



CAMPAGNA OCEANOGRAFICA AEOLIAN '07

(24 Ottobre – 26 Novembre 2007)

RAPPORTO ATTIVITA'

Mario Sprovieri, Salvatore Passaro, Ennio Marsella, Pierpaolo Bruno, Edward T. Baker, Corel De Ronde, Erlisiana Anzalone, Karen Britten, Francesca Crisafi, Marianna Del Core, Gabriella Di Martino, Claudio D'Isanto, Kevin Faure, Serena Gherardi, Sara Innangi, Franco Italiano, Violetta La Cono, Matthew Leybourne, John E. Lupton, Girolamo Milano, Lidia Prevedello, Michele Punzo, Stefano Ruggieri, Simone Sammartino, Paolo Scotto di Vettimo, Lucia Spada, Stella Tamburrino, Renato Tonielli, Mattia Vallefuoco, Rita Viscardi, Sharon L. Walker

Febbraio 2008

INTRODUZIONE

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 nell'area mediterranea, poco sforzo è stato speso per un'adeguata comprensione dei processi idrotermali che interessano aree estremamente complesse, dal punto di vista geologico, come quella del mar Tirreno meridionale. In quest'area insistono sistemi di bacini di retroarco e sistemi di roll back in corrispondenza di noti seamounts (Marsili, Palinuro, Vavilov), nonché attività magmatica tipica di arco di isole (in corrispondenza del gruppo delle Eolie) con magmatismo assai diverso in evoluzione verso un sistema calcalino alto in potassio.

Al fine di individuare potenziali flussi idrotermali in suddetta zona, è stata instaurata una collaborazione tra i ricercatori del nostro Istituto (IAMC-CNR di Napoli), e dell'Osservatorio Vesuviano (INGV) di Napoli, con il gruppo di ricercatori del NOAA di Seattle e del GNS neozelandese, considerati 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, quindi, pianificata una campagna oceanografica focalizzata su un survey sistematico delle attività idrotermali potenzialmente presenti nell'area meridionale del mar Tirreno (Fig. 1).

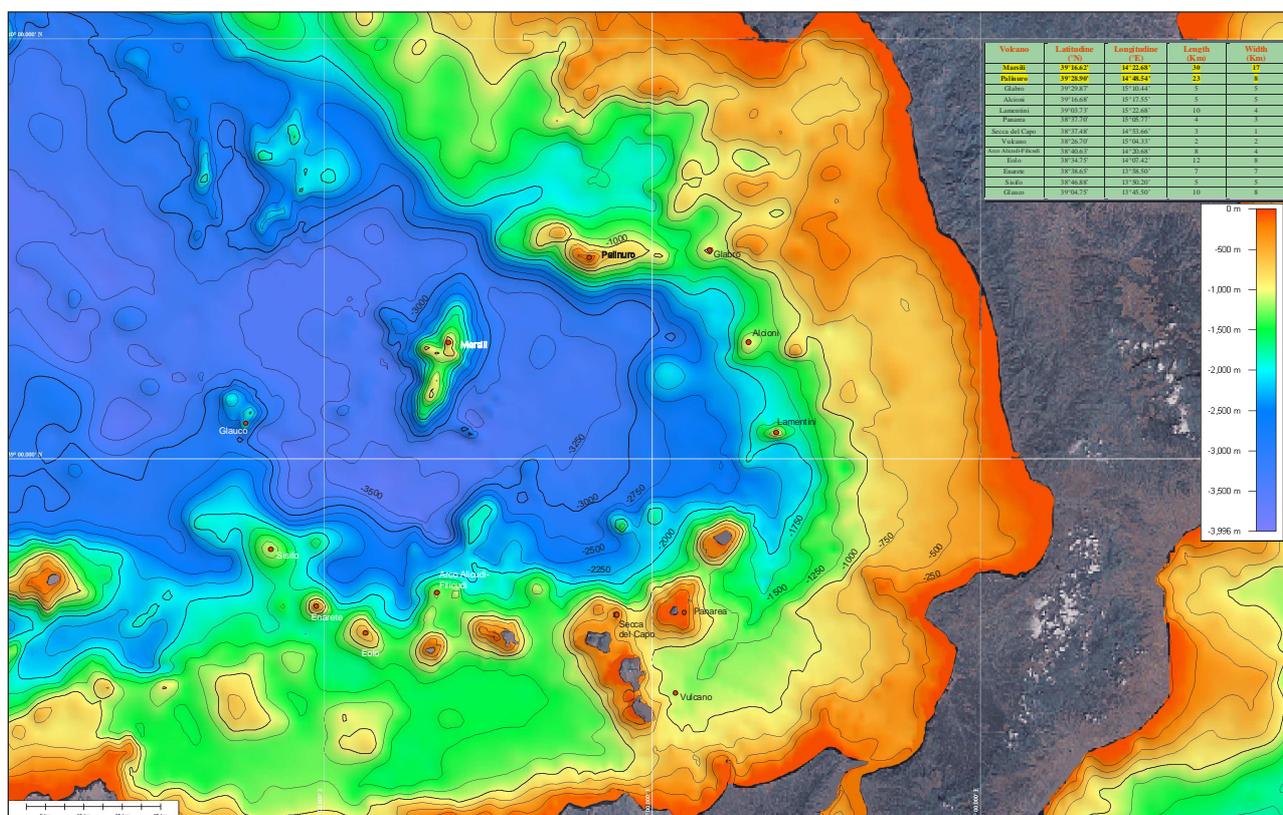


Figura 1: Possibile attività idrotermale dell'area meridionale del mar Tirreno

1. LA CAMPAGNA OCEANOGRAFICA AEOLIAN'07

Una serie di riunioni ha permesso di chiarire le complessità tecniche legate alla campagna oceanografica in sé e la potenziale strategia di lavoro da adottare durante il survey a mare.

La campagna, pianificata per il periodo 29 ottobre-26 novembre, è stata suddivisa in due Leg consecutivi con cambio di equipaggio il 12 novembre. Imbarco e sbarco finale ed intermedio sono stati previsti nel porto di Napoli.

La complessità della componente logistica della campagna è stata soprattutto legata all'utilizzo del CTD con relativa rosetta non solo in assetto di calata verticale, ma anche sotto traino (sebbene ad una velocità media di solo $\sim 3 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) per un'efficiente identificazione della variabilità dei parametri selezionati lungo traiettorie e profondità diverse (sistema di indagine "tow-yo"). Il sistema utilizzato è sostanzialmente simile a quello di uno yo-yo che viene governato dalla superficie del mare e che, in movimento, permette di verificare la presenza di strati con caratteristiche chimico-fisiche differenti. Il dataset, una volta ottenuto ed opportunamente interpolato, permette di caratterizzare masse d'acqua con diversa influenza da plumes idrotermali.

Una serie di riunioni con i tecnici della società SOPROMAR (proprietaria della N/O Urania), hanno permesso di risolvere le prime diffidenze sulle possibilità tecniche della strumentazione a bordo della nave nel compiere operazioni di CTD a traino. A seguito di tali riunioni sono state pianificate ed eseguite le seguenti modifiche a i vari sistemi a bordo:

- appesantimento del frame del CTD tramite sostituzione della base della rosetta con una struttura circa 200 kg. Tale modifica ha permesso una stabilizzazione della rosetta stessa in fase di movimento della nave ed acquisizione in assetto di tow-yo (Fig. 2A).
- spostamento del verricello per il traino del CTD-rosetta a poppa in modo da potere correttamente effettuare le operazioni di traino dello stesso durante il "tow-yo" (Fig.2B).
- acquisto e montaggio di un nuovo cavo (da 12 mm) lungo 5000 m in grado di sostenere le tensioni del CTD-Rosetta durante le operazioni di "tow-yo".

Il costo totale di tale operazione, è stato di 28,000 €.

Il sistema assemblato in circa 2 giorni ha adeguatamente risposto alle esigenze del survey.



Figura 2 - A: Modifiche apportate al sistema CTD - il cerchio rosso indica i nuovi pesi applicati;



Figura 2 - B: Modifiche apportate al sistema CTD - Frame della rosetta, posizionamento del verricello a poppa

2. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Per l'indagine geochimica e geofisica, è stata utilizzata la seguente strumentazione:

- **Multibeam:** Reson SeaBat 8160, montato a scafo sull' N/O Urania, permette di esplorare settori di fondali con profondità compresa fra i 10/ 3000 metri.

Caratteristiche tecniche del SEABAT 8160	
Frequenza acustica	50 Khz
Range	10 m – 5000 m
Numero di beam	126 beam
Ampiezza dei beam	1.5° across track - 1.5°/3°/4.5°/6° along track
Ampiezza totale del fascio	150°
Lunghezza dell'impulso	0.2 msec – 10 msec
Ping rate	Variabile da 15 a 0.141
Risoluzione	1.4 / 2.9 / 8.6 cm (funzione del range)
Copertura dello swath	4x
Massima profondità operativa	3000 metri

Tabella 1: *Caratteristiche tecniche del multibeam utilizzato durante il survey*

I dati batimetrici sono stati acquisiti con il software PDS2000 della Reson, che comprende le funzionalità di navigazione, acquisizione, processing e realizzazione cartografica.

Durante il processo di acquisizione sono stati applicati i seguenti filtri: il *Quality Filter* che evidenzia le letture con una bassa qualità, il *Nadir Filter* che marca i dati esterni meno attendibili, i filtri angolari *Intersect* e *Slope* che vengono applicati in presenza di fondali pianeggianti. Il software ha inoltre permesso di registrare i profili di velocità del suono nella colonna d'acqua necessari per un calcolo accurato della profondità. A tale scopo sono state effettuate delle calate CTD prima di iniziare i rilievi in ognuna delle aree.

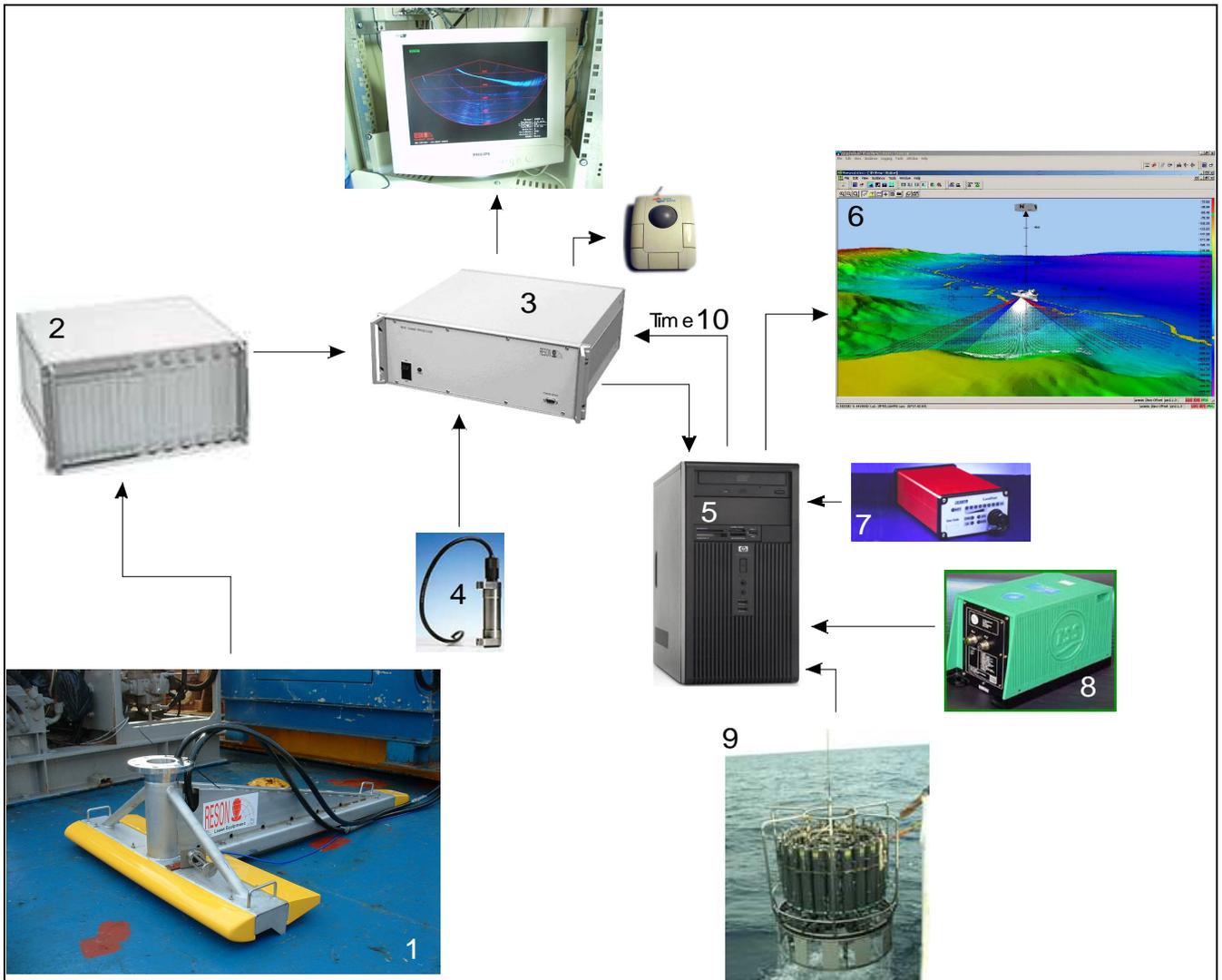


Figura 2: Schema delle connessioni del multibeam SeaBat 8160 – Il SeaBat 8160 (1) è direttamente collegato all'Unità di Potenza (2) che gestisce gli impulsi emessi e ricevuti dai trasduttori. L' UP è collegata all'Unità Centrale (3) con cui l'operatore interagisce con la strumentazione mediante una trackball. Alla CU è collegata anche una sonda di velocità (4) installata sui trasduttori per effettuare il beam steering. Attraverso la rete LAN i dati multibeam arrivano al Pc (5) su cui è installato il software PDS2000 (6) che riceve inoltre, tramite connessioni seriali, i dati di posizionamento (7) e del sensore di movimento (8) per registrare pitch, roll, heave ed heading della nave ed effettuare le correzioni in tempo reale. Infine il PDS2000 fornisce alla CU come output una stringa del Time (10) per la sincronizzazione.

- **CTD 911 PLUS (SeaBird Electronics, Inc.)** per l'acquisizione di profili di temperatura, pH, salinità e densità lungo la colonna d'acqua di elevata accuratezza. Alla base del frame della rosetta sono stati inoltre montati tre nuovi sensori utili per l'analisi di particelle in sospensione, dell'ossigeno disciolto e di Eh.

Le specifiche generali della sonda CTD sono qui di seguito riportate:

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

Il sistema della sonda CTD può operare sia in condizioni di accuratezza 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).

A titolo di esempio si riporta un diagramma della sonda CTD su calata verticale misurato durante la crociera (Fig. 4)

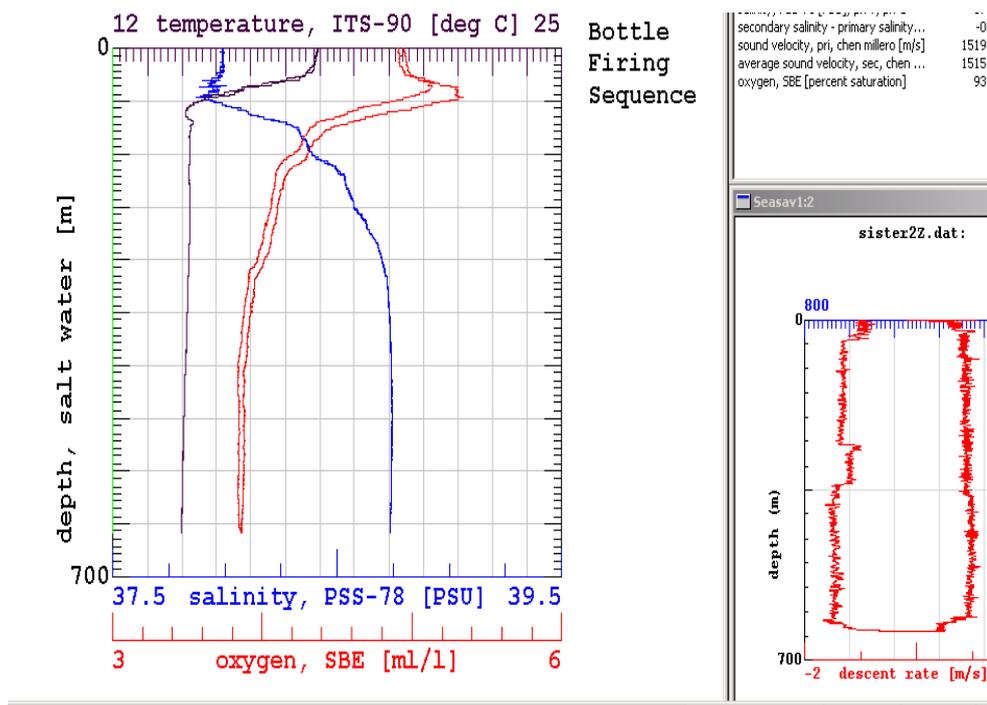


Figura 4: Diagramma del CTD acquisito su calata verticale.

Il CTD è montato su una “rosetta” di 24 bottiglie Niskin (Fig.2B) su un unico castello metallico.

