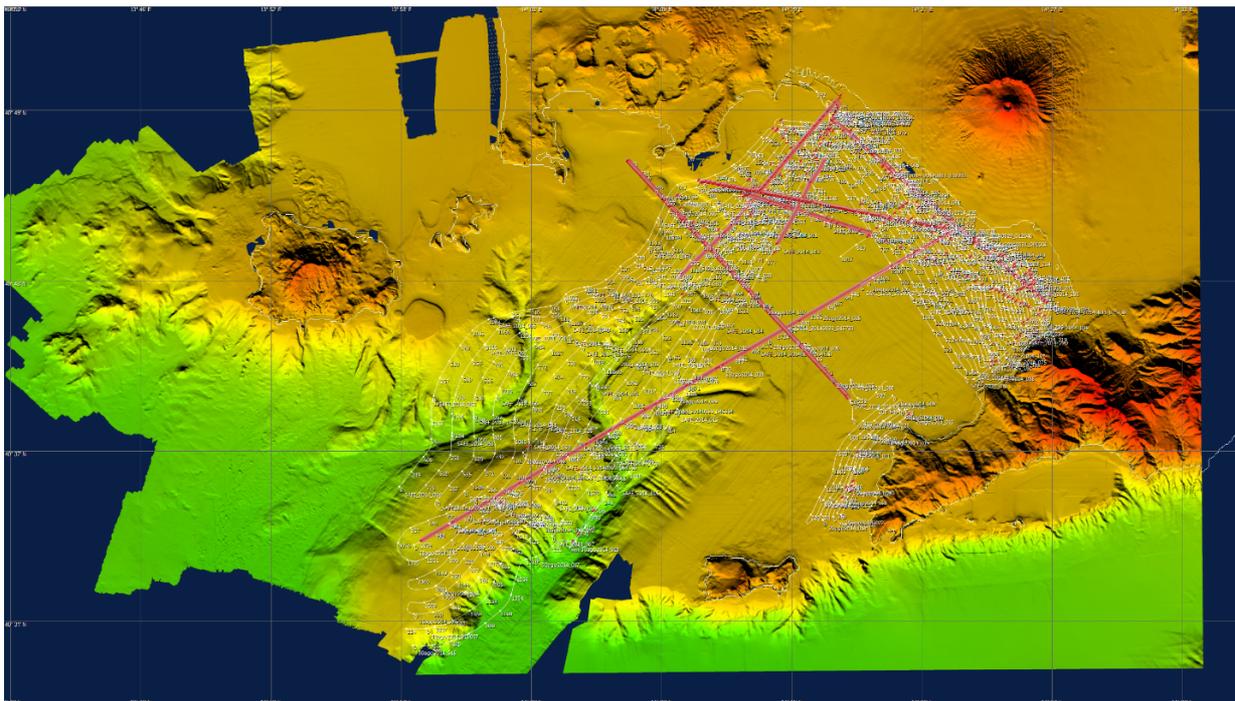


Fig. 18 - Rotte di acquisizione dei profili Chirp

In corrispondenza del Banco della Montagna, al largo della collina di Posillipo, i profili Chirp (Fig. 19) hanno evidenziato un'area in cui il fondale si presenta molto irregolare con piccoli alti morfologici a struttura interna tipo *mound*. Osservando i dati morfobatimetrici (Fig. 20) quest'area si presenta distribuita fra gli 80 e 150 metri di profondità e ha un'estensione areale di circa 25 km².