- **Magnetometro:** G811/813 (Geometrics) con specifiche:
intervallo di misura 20 secondi;
sensibilità 0.5γ ;
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 sul seamount Palinuro

- **Benna e box-corer:** per il prelievo di sedimenti superficiali e di profili indisturbati (circa 35 cm).



Figura 5: Box-corer e benna

- **Subbottom Chirp Profiler Datasonic 6600:** Sistema ChirpII da 5kHz con tuning thickness 0.1 ms.

3. TEMPISTICA ED EQUIPAGGI

La necessità di eseguire i lavori di preparazione del sistema CTD-rosetta utile per le fasi di acquisizione in assetto “tow-yo”, ha richiesto 3 giorni in più di lavoro (al di fuori della navigazione), e rispettivamente due giorni per l’assemblaggio e un giorno (alla fine della campagna) per il ripristino delle condizioni iniziali della nave oceanografica Urania. Pertanto il tempo realmente a disposizione del survey è stato di 29 giorni (dal 29 ottobre al 26 novembre).

L’intero periodo è stato suddiviso in due Legs (31 ottobre – 12 novembre, 12 – 24 novembre).

Durante i due Legs sono state realizzate le seguenti attività:

I Leg:

- 1) Acquisizione delle immagini da multibeam per la definizione della geo-morfologia delle aree da investigare prima dell’utilizzo del CTD in assetto da “tow-yo”;
- 2) Individuazione di potenziali plume idrotermali tramite l’uso di sensori CTD (pH, Eh, light scattering, temperatura, conducibilità).
- 3) Campionamento di acque tramite bottiglie Niskin durante l’attività di “tow-yo” per analisi di:
 - pH, metano (già a bordo tramite analisi in gas cromatografia)
 - isotopi dell’He, isotopi di tutti i gas nobili, metalli in tracce (in fase disciolta e particolato) e metalli in tracce (come campione totale non filtrato) da analizzare in laboratorio.

II Leg:

Esplorazione ad alta risoluzione della parte sommitale e medio-profonda dei banchi vulcanici Marsili e Palinuro (Eastern Tyrrhenian Margin, ETM) tramite acquisizione di dati batimetrici, magnetici, di sismica a riflessione monocanale ad alta risoluzione (sistema Chirp).

Durante il secondo Leg sono state inoltre effettuate campionature di sedimenti per analisi geochimiche, calate CTD e campionature delle acque a varie profondità per lo studio sia delle associazioni batteriche presenti lungo la colonna che del tenore dei metalli in tracce e dei ree’s.

Le analisi geochimiche sono state pianificate per valutare l’eventuale presenza di attività idrotermale, passata o presente, nell’area di interesse. Il personale imbarcato durante i due Legs è riportato nelle Tabelle 2 e 3 con i relativi ruoli.

AEOLIAN'07		
I LEG (13 – 24 Novembre 2007)		
Cognome Nome	Nazionalità	Ruolo
Sprovieri Mario	ITA	Ricercatore - Capo Missione
Scotto di Vettimo Paolo	ITA	Tecnico
Bruno Pierpaolo	ITA	Ricercatore - Acquisizione Chirp
Sammartino Simone	ITA	Assegnista – Acquisizione Multibeam
Tonielli Renato	ITA	Tecnologo – Responsabile Acquisizione Multibeam
Innangi Sara	ITA	Assegnista – Responsabile di turno
Di Martino Gabriella	ITA	Assegnista – Responsabile di turno
Del Core Marianna	ITA	Dottoranda –Campionamenti d’acqua
Italiano Franco	ITA	Ricercatore -Campionamenti d’acqua
Viscardi Rita	ITA	Studentessa – Acquisizione Multibeam
De Ronde Cornel	NZ	Ricercatore – Acquisizione “tow-yo”
Leybourne Matthew	CDN	Ricercatore – Acquisizione “tow-yo”
Faure Kevin	ZA	Ricercatore – Acquisizione “tow-yo”
Britten Karen	NZ	Tecnico – Acquisizione “tow-yo”
Lupton John E.	USA	Ricercatore – Acquisizione “tow-yo”
Walker Sharon L.	USA	Ricercatore – Acquisizione “tow-yo”
Baker Edward T.	USA	Tecnico – Acquisizione “tow-yo”
Spada Lucia	ITA	Dottoranda –Campionamenti d’acqua

Tabella 2: *Elenco dell’equipaggio scientifico del I Leg*



Figura 6: *Equipaggio scientifico imbarcato al I Leg*

AEOLIAN'07		
I LEG (13 – 24 Novembre 2007)		
Cognome Nome	Nazionalità	Ruolo
Passaro Salvatore	ITA	Ricercatore - Capo Missione
D'Isanto Claudio	ITA	Contrattista – Responsabile di turno
Tamburrino Stella	ITA	Dottoranda – Campionamenti d'acqua
Prevedello Lidia	ITA	Assegnista – Campionamenti d'acqua
Anzalone Erlisiana	ITA	Assegnista – Campionamenti
Gherardi Serena	ITA	Assegnista – Campionamenti d'acqua
Vallefuoco Mattia	ITA	Dottorando – Campionamenti d'acqua
Ruggieri Stefano	ITA	Contrattista – Responsabile di turno
La Cono Violetta	ITA	Dottoranda – Campionamenti d'acqua
Crisafi Francesca	ITA	Dottoranda – Campionamenti d'acqua
Milano Girolamo	ITA	Ricercatore – Acquisizione Geofisica
Punzo Michele	ITA	Dottorando – Acquisizione Geofisica

Tabella 3: *Elenco dell'equipaggio scientifico del II Leg*



Figura 7: *Equipaggio scientifico imbarcato al II Leg*

4. ATTIVITA' DURANTE IL I LEG

La strategia seguita per l'esplorazione dell'attività idrotermale del Tirreno meridionale ha previsto due momenti. Nella prima fase è stata eseguita l'acquisizione multibeam della morfologia del fondo (nelle aree dove i differenti seamounts sono stati segnalati) per verificare, confermare o rivedere il dataset a disposizione recuperato prima dell'inizio della campagna stessa.

Nella seconda fase, si è iniziata l'attività di tow-yo e l'acquisizione di parametri chimico-fisici e il campionamento di acque tramite bottiglie Niskin.

Il campionamento per l'analisi dell'He è stata effettuato tramite due diverse metodologie: raccolta del campione in bottiglia di vetro in assenza di bolle d'aria (dal Dr. Franco Italiano) e, tramite campionamento dell'acqua all'interno di tubi di rame (Dr. John Lupton).

Per quanto riguarda i metalli in tracce, le metodiche di campionamento adottate dal gruppo italiano rispetto a quello neozelandese differiscono tra loro per la fase di filtraggio e acidificazione del campione. Nello specifico, il gruppo neozelandese, è stato più interessato al contenuto totale dei metalli (in fase disciolta e particellare), mentre il gruppo italiano si è interessato alla differenziazione della fase disciolta rispetto al particolato, per valutare i contributi dei metalli in tracce da potenziali differenti sorgenti.

Inoltre, il gruppo neozelandese focalizzerà le analisi sui valori di concentrazione di Fe e Mn, mentre il gruppo italiano estenderà l'analisi alla suite di metalli: Cr, Cu, Ni, V, Co, Mo, Fe, Mn, Pb, Hg, Se.

La strategia adottata durante il I Leg della campagna è stata fondamentalmente di tipo esplorativa. Ovvero, dopo l'acquisizione di immagini DTM sufficientemente dettagliate delle morfologie vulcaniche di interesse, si è passati all'utilizzo del sistema di acquisizione CTD – "tow-yo" lungo transetti selezionati. Questa operazione è stata effettuata per garantire una conoscenza molto dettagliata del fondale in modo da eseguire il transetto del "tow-yo" in totale sicurezza. A seguito dell'acquisizione si è provveduti ad compiere il processing dei dati acquisiti per la restituzione di un DTM ad alta risoluzione; a questo punto è stato stampato un profilo di dove effettuare il transetto "tow-yo".

L'eventuale aumento di particelle in sospensione, associato a variazioni dell'Eh e pH della soluzione acquosa hanno rappresentato le indicazioni su cui basare la scelta del campionamento di parti della colonna d'acqua potenzialmente interessate da plume idrotermali. Una volta a bordo, le bottiglie sono state campionate per la misura dei diversi parametri. La misura veloce delle concentrazioni [CH₄] e pH hanno rappresentato una preliminare conferma di eventuali di emissione idrotermale. Comunque, la definitiva marcatura del plume sarà confermata dalle analisi di

laboratorio, in particolare da quelle relative agli isotopi dell'He che chiaramente sono in grado di marcare la presenza di fluidi di origine mantellica.

4.1 SEQUENZA DELLE OPERAZIONI EFFETTUATE

La partenza della campagna è avvenuta il 31 ottobre 2007 alle ore 20.30 in direzione seamount Marsili.

Nella parte più profonda (in termini batimetrici) tra il seamount Marsili e il seamount Palinuro è stata effettuata una prima calata CTD per l'acquisizione di 12 campioni di acqua a diversi livelli di profondità utili per lo studio dei valori di background dei diversi parametri chimici analizzati e per la definizione della velocità del suono, utile al setting del multibeam. Si è quindi proceduto all'acquisizione di una prima linea sul seamount Marsili in direzione Nord-Sud e di una seconda linea nella direzione Sud-Nord, parallela alla prima con una sovrapposizione del 20% dello swath. Una volta terminata l'acquisizione si è proceduti con le fasi di processing in modo da definire con elevata accuratezza la morfologia del fondo. I primi risultati hanno evidenziato una situazione assai diversa sia in termini di direzionalità delle principali direttrici morfologiche del sistema considerato che in termini di risoluzione delle sue forme più caratteristiche. Sulla base del database acquisito è stata definita l'attività di "tow-yo" (Fig. 8). Sono stati raccolti 24 campioni d'acqua prelevati durante la fase di campionamento.

Non è stata identificata nessuna attività idrotermale, almeno sulla base dei parametri a disposizione in nessuna delle aree investigate.

StaName	$^3\text{He}/^4\text{He}$	CH_4	pH	TCO_2	TDMe	^3He	TM
V07B-01	11	13	14		11	3	5
T07B-01(start)							
T07B-01(end)	22	22	22		22	6	6
T07B-02(start)							
T07B-02(end)	8	16	16		15		
T07B-03(start)							
T07B-03(end)	15	15	15		15	12	12
V07B-02	10	10	10		10	2	2
V07B-03	10	10	10		10	3	3
V07B-04	15	12	17	5	18		
T07B-04(start)							
T07B-04(end)	11	11	3		11	3	7
T07B-05(start)							
T07B-05(end)	11	11	14		11		
V07B-05	6	8	8		8		
T07B-06(start)							
T07B-06(end)	6	6	6		6		5
V07B-06	6	6	6		6		
T07B-07(start)							
T07B-07(end)	9	9	9	4	9	2	2
T07B-08(start)							
T07B-08(end)	8	8	8		8		
V07B-07	7	7	10		7		
V07B-08	6	6	6		6		
V07B-09	5	5	5		5		
T07B-09(start)							
T07B-09(end)	13	13	13		13		
V07B-10	6	6	6		6		
T07B-10(start)							
T07B-10(end)							
V07B-11	7	7	7		7		
T07B-11(start)							
T07B-11(end)	10	10	10		10	2	
T07B-12(start)							
T07B-12(end)	7	7	7		7	2	
T07B-13(start)							
T07B-13(end)	7	7	7		7	1	2
V07B-12	7	9	9		9	4	4
V07B-13	6	6	6		6	4	
T07B-14(start)							
T07B-14(end)	10	10	10		10		

Tabella 4: *Visione d'insieme dei parametri monitorati durante la fase di tow-yo*

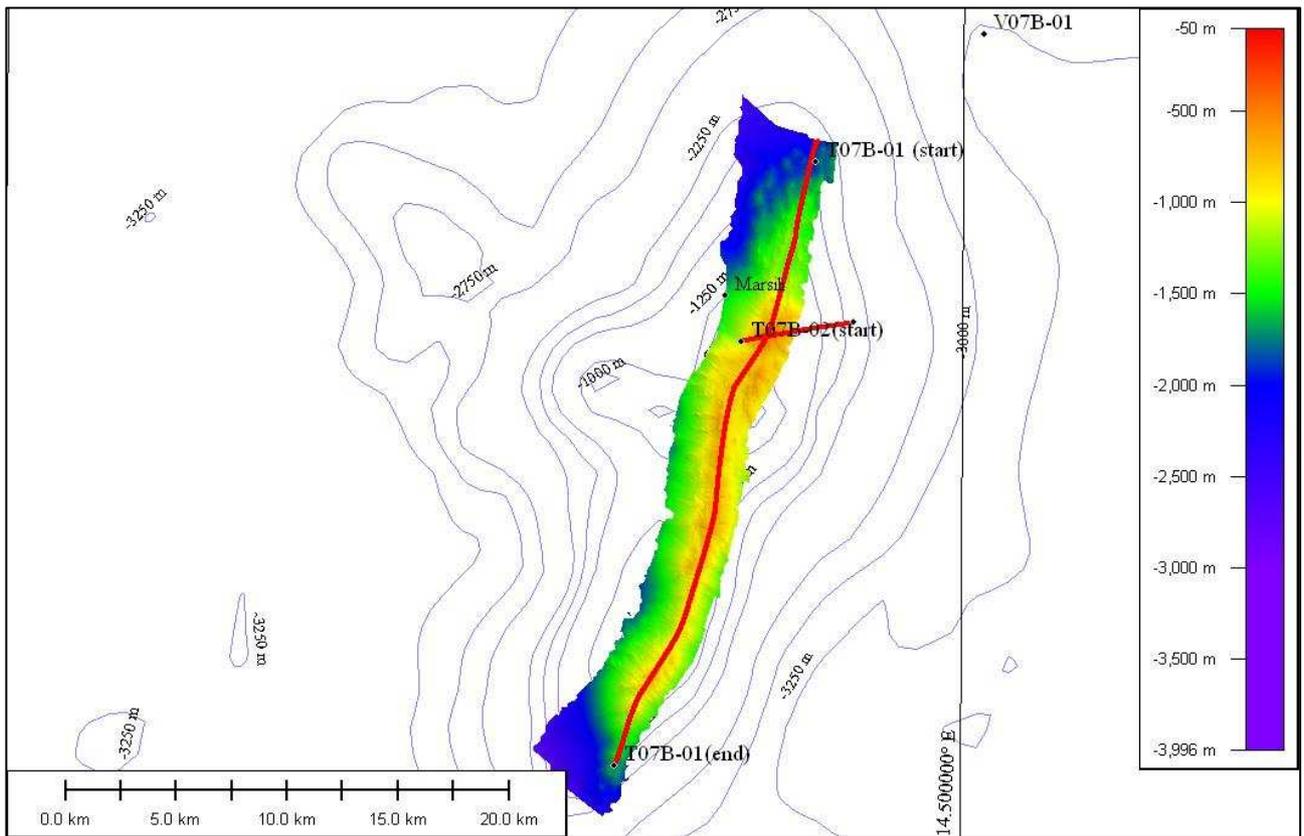


Figura 8: Mappa del settore acquisito sul Marsili e delle due rotte “tow-yo” eseguite (T07B-01 e T07B-02). V07B-01 è il sito della calata verticale effettuata tra il Marsili e il Palinuro.



Figura 9: Campionamento di acqua da Niskin



Figura10: *Campionamento di acqua da Niskin per analisi isotopiche dell' He*

Ci si è quindi trasferiti sulla struttura del seamount Palinuro per l'acquisizione multibeam. Anche in questo caso, precedenti dati di acquisizione della stessa struttura hanno mostrato evidenti differenze (in termini di shift longitudinale e dettaglio di acquisizione). Il DTM del seamount è mostrato in Fig. 11 con sovrapposta la rotta "tow-yo". Anche in questo caso, non è stata registrata alcuna attività idrotermale significativa. Sono stati raccolti 24 campioni d'acqua prelevati durante la fase di campionamento. Solo la parte più orientale del Palinuro ha mostrato una potenziale attività idrotermale (seppur ridotta) che è stata investigata in termini di calata verticale di CTD sul punto interessato. L'attività è stata confermata dall'analisi del contenuto di CH_4 e dalla presenza di uno spesso strato di particolato (Fig. 8). Informazioni dalla plancia (sulla base di informazioni visive dal 'fish finder') hanno indicato la presenza di potenziali plumes fuoriuscenti dal fianco del Palinuro che sono stati quindi campionati (con esito negativo).