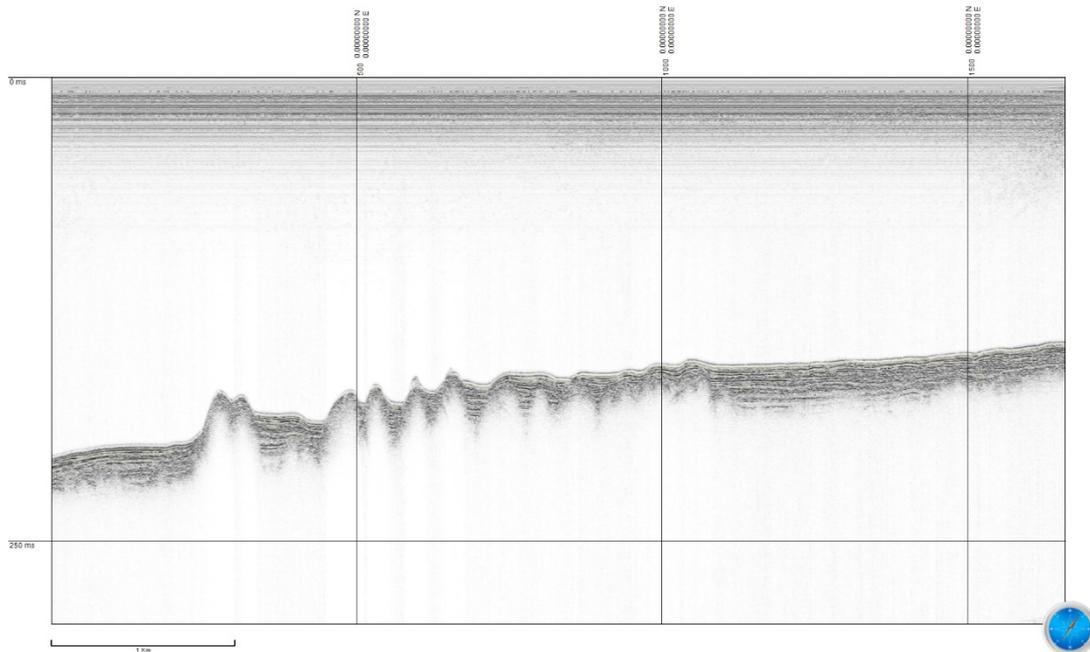


Fig. 19 - Profilo chirp sul Banco della Montagna

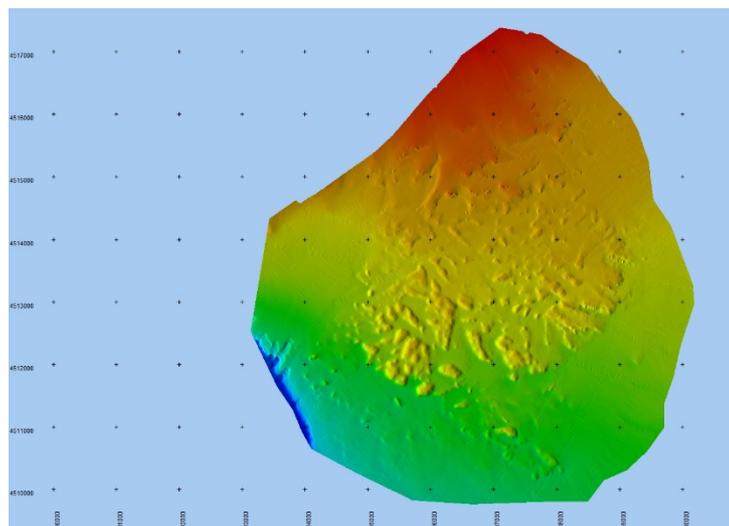


Fig. 20 - DTM del Banco della Montagna

Durante la campagna sono stati prelevati campioni di sedimento mediante benna e box corer (Fig. 21), campioni di acqua con bottiglie Niskin e campioni di gas. Su tutti i punti di emissione sono state eseguite misurazioni di parametri fisico-chimici della colonna d'acqua con calate CTD, campionature di acqua e prelievo di sedimento al fondo mare. 72 nuovi centri di emissione sono stati censiti durante la campagna, 66 nel settore nord del golfo, 3 nei pressi della costiera sorrentina e 3 nell'adiacenza del Golfo di Pozzuoli.



Fig. 21 - Campionature campagna SAFE_2014 zona nord del Golfo di Napoli.