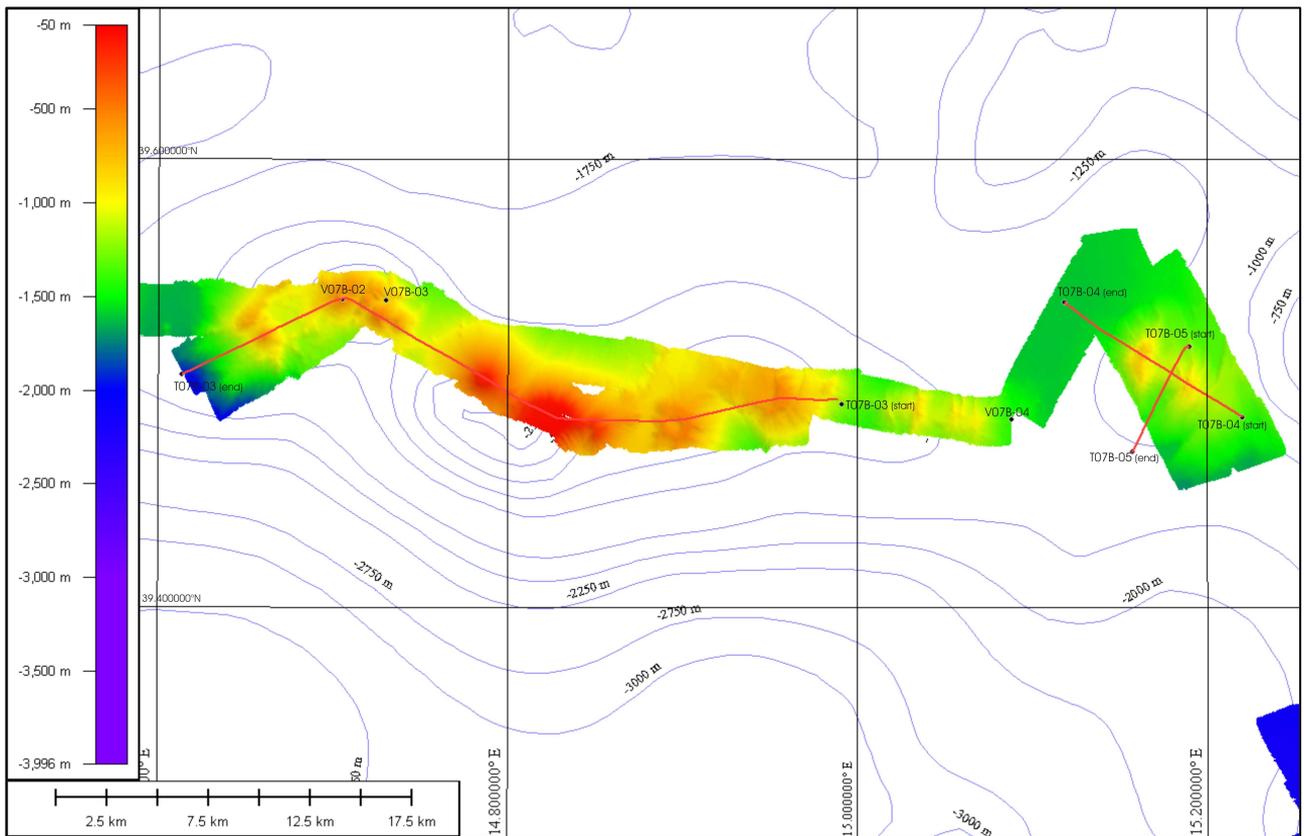


Figura 11: *Mappa del settore acquisito sul Palinuro e sul Glabro e delle rotte tow-yo e delle calate verticali effettuate.*

Le procedure sopra descritte per il Marsili e il Palinuro sono state eseguite nello stesso ordine su tutti gli altri seamount investigati (Fig. 9) e in alcuni casi, dove si registrava una potenziale attività idrotermale, sono state effettuate delle calate verticali di CTD sul punto interessato.

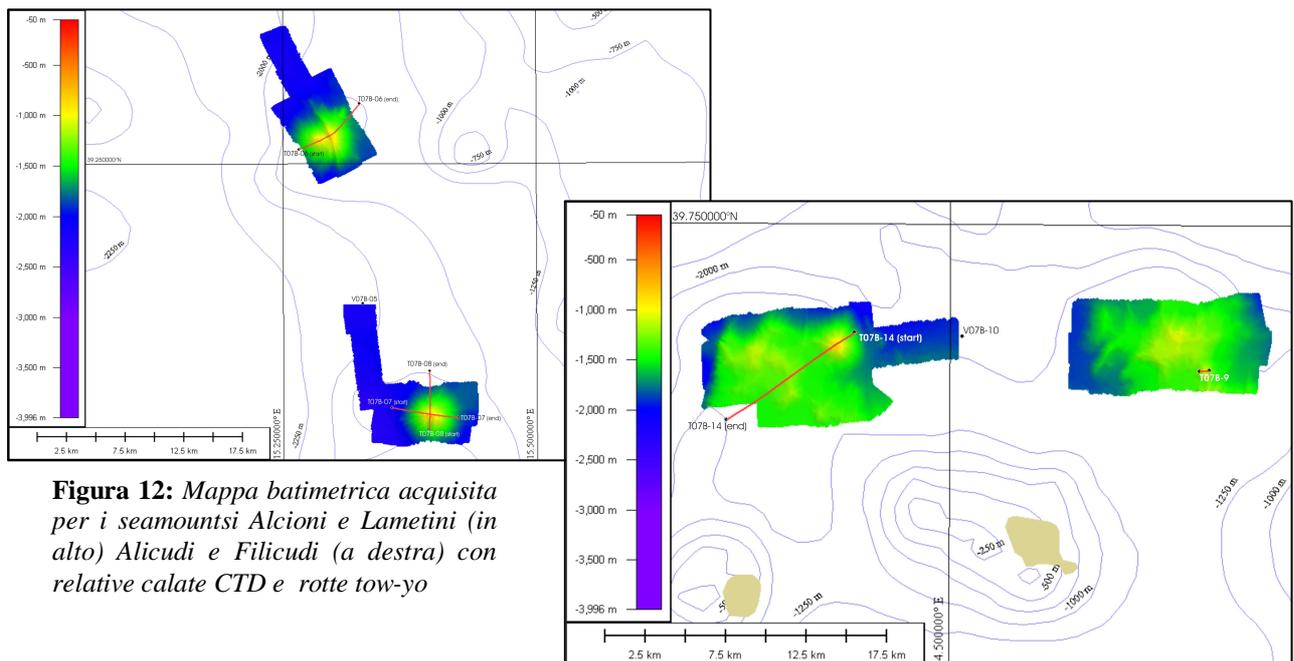


Figura 12: *Mappa batimetrica acquisita per i seamounts Alcioni e Lametini (in alto) Alicudi e Filicudi (a destra) con relative calate CTD e rotte tow-yo*

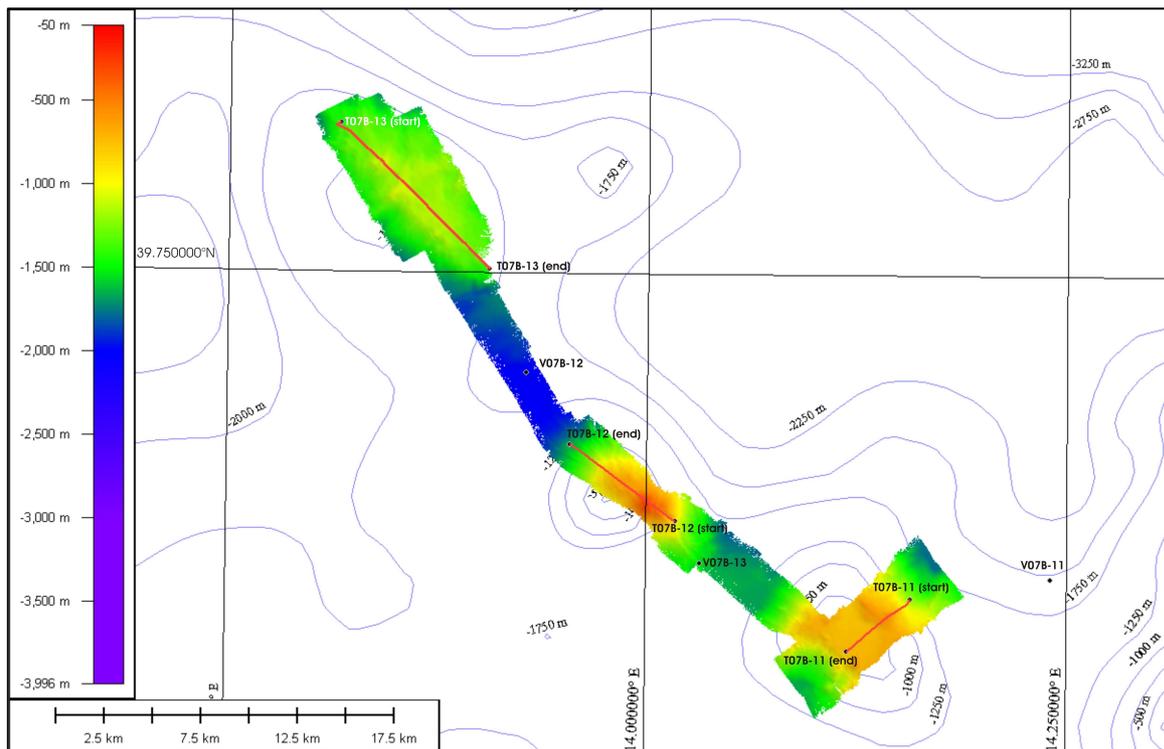


Figura 13: *Mappa batimetrica acquisita per i seamounts Eolo, Enarete e Sisifo (dal basso) con relative calate CTD e rotte “tow-yo” sovrainposte.*

4.2 DESCRIZIONE MORFOLOGICA DEGLI ALTI STRUTTURALI

In ogni settore sono state individuate le sommità delle strutture effettuando rilievi multibeam a partire da 2000 metri di profondità; per ogni alto sono state acquisite almeno due linee parallele con sovrapposizione del 40-50% per dare un maggior peso statistico al dato. Dopo una rapida elaborazione mediante il modulo Editing del PDS2000, i dati sono stati utilizzati per restituire un grid con il maggiore dettaglio possibile, generando una superficie non interpolata ma che fosse formata da triangoli i cui vertici fossero i punti acquisiti. Utilizzando i moduli di TerraSolid e TerraModeler sono stati trasferiti dal PDS2000 gli xyz acquisiti per tutti i beam processati e dopo un rapido controllo è stata costruita la surface ponendo i beam come vertici della superficie di triangolazione (metodo di Delounay).

Seamount Marsili

L'area investigata copre una superficie di 2 per 19 miglia. La struttura si sviluppa nella direzione Nord-Est/Sud-Ovest per circa 18 miglia con un andamento sigmoidale. I versanti mostrano un'uguale pendenza media sia sul fianco orientale che su quello occidentale. Lungo tutta la struttura non sono visibili morfologie associabili a crateri, mentre si possono contare 7 cuspidi rilevate rispetto alla profondità media di circa 1000 della cresta. Il fianco occidentale, maggiormente investigato si mostra solcato da canali con sezione arrotondata.

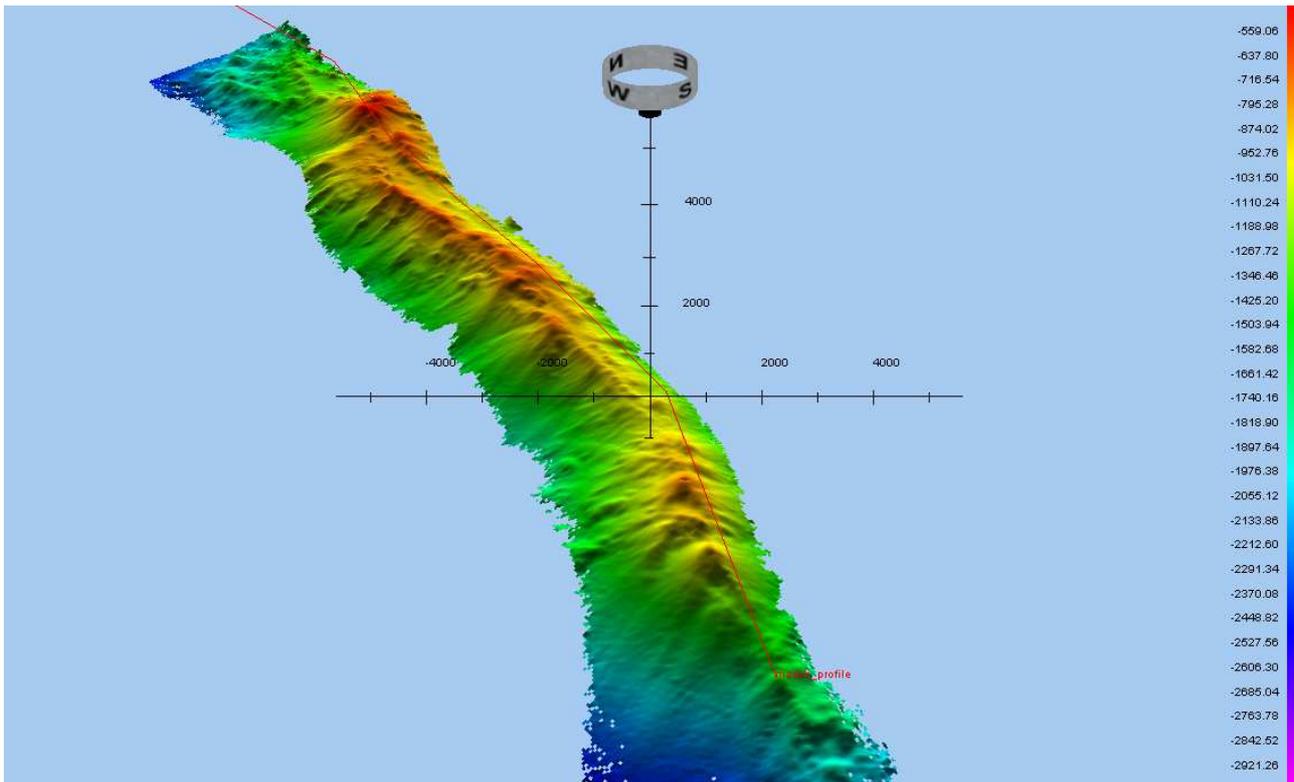


Figura 14: Immagine tridimensionale ottenuta dal processing dei dati acquisiti sul Marsili



Figura 15: Sezione del profilo N/S acquisito sul Marsili.

Seamount Palinuro

Da ovest verso est il Palinuro mostra un primo gruppo di alti strutturali che si sollevano da un fondale di circa 1200 m fino a 497 metri di profondità. Tali edifici sono allineati lungo una direttrice NW-SE, divisi in due gruppi distanziati tra loro di circa 4 km. Il primo gruppo presenta due edifici di forma conica separati da un avvallamento con orientamento NE-SW.

Il secondo gruppo è costituito da una serie di alti strutturali separati da due corridoi principali orientati secondo la direttrice NE – SW.

Continuando a spostarsi lungo sud- est possono essere individuati due grossi edifici tronco-conici le cui sommità sono distanziate tra loro di circa 4 km. Il primo edificio si sviluppa a partire da una profondità di circa 900 m fino a 152 m; tale sommità, che si estende per 780 metri, risulta sostanzialmente pianeggiante con una poco accentuata depressione nella parte centrale. Lungo il versante ovest si possono osservare degli allineamenti riconducibili a degli eventi franosi. Il secondo edificio presenta una sommità più estesa con un areale di circa 2000 metri; il top, posto ad una profondità di 85m, risulta anche in questo caso fortemente abraso.

Infine, sempre andando verso est, separato da un avvallamento posto ad una profondità di circa 1000 metri, si osserva un ultimo alto di forma circolare con una depressione centrale molto accentuata con un dislivello di 140m; questa struttura è compresa tra i 1200 metri ed i 714 metri di profondità.

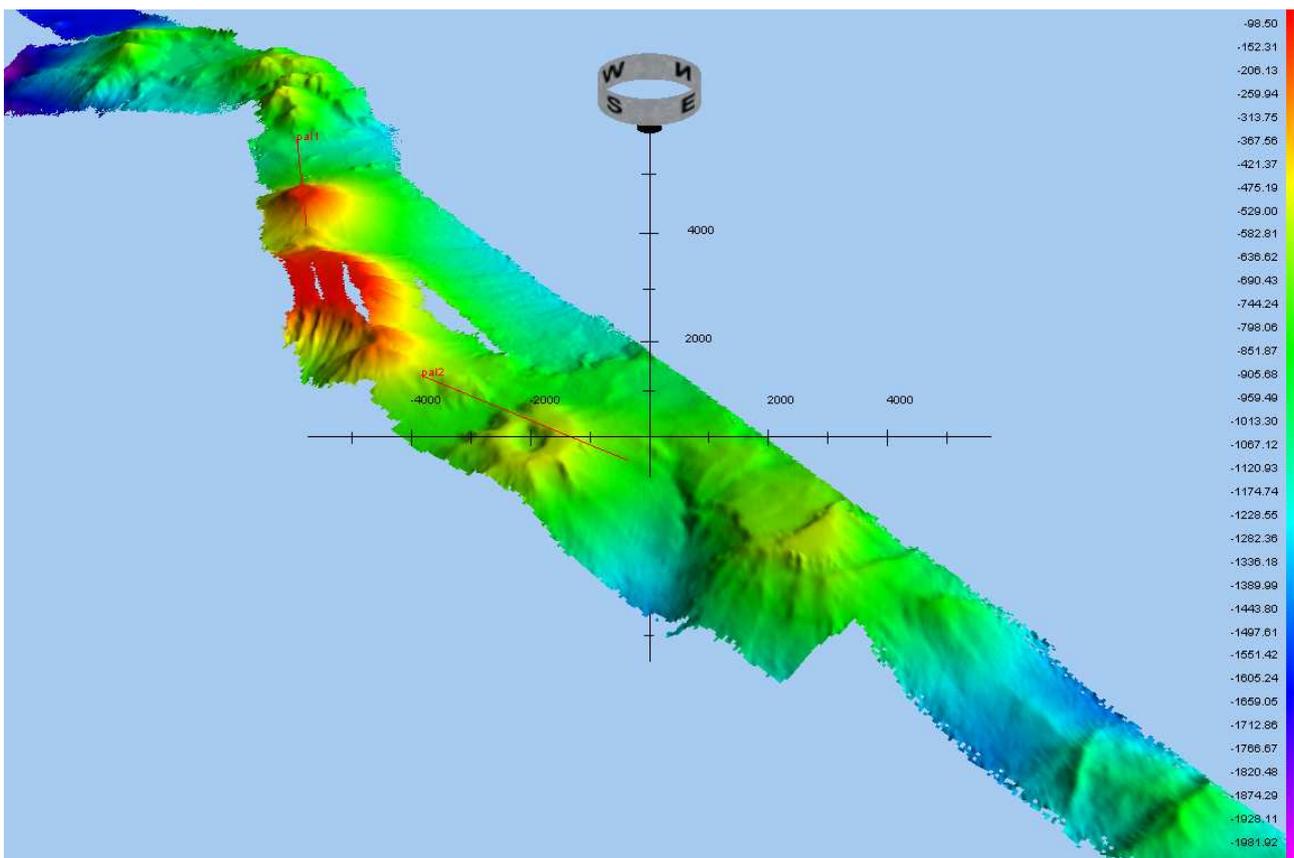


Figura 16: Immagine tridimensionale ottenuta dal processing dei dati acquisiti sul seamount del Palinuro.