Nel settore nord del Golfo di Napoli (Fig. 22) i centri di emissione di fluidi sono per lo più localizzati in alcune aree adiacenti i Campi Flegrei e in direzione del Vesuvio. Nei pressi dei Campi Flegrei si rinvengono pressoché concentrati in una zona a forma circolare di diametro di trenta chilometri circa. La morfologia di quest'area si presenta molto irregolare e non sembrerebbero riconducibile a processi sedimentari. Ai piedi del Vesuvio i centri di emissioni si sviluppano preferenzialmente lungo due direzioni principali: NW-SE, N-S.

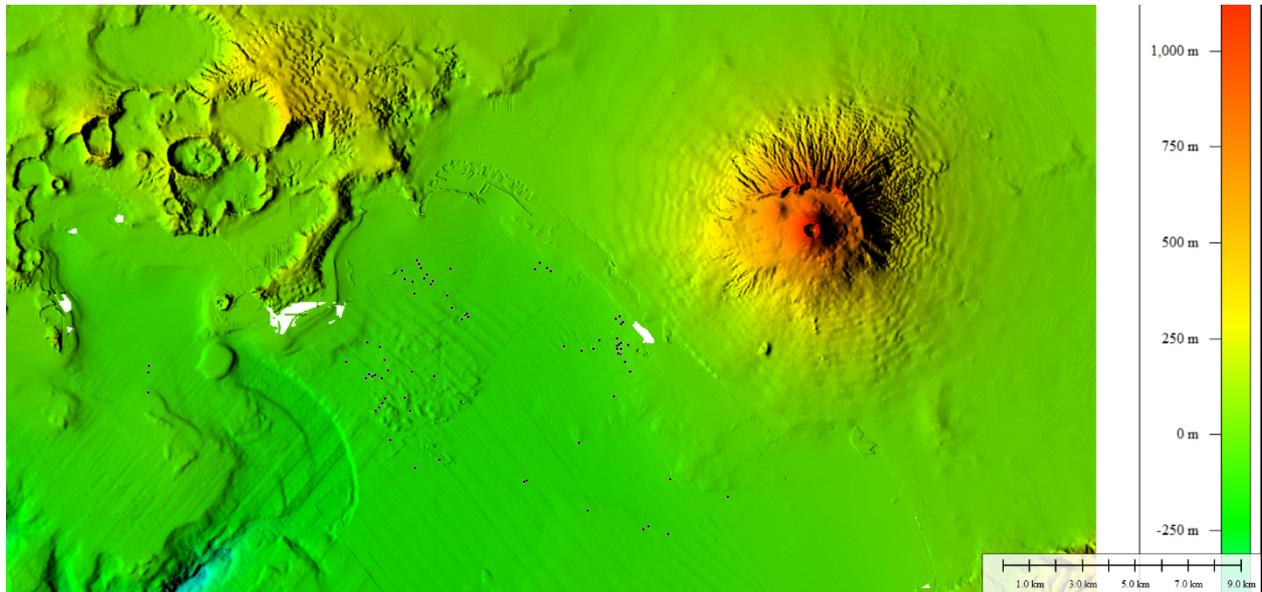


Fig. 22 - Punti di emissione rilevati durante la campagna SAFE_2014

Anche nella zona sud del Golfo di Napoli (Fig.22), nei pressi della costiera sorrentina, sono stati censiti tre nuovi centri di emissione. Questi ultimi hanno una disposizione casuale e si rinvencono distanti fra loro.

Infine, nel Golfo di Pozzuoli solo tre centri di emissione sono stati censiti. Questi ultimi si presentano in distribuzione casuale come nella zona sud del golfo (Fig. 22). Campionature dirette delle emissioni sono state effettuate tramite ROV e catturate all'interno di apposite provette (Fig. 24).

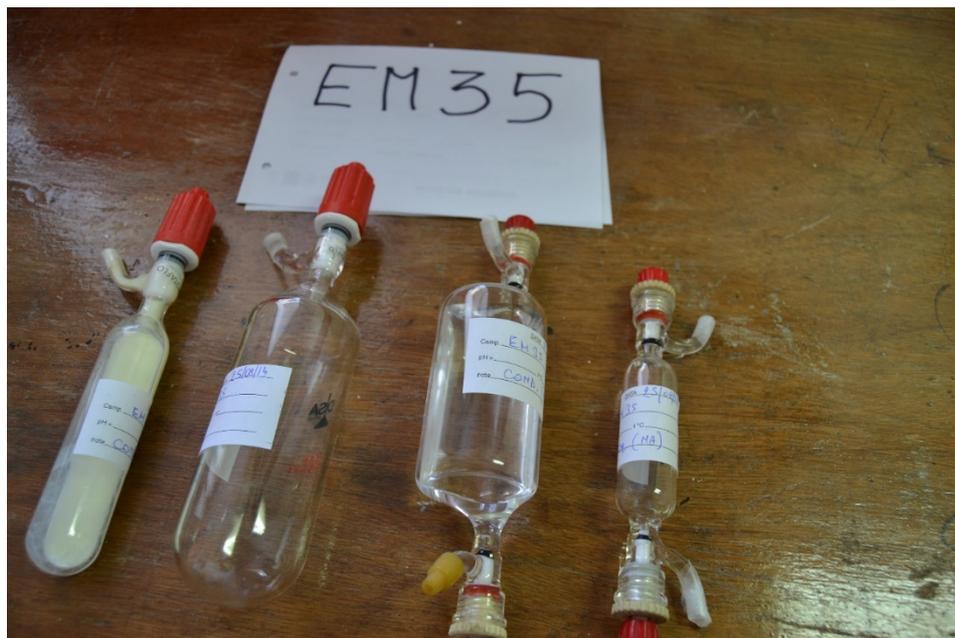


Fig. 23 - Provette utilizzate per il campionamento dei fluidi.

Riassunto finale delle attività e futuri scenari di SAFE_2014

Durante la Campagna Oceanografica SAFE_2014 sono state effettuate le seguenti attività:

- Esplorazione completa del Golfo di Napoli, in particolare per quanto concerne l'aspetto morfobatimetrico (multibeam), stratigrafico e strutturale (con profili chirp acquisiti sull'intero rilievo e quattro profili sparker).
- Realizzazione di 7 calate ROV, 6 sui centri di emissione di fluidi con lo scopo di visionare le fonti e prelevare campioni, 1 per ispezionare un dicco.
- 2 campioni (carote) prelevati in zone adiacenti le sorgenti.
- 34 calate CTD per la determinazione delle proprietà fisiche della colonna d'acqua nei pressi dei centri di emissione per valutare le possibili alterazioni di parametri fisici di essa stessa.
- 6 stazioni di prelievo delle acque mediante l'utilizzo di bottiglie Niskin.
- 8 prelievi di campioni superficiali di fondale mediante benna tipo "Van Veen"

Grazie al survey geofisico e ai campionamenti effettuati durante la campagna SAFE_2014 ci si propone di definire il contesto geomorfologico delle emissioni di fluidi e descriverne le strutture geologiche che ne accompagnano e favoriscono la genesi. Il carattere multidisciplinare di questa ricerca darà un ampio contributo alla conoscenza degli scenari di rischio e pericolosità associati a questi fenomeni e fornirà informazioni di rilevante importanza per la prevenzione e mitigazione del Natural Hazard del Mar Tirreno meridionale, zona ad altissimo rischio sia sismico sia vulcanico.

Ringraziamenti

Riteniamo doveroso porgere il nostro più sentito ringraziamento all'equipaggio della N/O *Urania*, ed al Comandante Emanuele Gentile in particolare, per la disponibilità, professionalità e cordialità che hanno contribuito in modo determinante al conseguimento degli eccellenti risultati conseguiti durante la Campagna Oceanografica.