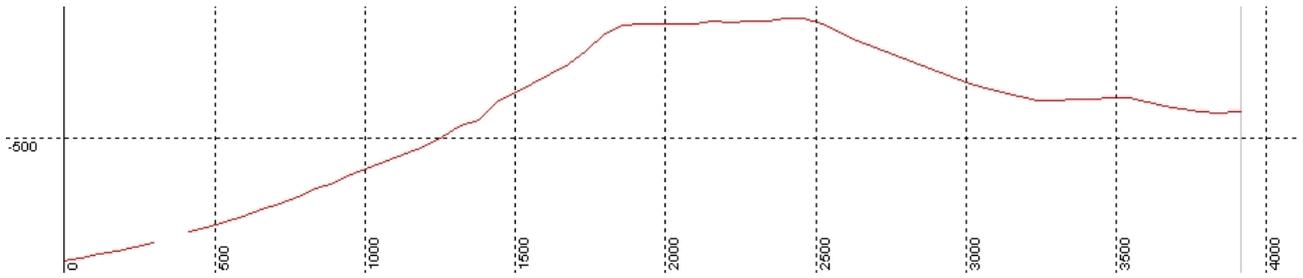


Figura 17: Sezione del profilo Pal 1 acquisito sul Palinuro

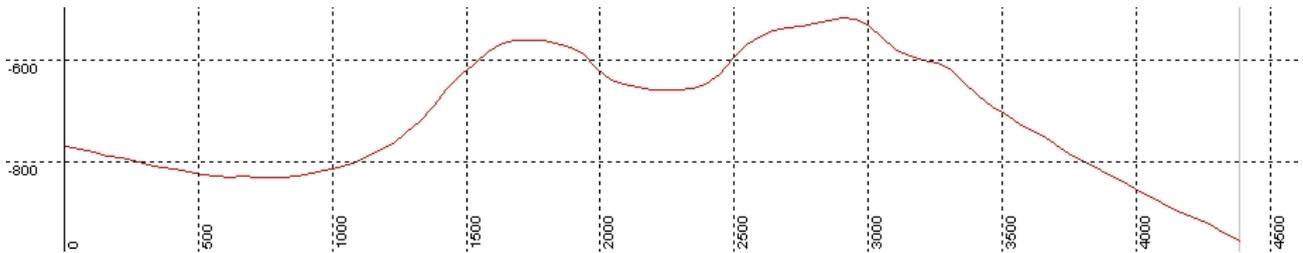


Figura 18: Sezione del profilo Pal 2 acquisito sul Palinuro

Seamount Glabro

L'alto strutturale del Glabro si sviluppa tra i 1400 ed i 830 metri di profondità.

E' costituito da due vette disposte lungo una direttrice NW – SE separate da una valle che corre in direzione NE – SW ampia circa un chilometro. La vetta più alta raggiunge gli 826 metri mentre la minore i 900 metri.

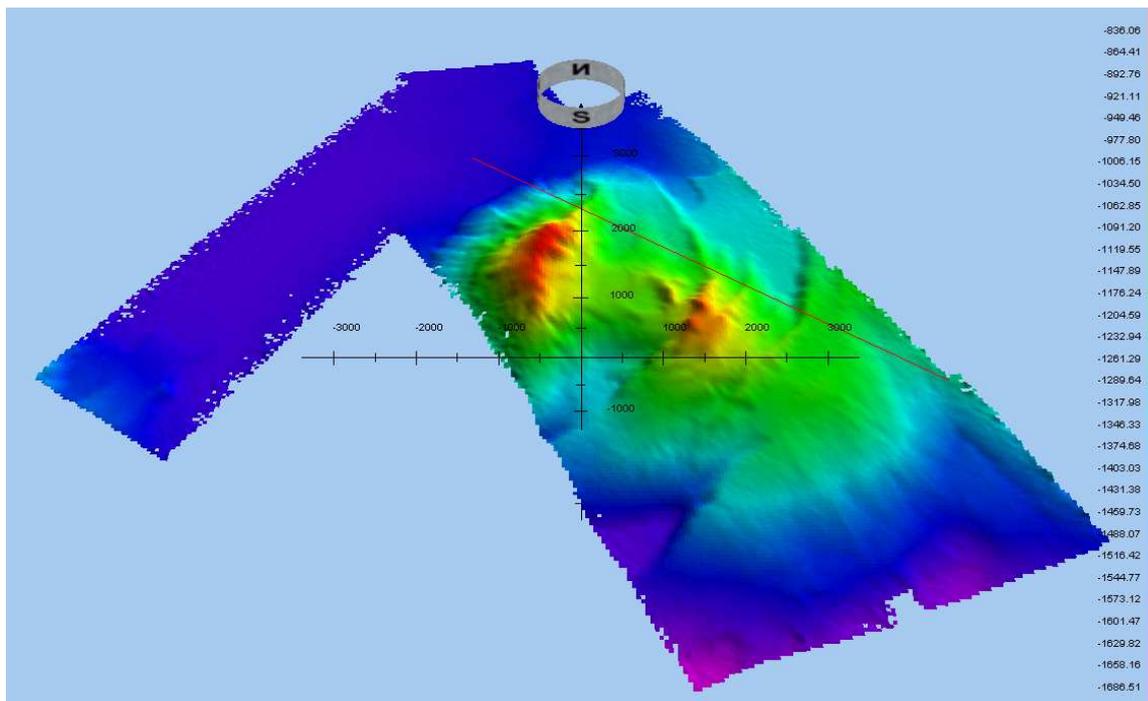


Figura 19: Immagine tridimensionale ottenuta dal processing dei dati acquisiti sul seamount del Glabro.

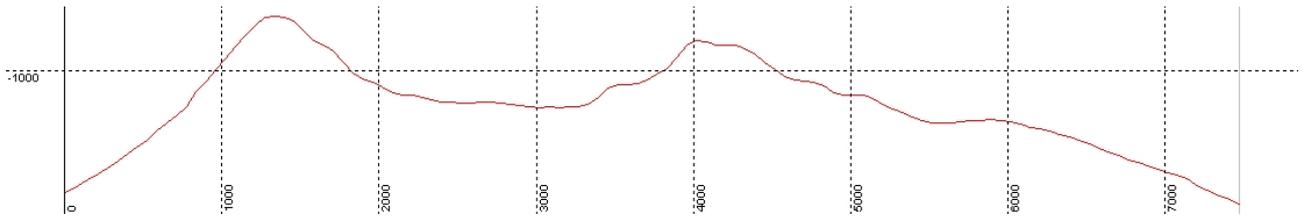


Figura 20: Sezione del profilo SE-NO acquisito sul Glabro.

Seamount Alcioni

Il vulcano Alcioni è formato da due corpi adiacenti posti a diversa profondità.

Il fondale circostante si trova ad una profondità di circa 1600 metri, mentre le due cime si trovano a 950 e a 840 metri di profondità. Esse sono separate da solco ampio circa 300 metri e da un dislivello di circa 200 metri orientato lungo la direttrice NW – SE.

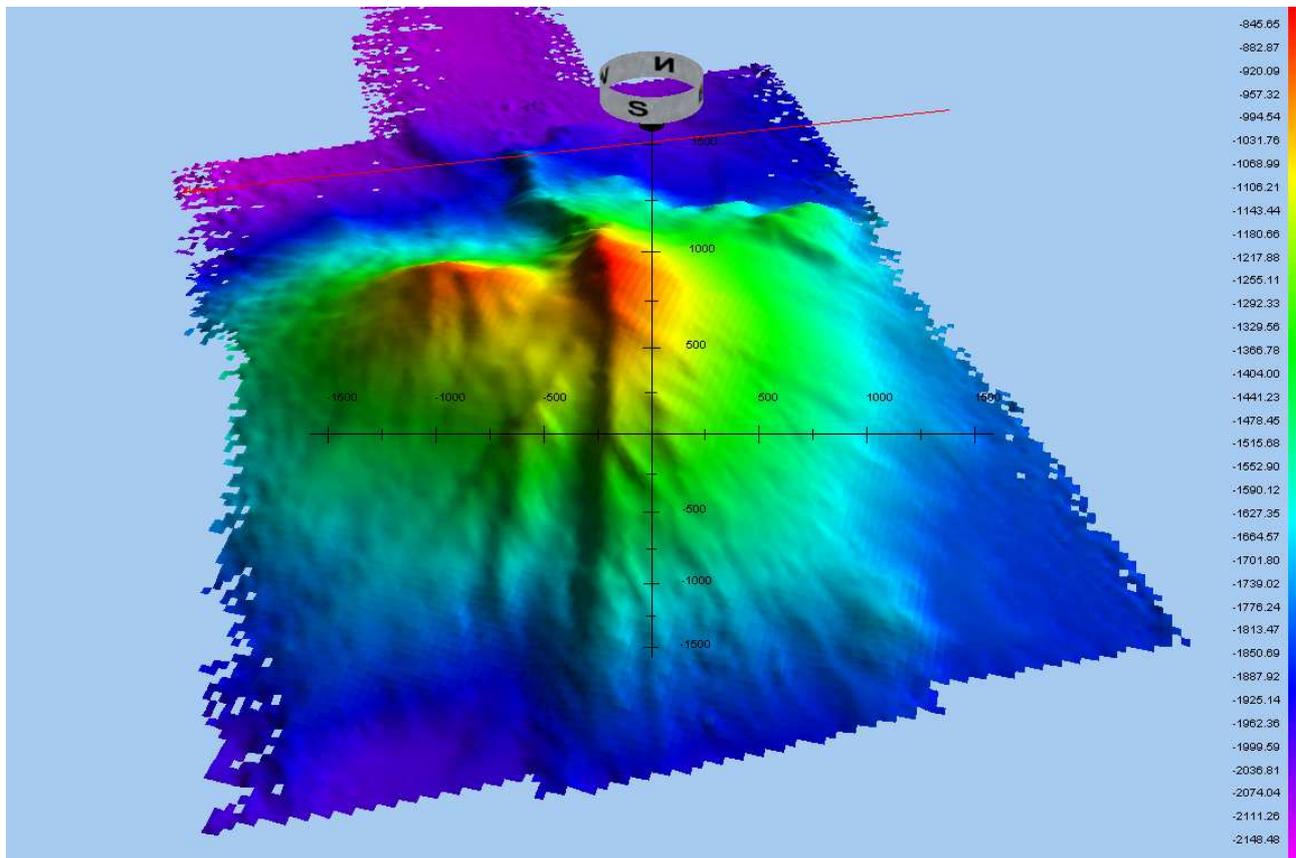


Figura 21: Immagine tridimensionale ottenuta dal processing dei dati acquisiti sul seamount Alcioni.

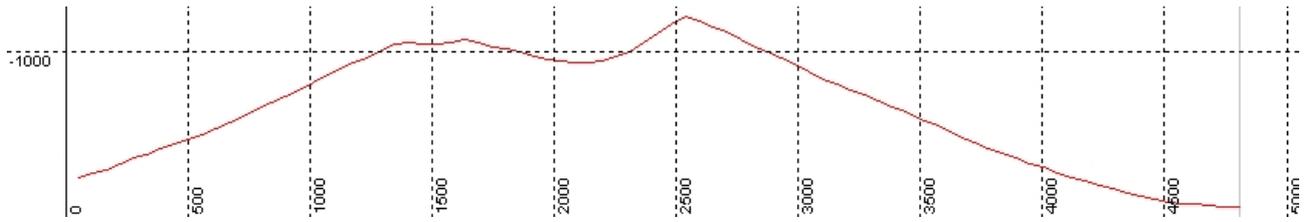


Figura 22: Sezione del profilo EO acquisito sull' Alcionis.

Seamount Lametini

Il vulcano Lametini è una struttura conica con un diametro di circa 5 km, che si eleva da un fondale di 1800 metri fino ad una profondità di 830 metri. Lungo i suoi versanti, in particolare quello rivolto a Est, presenta dei solchi riconducibili a fenomeni erosivi.

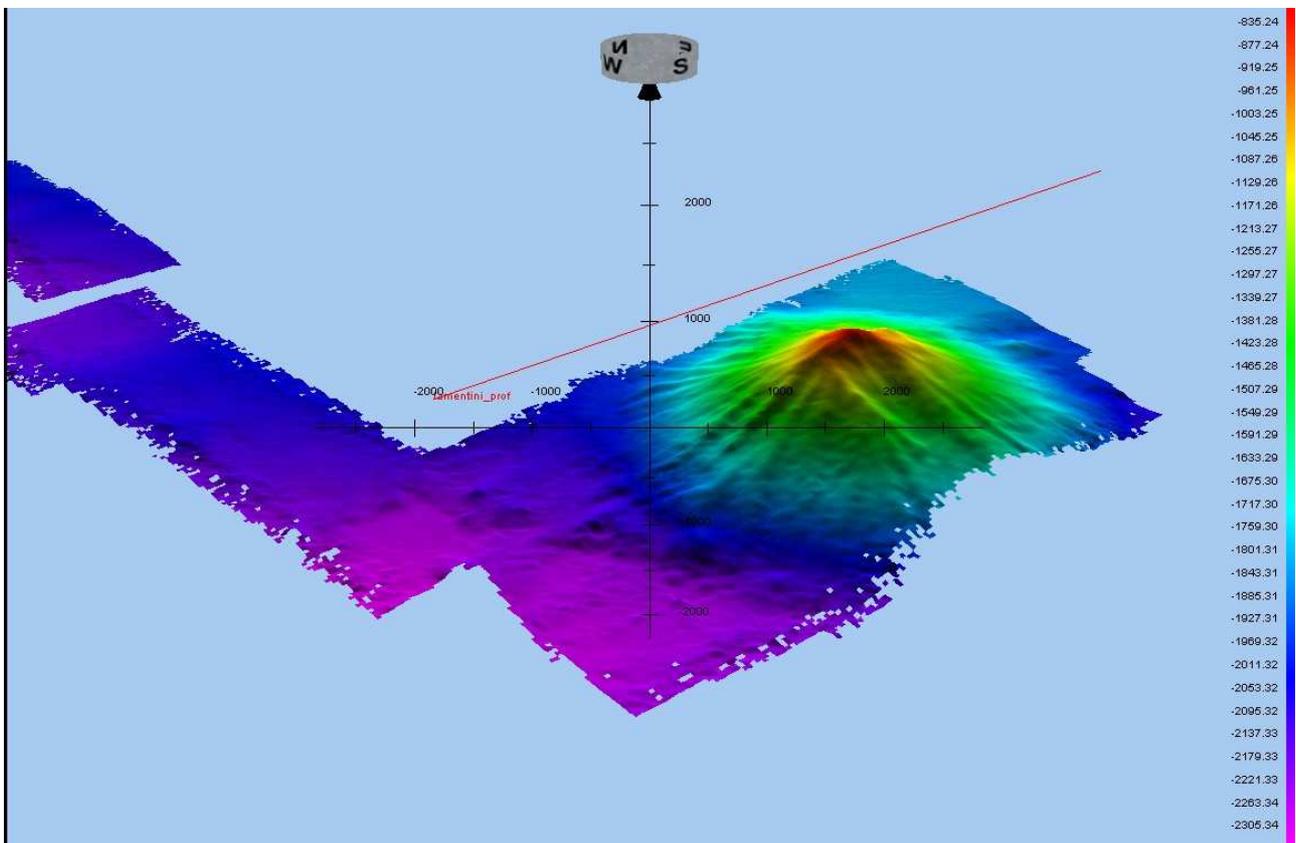


Figura 23: Immagine tridimensionale ottenuta dal processing dei dati acquisiti sul seamount Lametini.

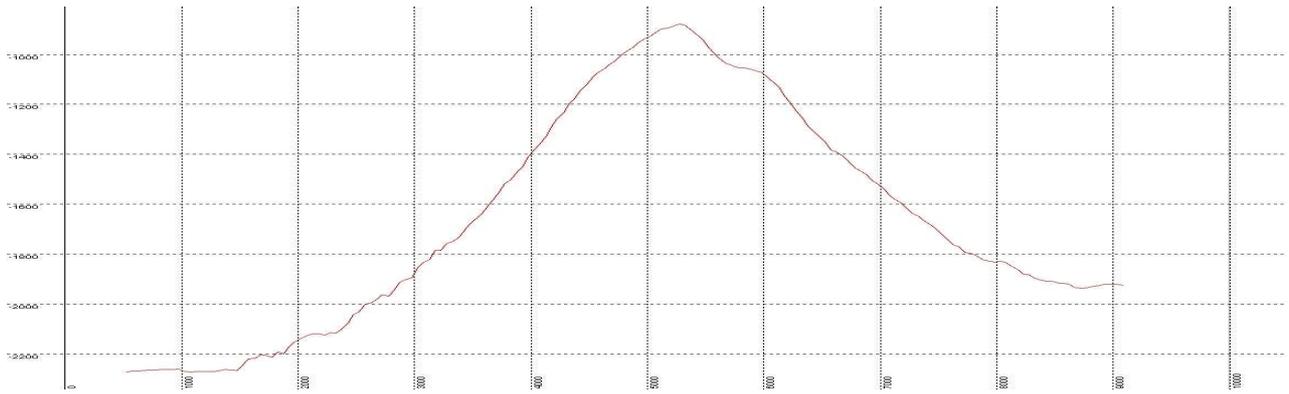


Figura 24: Sezione del profilo SO-NE acquisito sul Lametini.

Seamounts Castore e Polluce

A circa 112° e a 7.5 miglia nautiche dall'Isola del vulcano Stromboli, sulla carta nautica sono segnalati due alti che si è deciso di rilevare con il multibeam e a cui sono stati dati i nomi di Castore e Polluce in assenza di nomi pregressi. Le due strutture non presentano una forma conica, ma piuttosto pianeggiante ed erosa, anche se il picco più alto si sviluppa da una profondità di circa 2100m fino a 1653m.

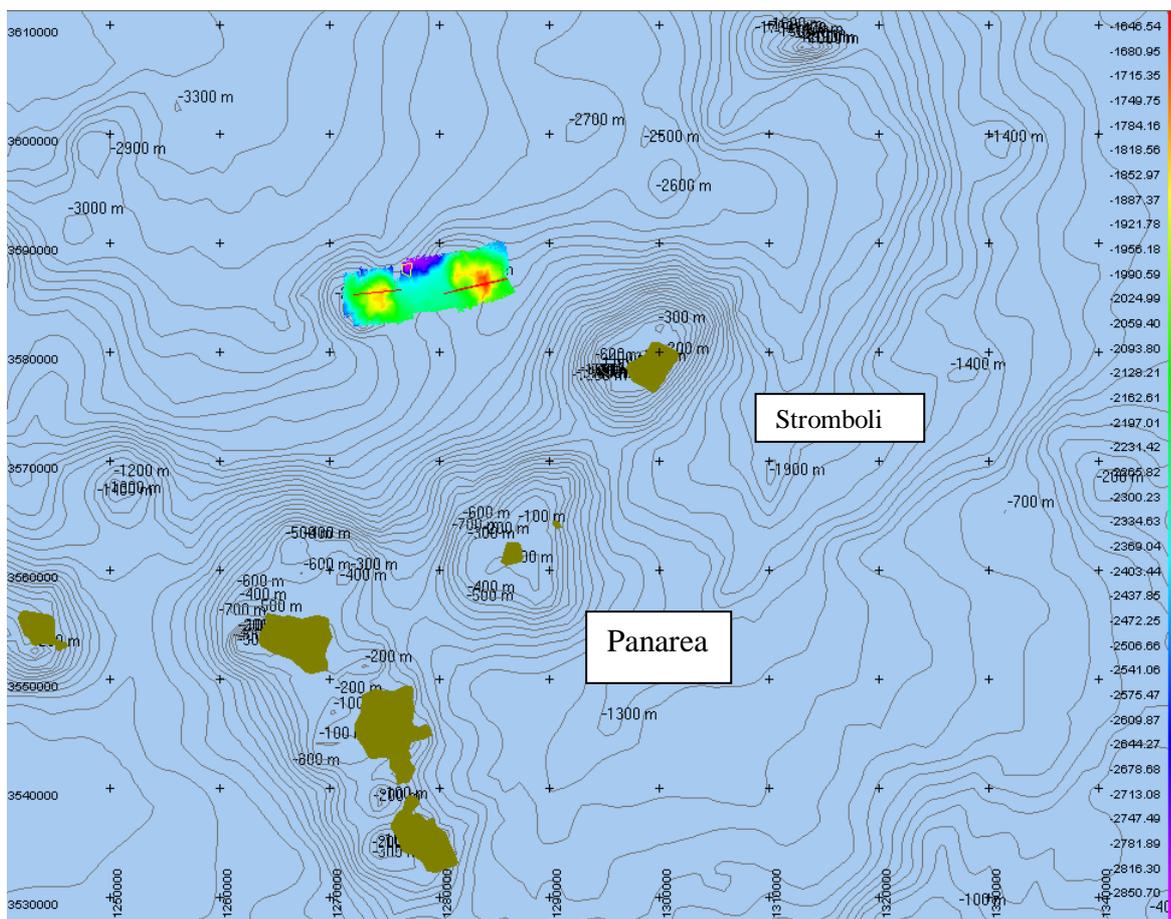


Figura 25: Localizzazione dei seamounts acquisiti Castore e Polluce.

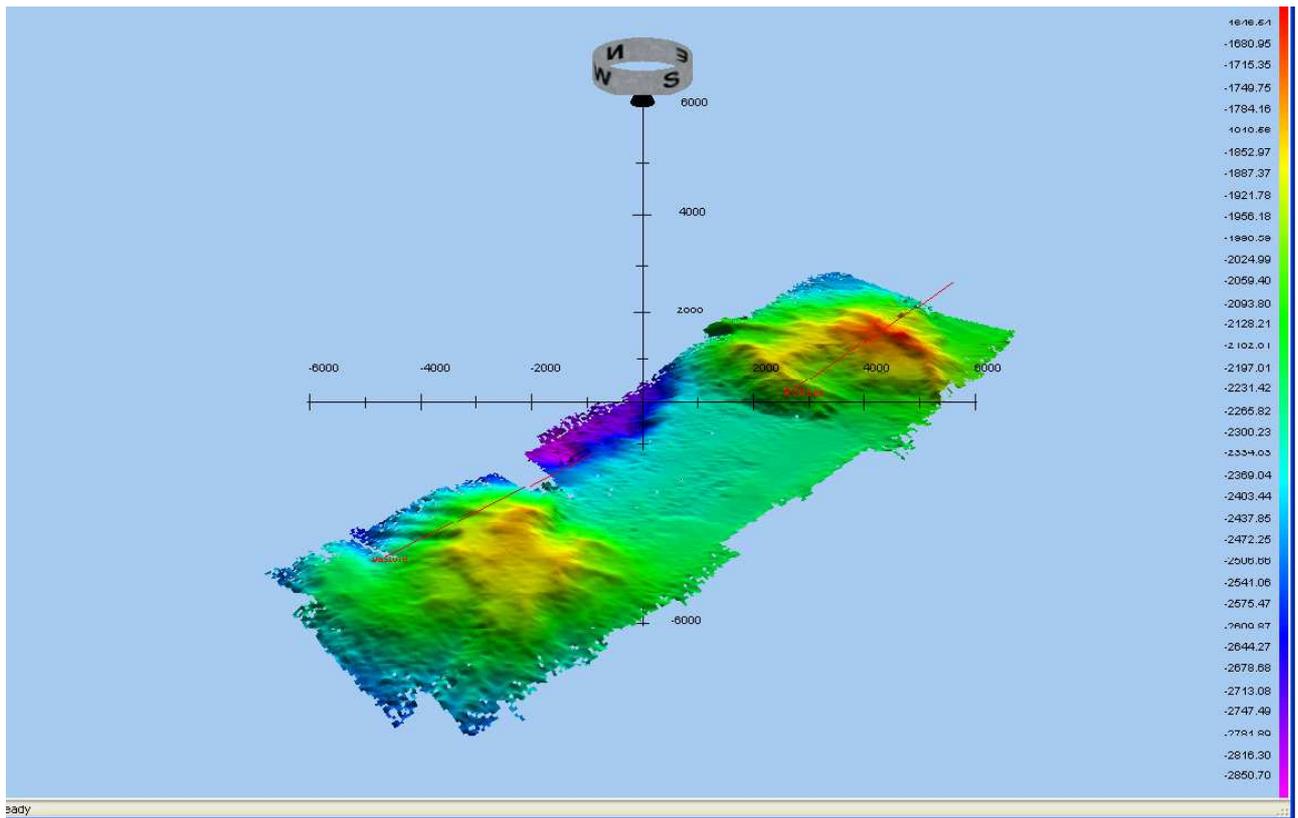
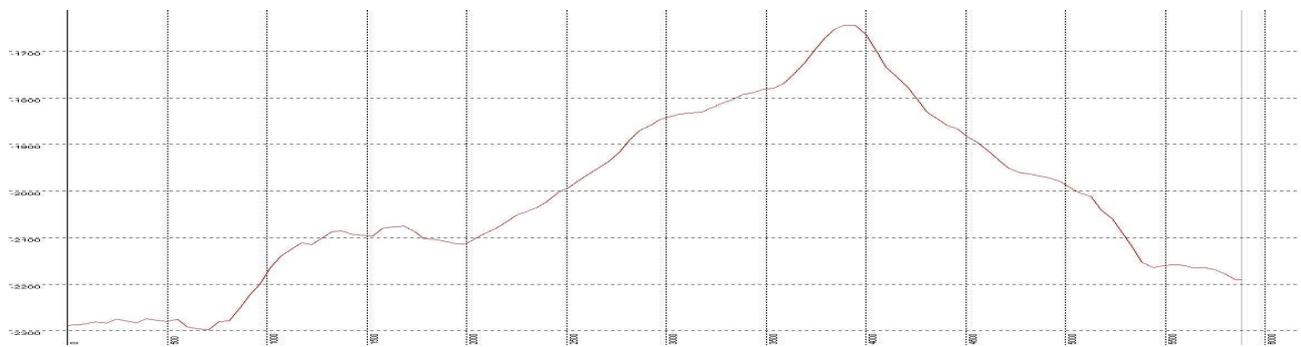
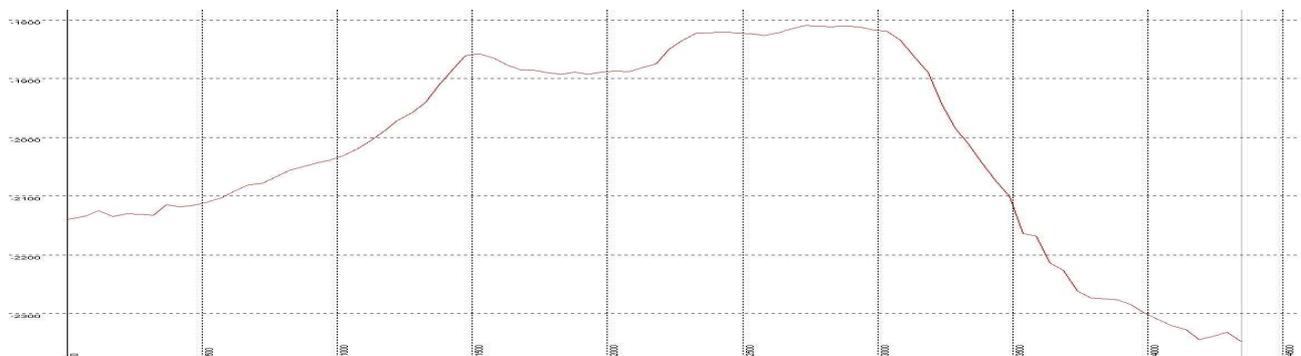


Figura 26: Immagine tridimensionale ottenuta dal processing dei dati acquisiti sui seamounts Castore e Polluce.



Castore



Polluce

Figura 27: Sezioni dei profili acquisiti sui due seamounts.

Seamount Filicudi e Alicudi

Tra le due isole Filicudi e Alicudi sono stati acquisiti due alti strutturali, il primo posto a 7.5 miglia da Filicudi nella direzione di 219° rispetto all'isola, il secondo, invece, è posto a circa 7 miglia di distanza nella direzione di 10° rispetto ad Alicudi. La prima struttura ha una sommità pianeggiante del diametro approssimativa di 5 Km e le profondità variano da 1750 m fino a 1060 m. La seconda struttura presenta due alti e dei due una forma conica che si sviluppa dai 1300 m ai 900m.

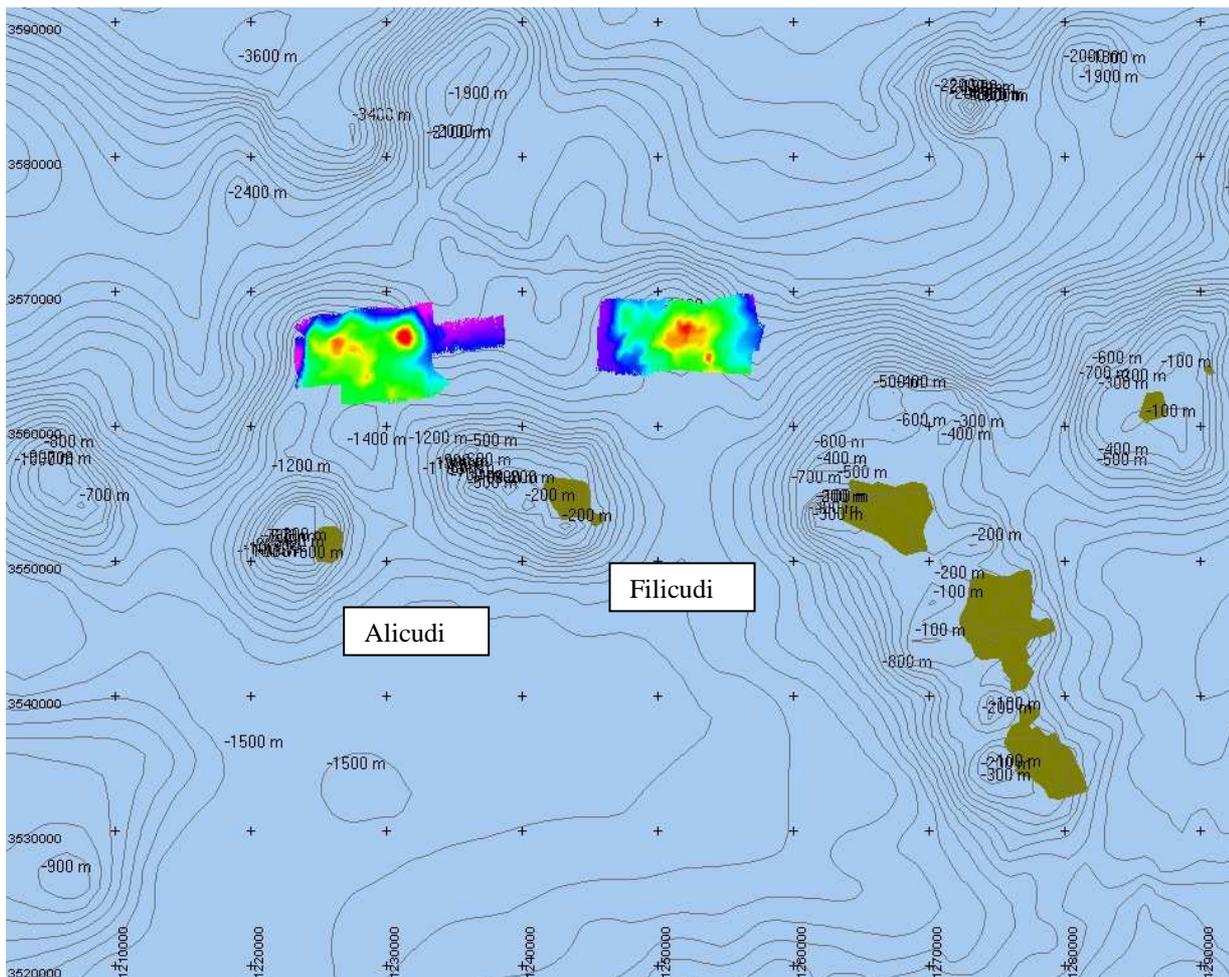


Figura 28: Localizzazione dei due alti acquisiti.