Riferimenti bibliografici

- Aiello G., Angelino A., D'Argenio B., Marsella E., Pelosi N., Ruggieri S., Siniscalchi A., 2005. *Buried volcanic structures in the Gulf of Naples (The Southern Tyrrhenian Sea, Italy) resulting from high resolution magnetic survey and seismic profiling. Ann. Geophys., 48 (6), 883–897.*
- Aiello, G., Budillon, F., Cristofalo, G., D'Argenio, B., de Alteriis, G., De Lauro, M., Ferraro, L., Marsella, E., Pelosi, and N., Tonielli, R., (2001). *Marine geology and morphobathymetry in the Bay of Naples (south-eastern Tyrrhenian Sea, Italy). In: Faranda, E.M., Guglielmo, L., Spezie, G. (Eds), Mediterranean Ecosystems: Structures and Processes, Springer, Berlin, pp. 1–8.*
- Aloisi, G., Pierre, C., Rouchy, J.-M., Foucher, J.-P., and Woodside, J.: *Methane-related authigenic carbonates of eastern Mediterranean Sea mud volcanoes and their possible relation to gas hydrate destabilisation, Earth Planet. Sc. Lett., 184, 321–338, 2000.*
- Amato A., Ascione A., Cinque A., Lama A., 1991. *Geomorfologia unità sedimentarie e tettonica recente dell'alta piana del Sele e delle sue valli confluenti. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 14.*
- Barbieri R., Ori G.G., Taviani M. 2001. *Phanerozoic submarine cold vent biota and its exobiological potential. ESA, First European Eso/Axstrobiology Workshop, Proceedings, 295–298.*
- Berndt C., 2005. *Focused fluid flow in passive continental margins. Phil. Trans. R. Soc., 15;363 (1837): 2855-2871.*
- Bohrmann, G., Greinert, J., Suess, E., and Torres, M., 1998. *Authigenic carbonates from the Cascadia subduction zone and their relation to gas hydrate stability. Geology, 26(7):647–650.*
- Bruno P.P.G., Rapolla A., Di Fiore V., 2003. *Structural settings of the Bay of Naples (Italy) by seismic reflection data: Implications for the Campanian volcanism. Tectonophysics, 372, 193–213.*
- Campbell K.A. 2006. *Hydrocarbon seep and hydrothermal vent paleoenvironments and paleontology: Past developments and future research directions. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 232, 362-407.*
- Campbell K.A., Farmer J.D., Marais D.D. 2002. *Ancient hydrocarbon seeps from the Mesozoic convergent margin of California: carbonate geochemistry, fluids and palaeoenvironments. Geofluid 2, 63-94.*
- Caratori Tontini, F., Bortoluzzi, G., Carmisciano, C., Cocchi, L., Ronde, C. E. J. De, Ligi, Muccini, F., 2014. *Near-Bottom Magnetic Signatures of Submarine Hydrothermal Systems at Marsili and Palinuro Volcanoes , Southern Tyrrhenian Sea , Italy. Economic Geology 109, 2119-2128.*