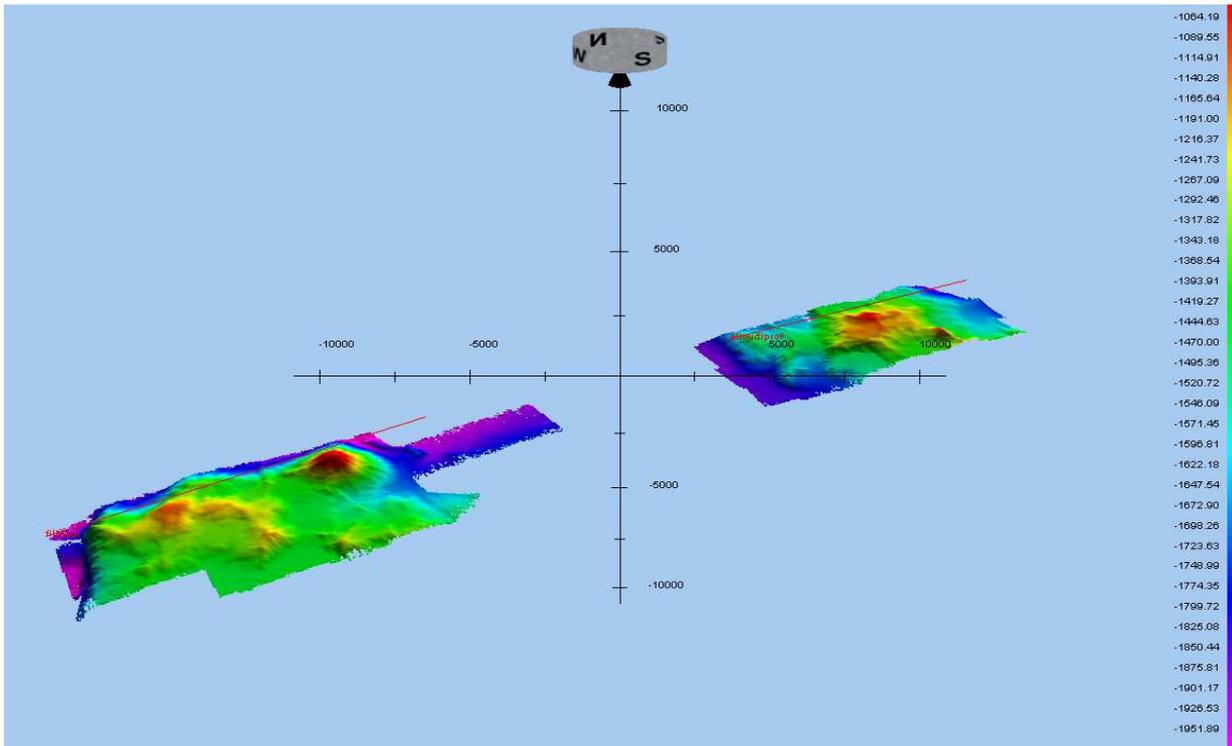
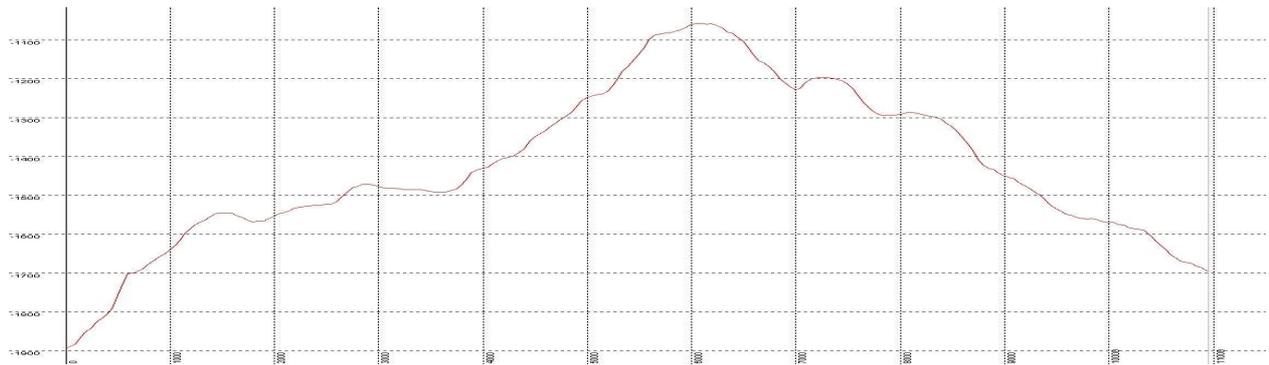
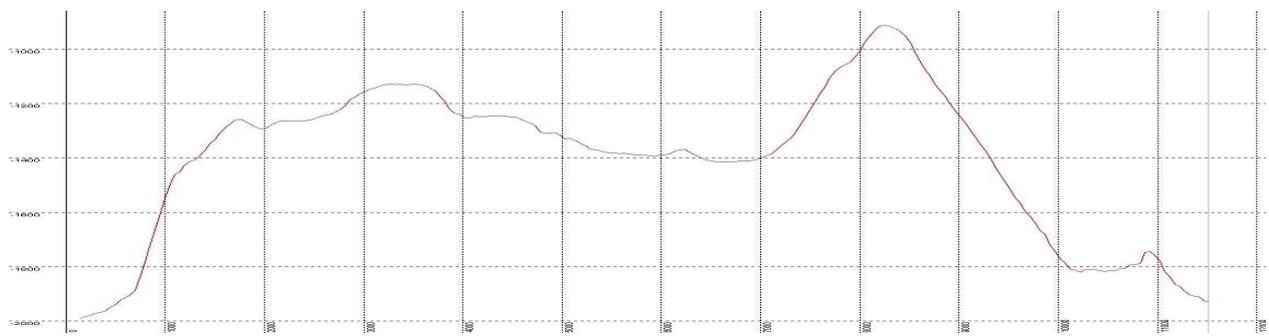


Figura 29: Immagine tridimensionale ottenuta dal processing dei dati acquisiti sui seamounts Filicudi e Alicudi.



Alicudi



Filicudi

Figura 30: Sezioni dei profili acquisiti sui due seamounts.

Seamount Eolo

L'alto strutturale di Eolo si sviluppa da una profondità di 1700 m fino a 600 m. La sommità si presenta essenzialmente pianeggiante e il diametro investigato (da NE-SW) è di circa 4 Km. In generale la struttura non presenta alcuna forma conica, anche se in due punti sono presenti zone rilevate rispetto al pianoro.

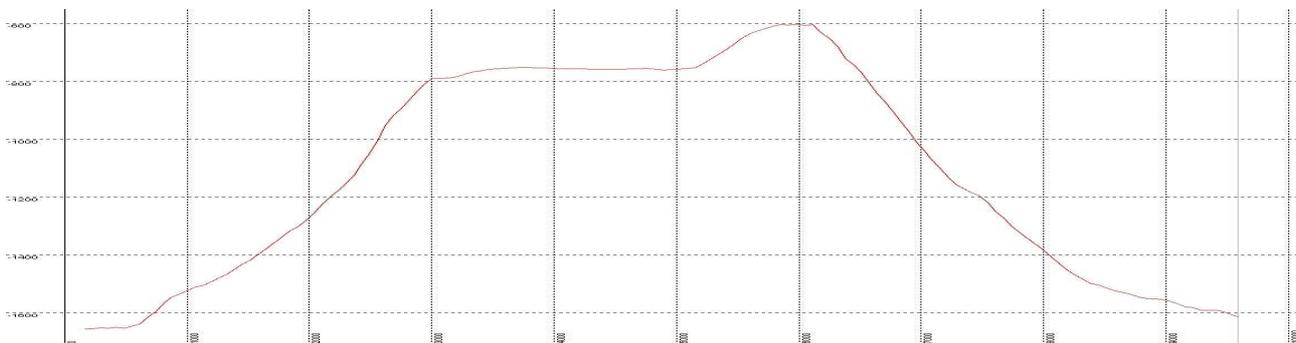
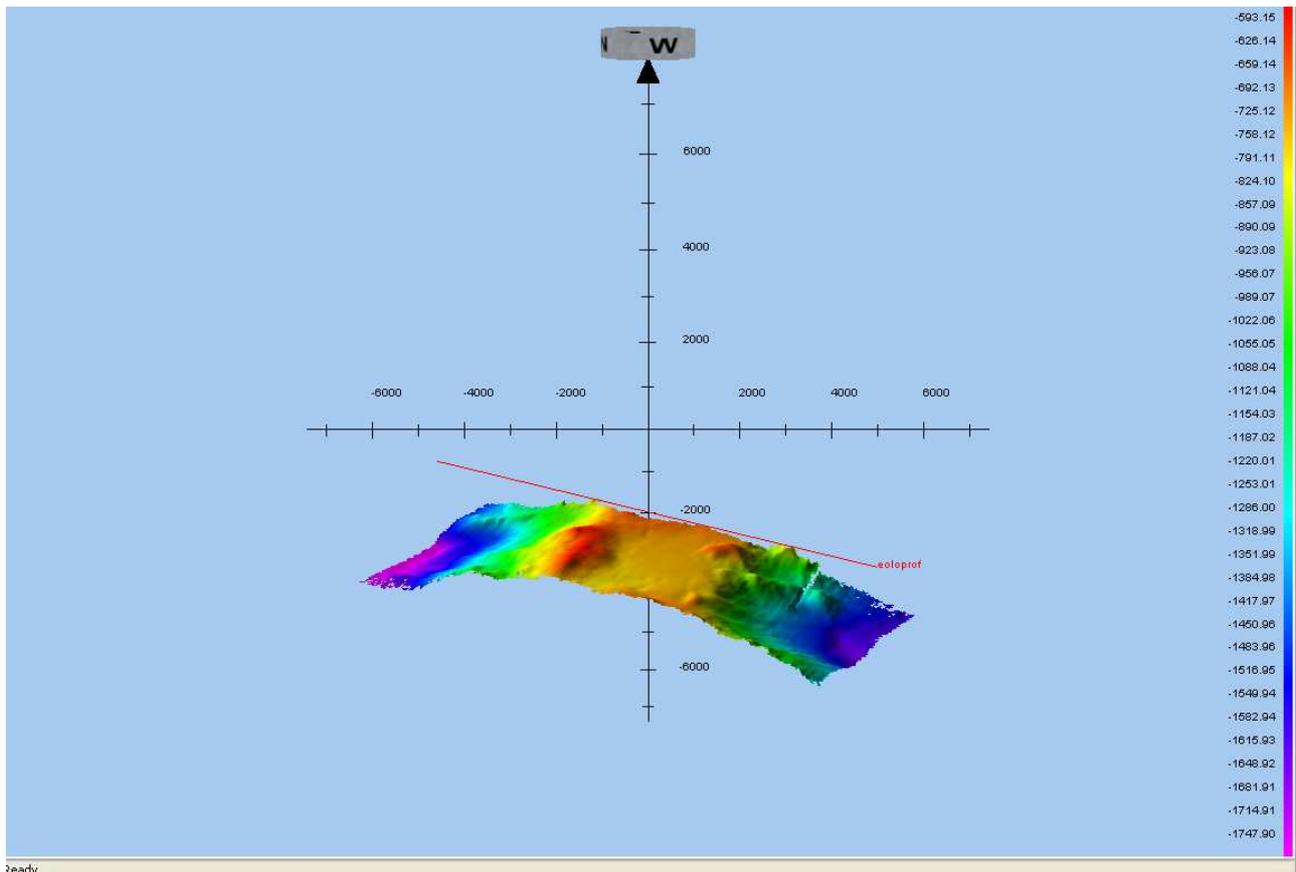


Figura 31: Immagine tridimensionale ottenuta dal processing dei dati acquisiti sul seamount Eolo e, in basso, la sezione del profilo SE-NO acquisito sul seamount.

Seamount Enarete

Il rilievo batimetrico effettuato sul seamount Enarete non è stato sufficiente ad investigare l'intera estensione dell'alto; esso sembra avere una struttura circolare che si eleva da un fondale di circa 1700 metri fino ad una profondità minima di 350 metri. Sul versante SE sono ben visibili delle profonde incisioni.

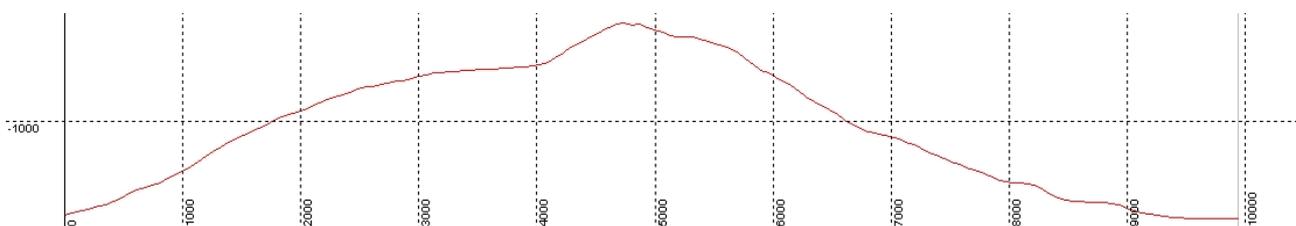
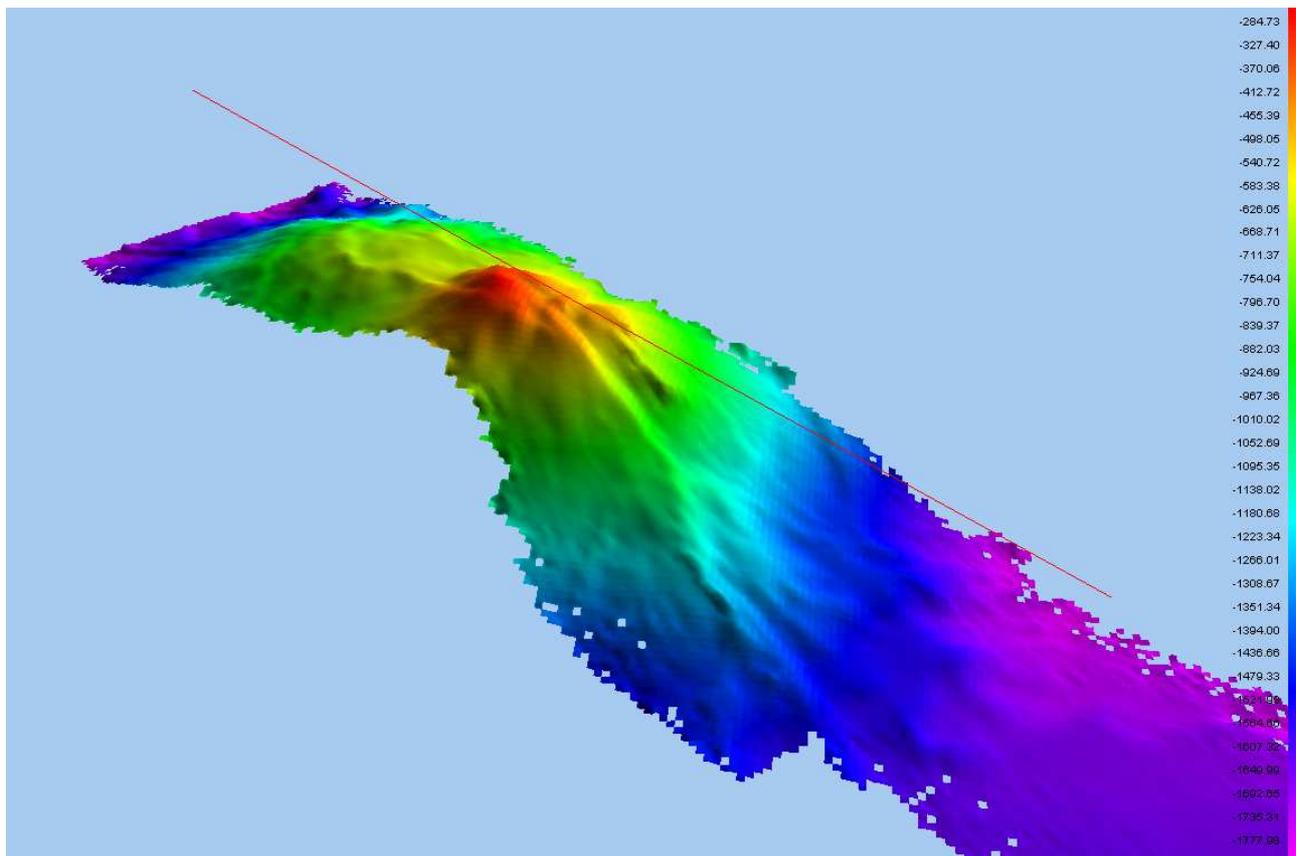


Figura 32: Immagine tridimensionale ottenuta dal processing dei dati acquisiti sul seamount Enarete e, in basso, la sezione del profilo SE-NO acquisito sul seamount.

Seamount Sisifo

L'alto strutturale Sisifo si trova su un fondale di 1700 metri e si sviluppa in direzione NW – SE per una lunghezza di circa 7 km. La zona rilevata si trova a 1100 metri di profondità; questa presenta piuttosto articolata, con presenza di varie zone più rilevate tra cui due alti che raggiungono i 1070 metri di profondità.