- Cinque A., Patacca E., Scandone P., Tozzi M., 1993. *Quaternary kinematic evolution of the southern Apennines. Relationship between surface geological features and deep lithospheric structures. Annali di Geofisica* 36 (2), 249– 260.
- Colantoni P., 1972 - *Esalazioni vulcaniche sottomarine. In: Colantoni P. et al.: (Eds.) Ricerche geologiche nel Golfo di Pozzuoli. Quaderni de "La Ricerca Scientifica", 83, 46-50, Roma.*
- D'Argenio B., Angelino A., Aiello G., de Alteriis G., Milia A., Sacchi M., Tonielli R., Budillon F., Chiocci F., Conforti A., De Lauro M., Di Martino G., d'Isanto C., Esposito E., Ferraro L., Innangi S., Insinga D., Iorio M., Marsella E., Molisso F., Morra V., Passaro S., Pelosi N., Porfido S., Raspini A., Ruggieri S., Sarnacchiaro G., Terranova C., Vilardo G., Violante C., 2004. *Digital elevation model of the Naples bay and adjacent areas, eastern Tyrrhenian Sea. In: G. Paquaré, C. Venturini and G. Groppelli, (eds.) Mapping geology in Italy, APAT, S.E.L.C.A., Firenze, 2004, 21-28.*
- Embley R.W., Eittreim S.L., McHugh C., Normark W.R., Rau G.H., Hecker B., DeBevoise A.E., Green H.G., Ryan W.B.F., Harrold C., Baxter C. 1990. *Geological settings of chemosynthetic communities in the Monterey Fan Valley system. Deep-Sea Research* 37., 1651-1657.
- Esikov, A.D., Pashkina, V., 1990. *A study of the process of joint formation of methane gas-hydrate and authigenic carbonates in bottom sediments in the Sea of Okhosk. Natl Geophys.* 4 (1), 135–141.
- Greinert J, Bohrmann G, Suess E (2001) *Gas hydrate-associated carbonates and methane-venting at hydrate ridge: classification, distribution, and origin of authigenic lithologies. In: Paull CK, Dillon WP (eds) Natural gas hydrates: occurrence, distribution, and detection. American Geophysical Union, Washington, DC, pp 99–113.*
- Hovland, M., Talbot, M., Qvale, H., Olausson, S. & Aasberg, L., 1987. *Methane-related carbonate cements in pockmarks of the North Sea. Journal of Sedimentary Petrology* 57: 881-892.
- Jørgensen N.O. 1992. *Methane-derived carbonate cementation of marine sediments from the Kattegat, Denmark: geochemical and geological evidence. Marine Geology* 103, 1-13.
- Lance S., Henry P., Le Pichon X., Lallement S., Chamley H., Rostek F., Fauge`res J.-C., Gonthier E., and Olu K. (1998) *Submersible study of mud volcanoes seaward of the Barbados accretionary wedge: Sedimentology, structure and rheology. Mar. Geol.* 145, 255–292.
- Lewis KB, Marshall BA 1996. *Seep faunas and other indicators of methane-rich dewatering on New Zealand convergent margins. N. Z. J. Geol. Geophys.* 39: 181-200.
- Ligi, M., Cocchi, L., Bortoluzzi, G., D'Oriano, F., Muccini, F., Caratori Tontini, F., de Ronde, C. E. J., Carmisciano, C., 2014. *Mapping of Seafloor Hydrothermally Altered Rocks Using*