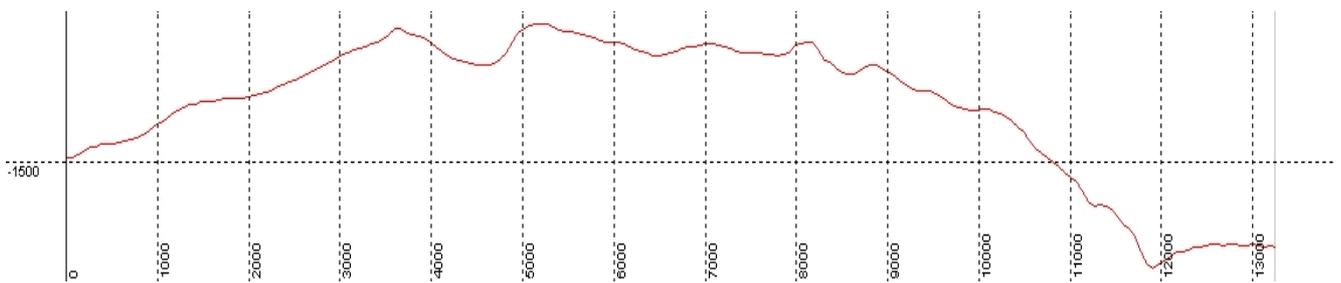
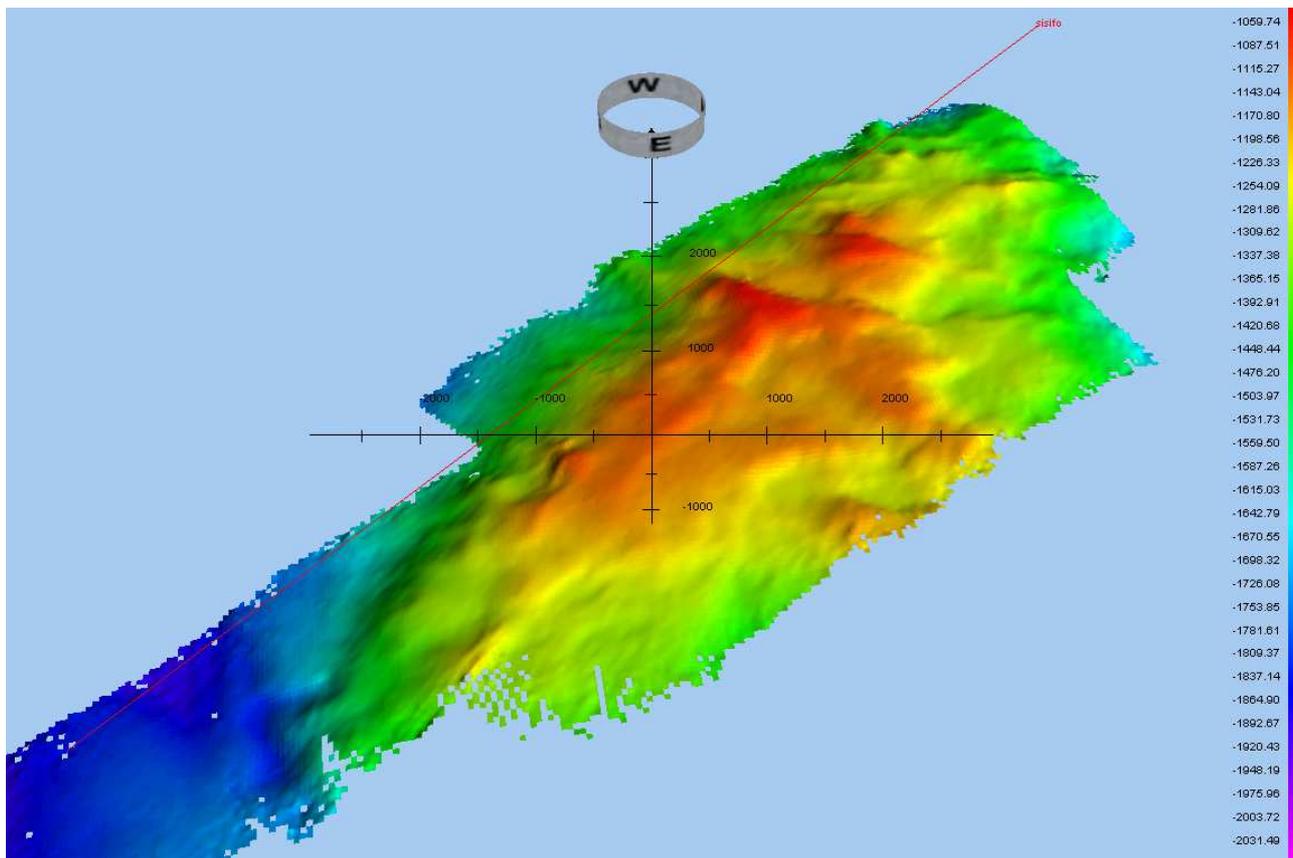


Figura 33: Immagine tridimensionale ottenuta dal processing dei dati acquisiti sul seamount Sisifo e, in basso, la sezione del profilo SO-NE acquisito sul seamount.

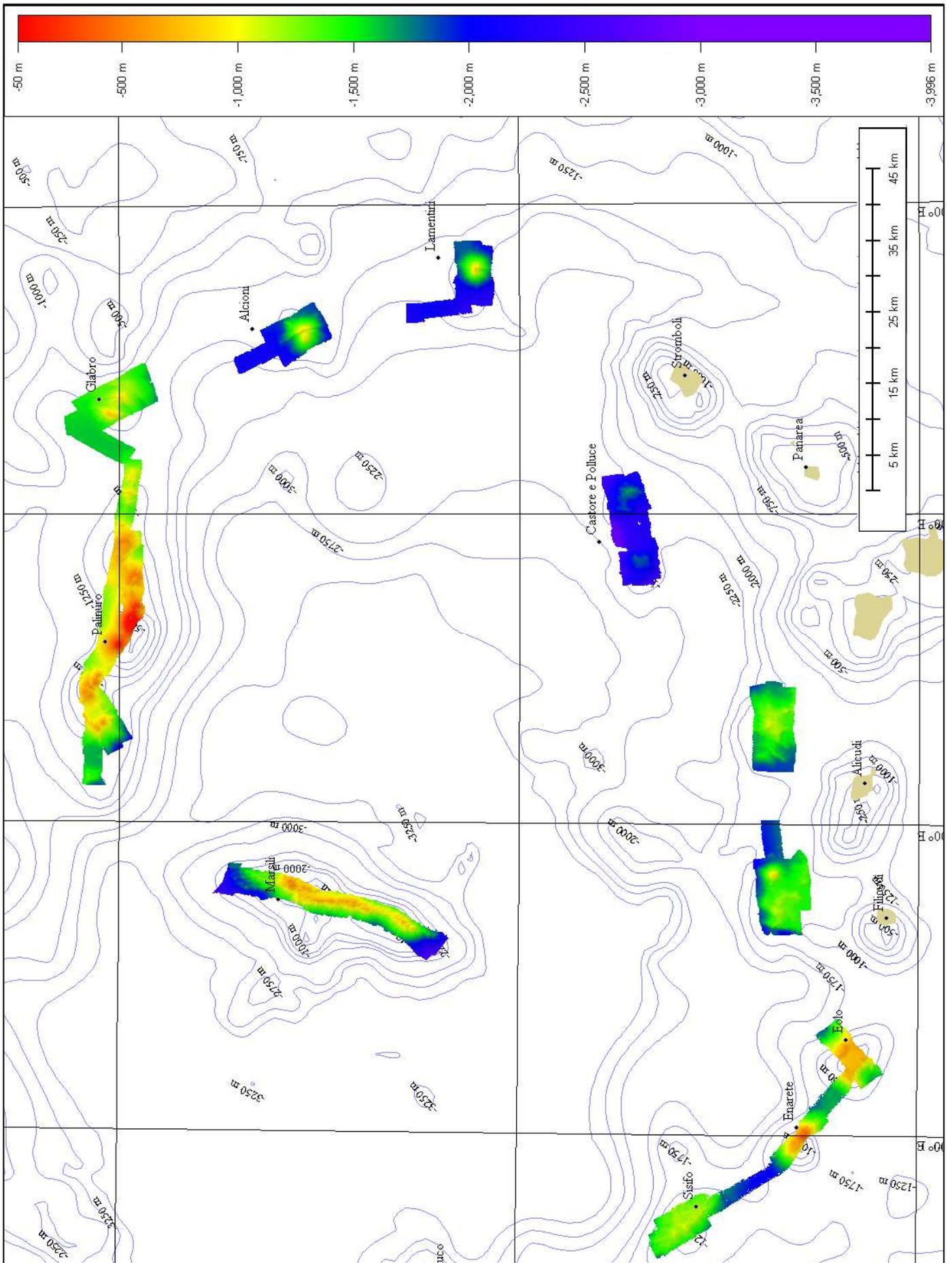


Figura 34: Mappa globale dei seamount acquisiti

5. II LEG

Sulla base dei risultati ottenuti dall'attività del I Leg, è stato possibile pianificare le attività per la seconda fase della campagna oceanografica.

Si è deciso di effettuare uno studio geomorfologico e geofisico più approfondito dei due alti strutturali Marsili e Palinuro.

Sono stati acquisiti complessivamente circa 500 Km² di rilievo acustico multibeam e sismico chirp sul seamont Marsili e circa 1000 Km² sul seamont Palinuro.

Sono state inoltre realizzate calate CTD lungo la colonna d'acqua con lo scopo di fornire al sistema di acquisizione multibeam il corretto profilo di velocità del suono e di effettuare ampionature microbiologiche e fisico-chimiche. Sono inoltre stati effettuati una serie di campionamenti di sedimento superficiale utili ad un'accurata caratterizzazione geochemica del sistema in grado di documentare potenziali effetti di attività idrotermale pregressa nell'area di interesse.

5.1 ITINERARI DI NAVIGAZIONE

La partenza è avvenuta alle ore 17:00 del giorno 12 novembre; prima tappa a sud di Capri per testare il nuovo sensore di profondità da utilizzare a corredo della rosetta. La calata CTD viene effettuata a 100 metri circa di profondità.

Il 13 novembre è stato calato il primo CTD per prelevare un campione di acqua a 3000 m di profondità utile per la definizione del background microbiologico del sistema.

L'itinerario stabilito all'inizio del II Leg è stato cambiato durante il tragitto a causa delle avverse condizioni meteo che hanno reso il lavoro discontinuo soprattutto durante la prima settimana di crociera.

Al termine della campagna l'itinerario seguito per l'acquisizione batimetrica multibeam e chirp è illustrato nella figura seguente:

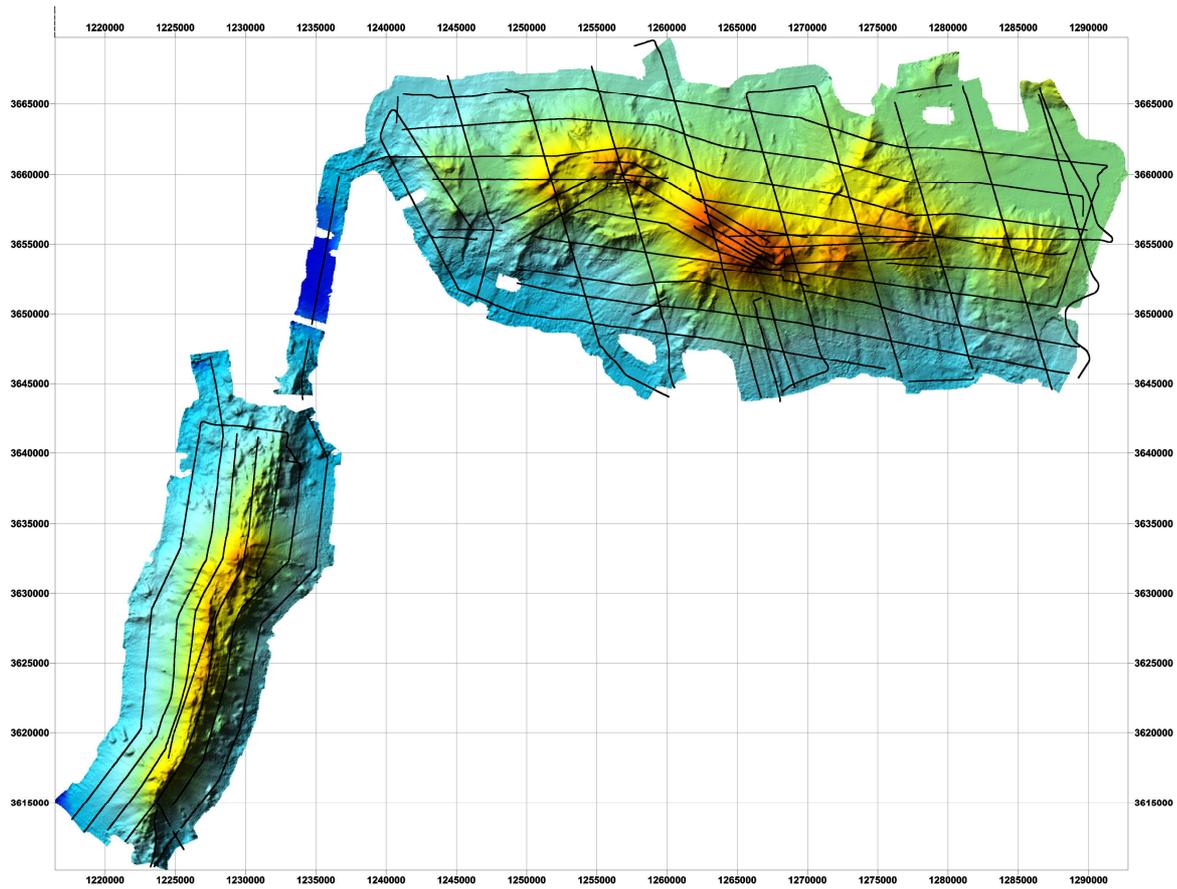


Figura 35: *itinerario di navigazione per l'acquisizione multibeam sui seamounts Marsili e Palinuro.*