- Geophysical Methods: Marsili and Palinuro Seamounts, Southern Tyrrhenian Sea. Economic Geology, 109(8), 2103–2117.*
- *Lonsdale, P. 1977. Clustering of suspension-feeding macrobenthos near abyssal hydrothermal vents at oceanic spreading centers. Deep-Sea Res., 24(9), 857-863.*
 - *Lupton, J., De Ronde, C., Sprovieri, M., Baker, E.T., Bruno, P.P., Italiano, F., Walker, S., Faure, K., Leybourne, M., Britten, K., Greene, R., 2011. Active hydrothermal discharge on the submarine Aeolian Arc. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 116 (2), art. no. B02102*
 - *Milia A., Molisso F., Raspini A., Sacchi M., Torrente M.M., 2008. Syn-eruptive features and sedimentary processes associated with pyroclastic currents entering the sea: the 79 AD eruption of Vesuvius, Naples Bay, Italy. Journal of the Geological Society, 165, 839-848.*
 - *Milia A., Torrente M. M. (1999) - Tectonics and stratigraphic architecture of a pery-Tyrrhenian half-Graben (Bay of Naples, Italy). Tectonophysics, 315:297-314.*
 - *Milia, A., (1998). Stratigrafia, strutture deformative e considerazioni sull'origine delle unità deposizionali oloceniche del Golfo di Pozzuoli (Napoli). Boll. Soc. Geol. It., 117, 777–787.*
 - *Passaro S., Barra M., Saggiomo R., Di Giacomo S., Leotta A., Uhlen H., Mazzola S., 2013. Multi-resolution morpho-bathymetric survey results at the Pozzuoli-Baia underwater archaeological site (Naples, Italy). Journal of Archaeological Science, 40, 1268-1278.*
 - *Passaro, S., Genovese, S., Sacchi, M., Barra, M., Rumolo, P., Tamburrino, S., Mazzola, S., Basilone, G., Placenti, F., Aronica, S., Bonanno, A., 2014. First hydroacoustic evidence of marine, active fluid vents in the Naples Bay continental shelf (Southern Italy). Journal of Volcanology and Geothermal Research, 285, pp. 29-35.*
 - *Paull C.K., Ussler W., Borowski W.S., Spiess F.N. 1995. Methane-rich pumes on the Carolina continental rise: associations with gas hydrates. Geology 23(1), 80-92.*
 - *Peckmann, J., Reimer, A., Luth, U., Luth, C., Hansen, B., Heinicke, C., Hoefs, J., Reitner, J., 2001. Methane-derived carbonates and authigenic pyrite from the northwestern Black Sea. Marine Geology 177, 129–150.*
 - *Pescatore, T., Diplomatico, G., Senatore, M.R., Tramutoli, M., Mirabile, L., 1984. Contributi allo studio del Golfo di Pozzuoli: aspetti stratigrafici e strutturali. Mem Soc Geol It 27, 133–149.*
 - *Ritger, S., Carson, B., Suess, E., 1987. Methane-derived authigenic carbonates formed by subduction-induced pore-water expulsion along the Oregon/Washington margin. Geological Society of America Bulletin 98, 147–156.*
 - *Roberts H.H. 2001. Fluid and gas expulsion on the Northern Gulf of Mexico Continental Slope: Mud-Prone to Mineral-Prone responses. In: C.K. Parnell & K.P. Dillon (Eds), Natural Gas Hydrates: Occurrence, Distribution and Detection. Geophysical Monograph 124, 145-161.*

- Sacchi M., Aiello G., Angelino A., Budillon F., Ferraro L., Insinga D., Iorio M., Molisso F., Morra v., Tonielli R., 2001. Pyroclastic diapyrs in the Bay of Naples, Eastern Tyrrehenian Sea, EUG XI Symposium, Strasbourg, 8-12 Aprile 2001, Abstract OS03, p.517.
- Sacchi M., Alessio G., Aquino I., Esposito E., Molisso F., Nappi R., Porfido S., Violante C., 2009. Risultati preliminari della campagna oceanografica CAFE_07 – Leg 3 nei Golfi di Napoli e Pozzuoli, Mar Tirreno Orientale. *Quaderni di Geofisica*, 64, 3-26.
- Sacchi, M., Insinga, D., Milia, A., Molisso, F., Raspini, A., Torrente, M.M., Conforti, A., 2005. Stratigraphic signature of the Vesuvius 79 AD event off the Sarno prodelta system, Naples Bay. *Marine Geology* 222-223, 443–469.
- Sakai H., Gamo T., Ogawa Y. Boulègue J., 1992. Stable isotopic ratios and origins of the carbonate crust collected from the subduction-induced cold seepage at the Eastern Nankai Trough. *Earth Planetary Sci. Lett.*, 109, 391–404.
- Sample J.C. 1996. Isotopic avidence from authigenic carbonates for rapid upward fluid flow in accretionary wedges. *Geology* 24(10), 897-900.
- Segre, A., (1970). *La carta batimetrica n. 1256, I.I. del Golfo di Pozzuoli. Istituto Idrografico della Marina, Genova, p. 12.*
- Stakes D.S., Orange D., Paduan J.B., Salamy A., Norman M. 1999. Cold-seeps and authigenic carbonate formation in Monterey Bay, California. *Marine Geology* 159, 93-109.
- Suess, E., M.E. Torres, G. Bohrmann, R.W. Collier, J. Greinert, P. Linke, G. Rehder, A. Trehu, K. Wallmann, G. Winckler, and E. Zuleger, 1999. Gas hydrate destabilization: enhanced dewatering, benthic material turnover, and large methane plumes at the Cascadia convergent margin, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 170, 1-15.
- Van Dover C. L., 2000. *The Ecology of Deep-Sea Hydrothermal Vents, Princeton University Press, 352 pp.*
- Von Rad U, Rösch H, Berner U, Geyh M, Marchig V, Schulz H (1996) Authigenic carbonates derived from oxidized methane vented from the Makran accretionary prism off Pakistan. *Mar Geol* 136:55–77.
- Wiedicke M, Sahling H, Delisle G, Faber E and 6 others (2002) Characteristics of an active vent in the fore-arc basin of the Sunda arc, Indonesia. *Mar Geol* 184:121–141.

All. 1 - Estratto del diario di bordo

<i>Data</i>	<i>Orario locale</i>	<i>Attività</i>
22/08/14	14.30	Partenza dal Porto di Napoli
	15.00	Acquisizione Multibeam, Singlebeam, Chirp e Magnetometro. Rilievo emissioni
23/08/14	09.20	Calata ROV
	10.50	Calata ROV
	13.30	Acquisizione Multibeam, Singlebeam, Chirp e Magnetometro. Rilievo emissioni
	21.00	Ritrovamento dicco
24/08/14	11.40	Acquisizione Multibeam, Singlebeam, Chirp e Magnetometro. Rilievo emissioni
25/08/14	09.30	Calata ROV
	11.30	Calata ROV
	12.00	Campionamento fluido
	12.30	Campionamento fluido
26/08/14	16.00	Calata ROV
	20.00	Acquisizione Multibeam, Singlebeam, Chirp e Magnetometro. Rilievo emissioni
27/08/14	10.30	Calata ROV
	12.30	Acquisizione Multibeam, Singlebeam, Chirp e Magnetometro. Rilievo emissioni
	12.00	Acquisizione Side Scan Sonar, ispezione dicco
	13.30	Calata ROV
	15.00	Calata benna
	15.30	Calata benna
	16.00	Calata CTD
	16.20	Calata CTD
	16.40	Calata CTD
	17.30	Calata CTD
	17.50	Calata CTD
	18.15	Calata CTD
	18.30	Calata CTD
	19.00	Calata CTD
	19.30	Calata CTD
	20.00	Calata CTD
	20.50	Calata CTD
	22.00	Acquisizione Sparker Linea1
29/08/14	00.40	Rilievo emissione
29/08/14	03.00	Acquisizione Sparker Linea3, Multibeam, Chirp e Magnetometro
	10.30	Prelievo carota
	13.50	Calata CTD
	14.30	Calata CTD
	15.10	Calata CTD
	15.45	Calata CTD
	16.45	Calata CTD

	17.00	Calata CTD
	17.30	Calata CTD
	18.00	Calata CTD
	18.30	Calata CTD
	19.00	Calata CTD
	19.20	Calata CTD
	19.30	Calata CTD
	19.40	Calata CTD
	20.00	Calata CTD
	20.30	Calata CTD
	20.50	Calata CTD
	21.30	Calata CTD
	22.00	Acquisizione Multibeam, Singlebeam, Chirp e Magnetometro.
30/08/14	05.45	Acquisizione Sparker Linea4
	12.30	Emissioni
	12.40	Calata CTD
	13.00	Calata CTD
	13.20	Calata CTD
	13.45	Calata CTD
	14.00	Calata CTD
	14.30	Calata CTD
	15.20	Calata NISKIN
	15.50	Calata benna
	16.40	Calata benna
	17.00	Calata NISKIN
	17.30	Calata NISKIN
	17.50	Calata benna
	18.30	Calata NISKIN
	18.50	Calata benna
	20.50	Calata benna
	21.00	Calata NISKIN
	21.30	Calata benna
	22.00	Calata NISKIN
	23.50	Acquisizione Multibeam, Singlebeam, Chirp e Magnetometro.
31/08/14	08.30	Prelievo carota
	09.50	Acquisizione Sparker Linea3
	13.15	Fine acquisizione