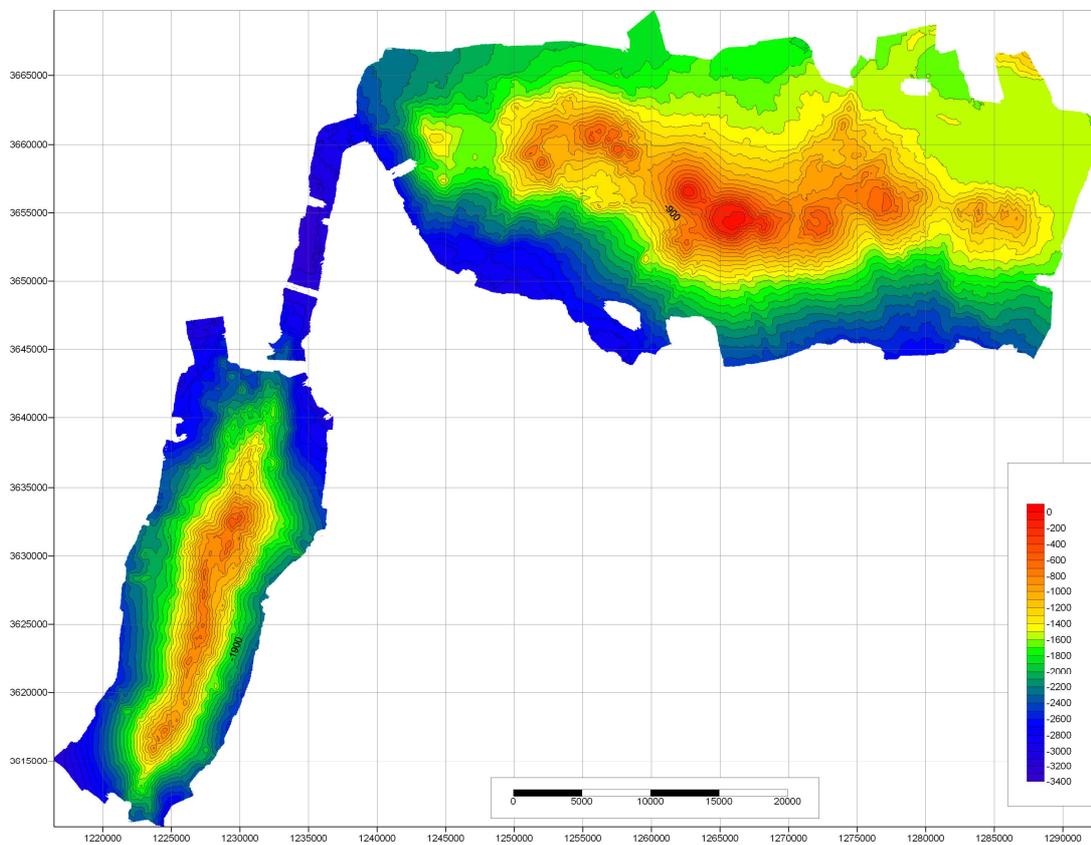


Figura 36: *Mappa batimetrica acquisita per i seamounts Marsili e Palinuro*

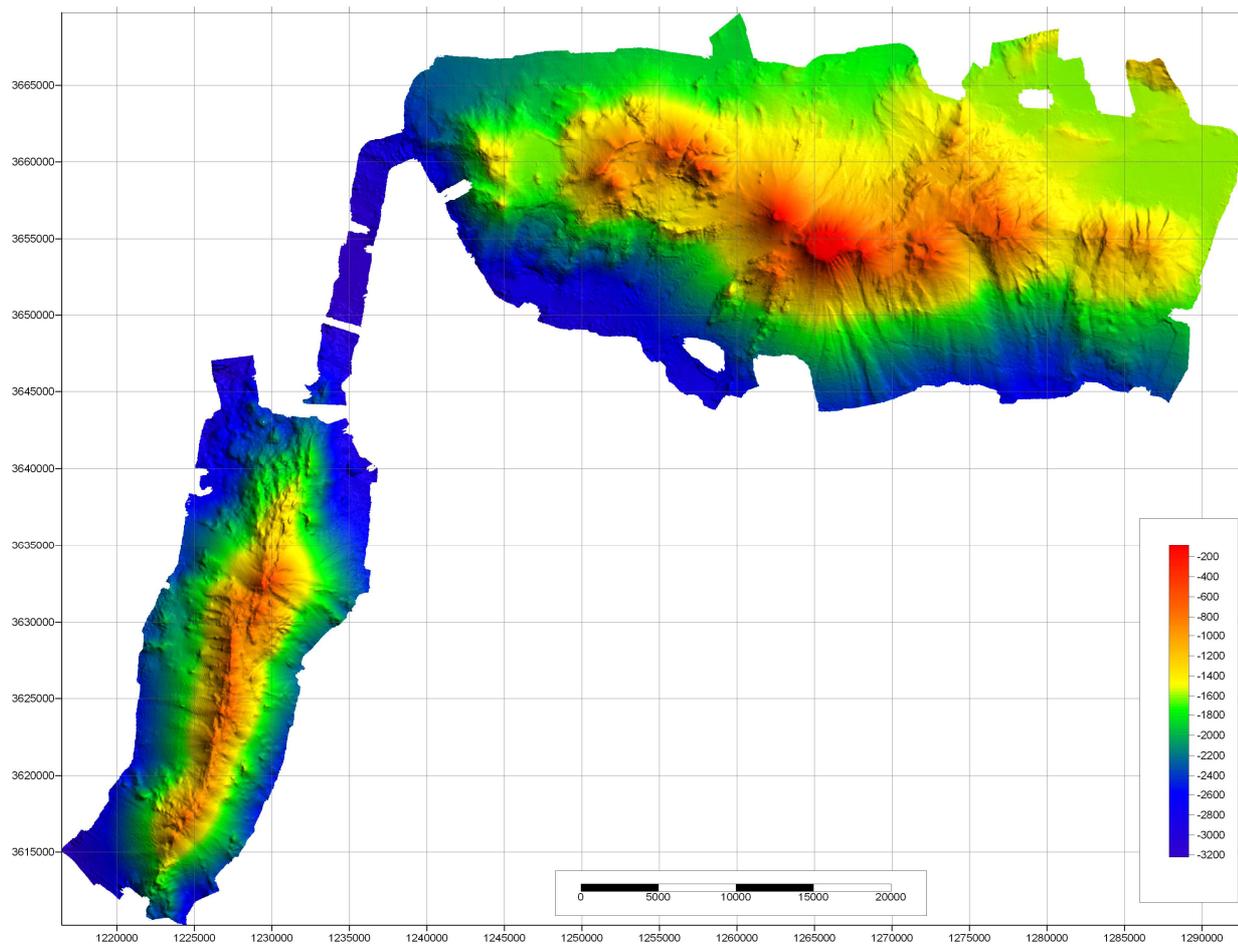


Figura 37: *Mappa globale dei rilievi multibeam effettuati per il Marsili e il Palinuro.*

5.2 CAMPIONATURE DI SEDIMENTO

I campionamenti sono stati realizzati con benna e box-corer per un totale di 13 campioni prelevati con bennate e un unico campione prelevato con box-corer come indicato in tabella:

Stazione	Campionatura	Profondità	Latitudine	Longitudine	Data
Marsili 1	B 2600	1250	39,1290°N	14,3254°E	16/11/2007
Marsili 2	B 2601	935	39,1426°N	14,3354°E	16/11/2007
Marsili 5	B 2602	900	39,2527°N	14,3796°E	16/11/2007
Marsili 5	B 2603	760	39,2765°N	14,3931°E	16/11/2007
Palinuro	B 2604	1082	39,4888°N	15,0234°E	21/11/2007
Palinuro	B 2605	620	39,4887°N	14,9504°E	21/11/2007
Palinuro	B 2606	660	39,4817°N	14,8959°E	21/11/2007
Palinuro	B 2607	580	39,4828°N	14,8891°E	21/11/2007
Palinuro	B 2608	241	39,4816°N	14,8479°E	21/11/2007
Palinuro	B 2609	115	39,4844°N	14,8127°E	21/11/2007
Palinuro	B 2610	160	39,5023°N	14,7873°E	21/11/2007
Palinuro	B 2611	620	39,5204°N	14,6613°E	21/11/2007
Palinuro	B 2612	525	39,5298°N	14,7269°E	21/11/2007
Marsili	BC 1	1035	39,1373°N	14,3404°E	19/11/2007

Tabella 5: *Elenco dei campionamenti effettuati*

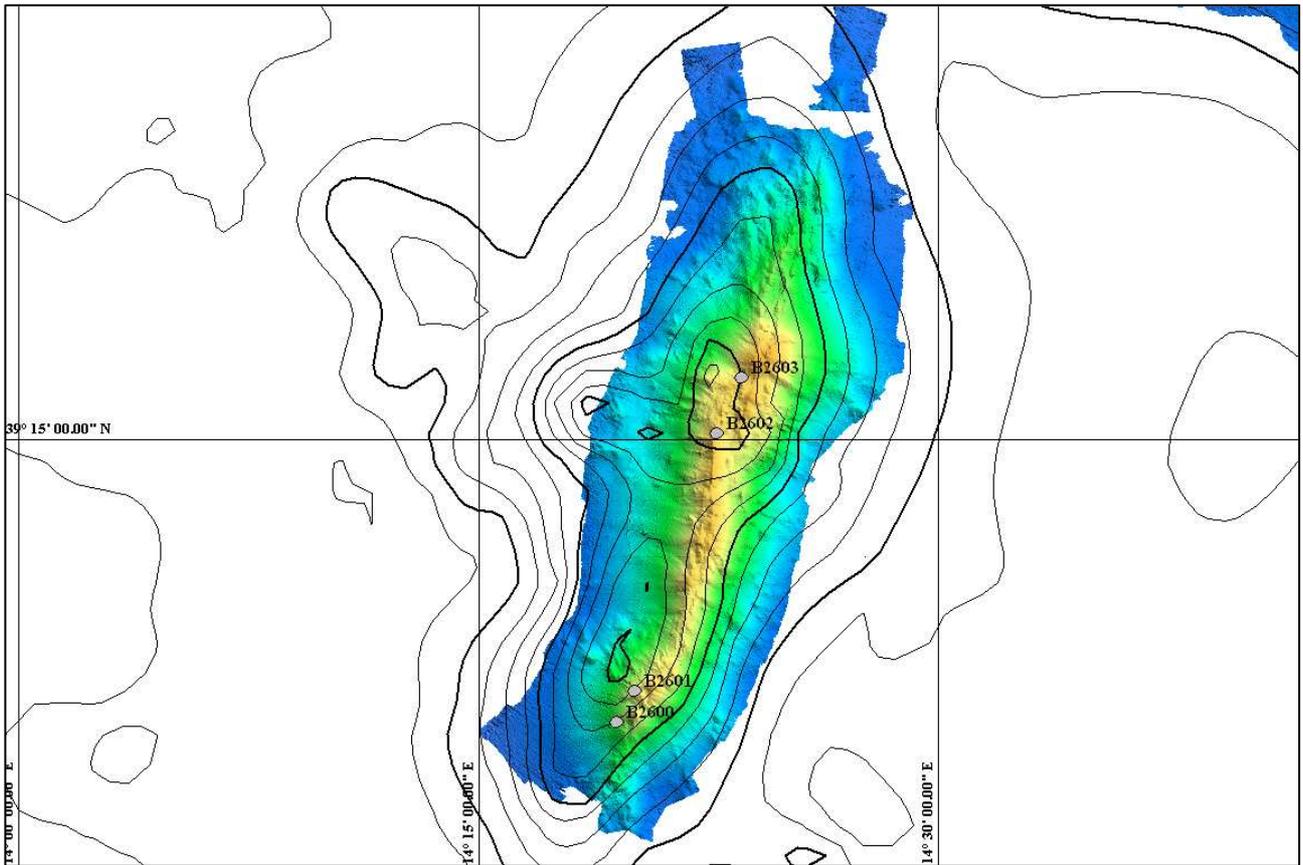


Figura 38 – *Mappa dei campionamenti effettuati sul Marsili*

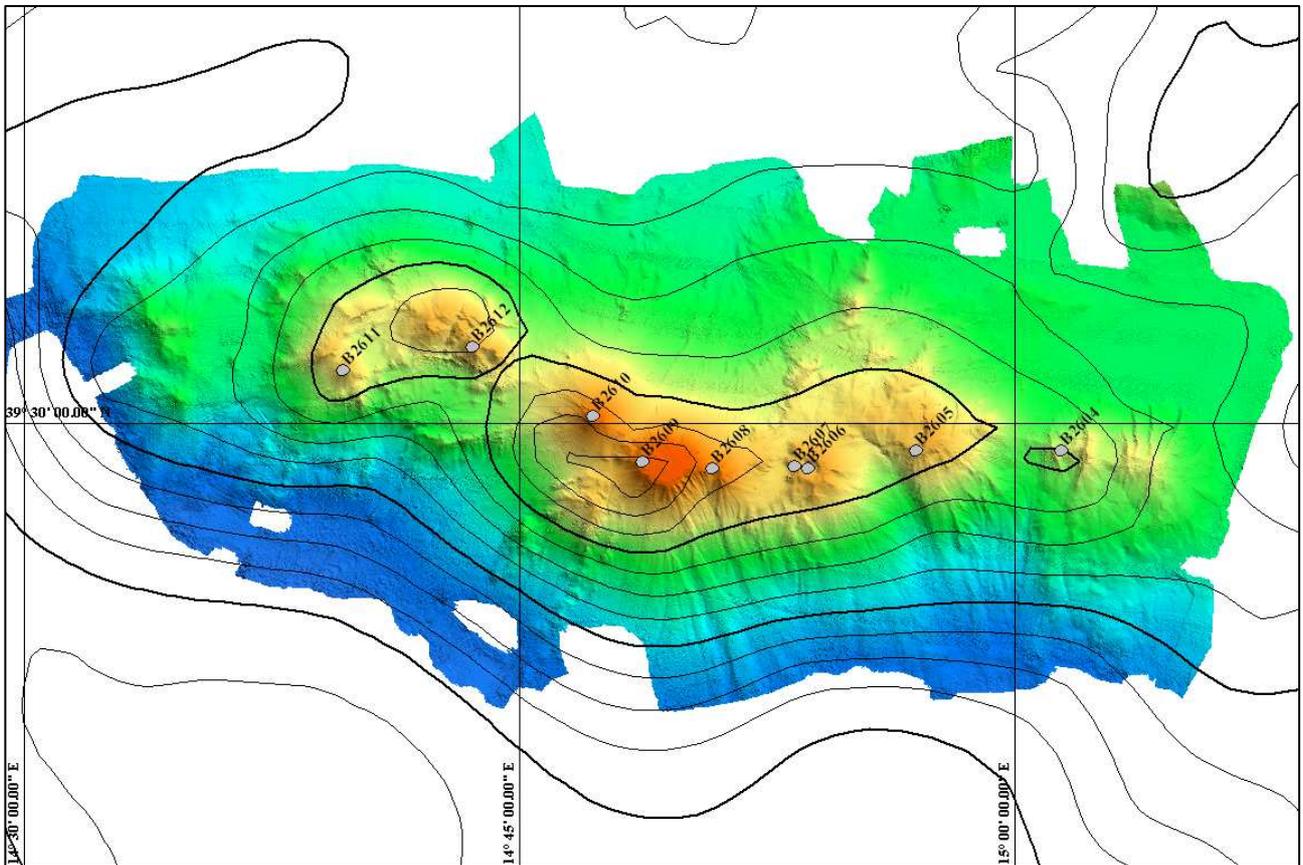


Figura 39: *Mappa dei campionamenti effettuati sul Palinuro*

Il campionamento è stato realizzato prelevando un campione dell'interfaccia acqua-sedimento per le analisi di geochimica e di microbiologia dallo sportello superiore della benna (Fig. 40) e conservato alla temperatura di -20°C in sacchetti di plastica. In un secondo momento tutto il contenuto della benna è stato rovesciato in un contenitore, siglato e fotografato e omogeneizzato prima del prelievo del campione di l'archivio.



Figura 40: *Prelievo del campione per l'archivio e prelievo del campione all'interfaccia solido-liquido*

Obiettivo primario del campionamento di sedimento è trovare noduli di Fe-Mn o solfuri con tracce di elementi di transizione che possano avvalorare la tesi di presenza di un'attività idrotermale piuttosto intensa in passato. I campioni prelevati hanno matrice prevalentemente fangosa e solo alcuni presentavano sul livello superficiale dei ciottoli di colore scuro da analizzare in laboratorio per determinare un'eventuale arricchimento in Fe-Mn e in altri metalli.

5.3 CAMPIONAMENTO DI ACQUE

Il campionamento di acque è stato realizzato come indicato in letteratura per la determinazione di metalli in traccia in acqua di mare: in particolare il campione è stato filtrato per separare la frazione di metalli disciolti e la frazione adsorbita al particolato.

La filtrazione è stata realizzata sottovuoto grazie ad una pompa collegata all'apparato di filtraggio e in ambiente controllato (cappa a flusso laminare); il filtro utilizzato è in policarbonato con maglia 0.45 µm; dopo la filtrazione il campione è stato acidificato con acido nitrico al 67% per raggiungere

pH 2; è stato quindi conservato a temperatura ambiente in bottiglie di polietilene chiuse in sacchetti di plastica; il filtro è stato conservato in piastra di petri alla temperatura di -20°C .

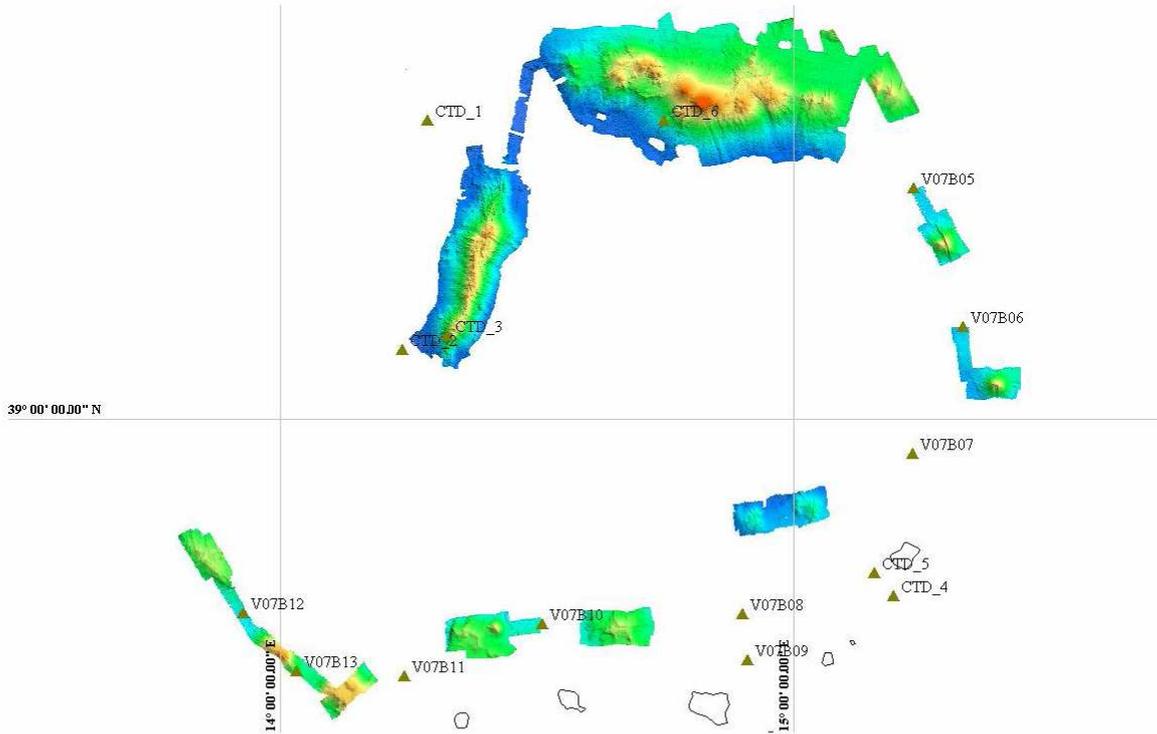


Figura 41: *Mapa dei campionamenti di acqua effettuati*

6. CONCLUSIONI

Durante il I Leg della campagna sono stati esplorati un totale di 15 seamounts. L'acquisizione ad alta risoluzione del multibeam è stata eseguita su tutte le 15 strutture e su ognuna di esse è stato eseguita l'attività di "tow-yo". Non sono state individuate in nessun punto attività idrotermali significative. Soltanto in due casi sono state evidenziate anomalie dei diversi parametri imputabili a potenziali plumes.

Date le esplorazioni effettuate negli ultimi anni nell'area di Panarea e Vulcano non si è ritenuto interessante campionare quelle aree.

In sé, tale risultato permette di concludere che l'attività idrotermale nel Tirreno meridionale è sostanzialmente esaurita o comunque limitata ad aree specifiche superficiali (quali quella di Panarea e Vulcano).

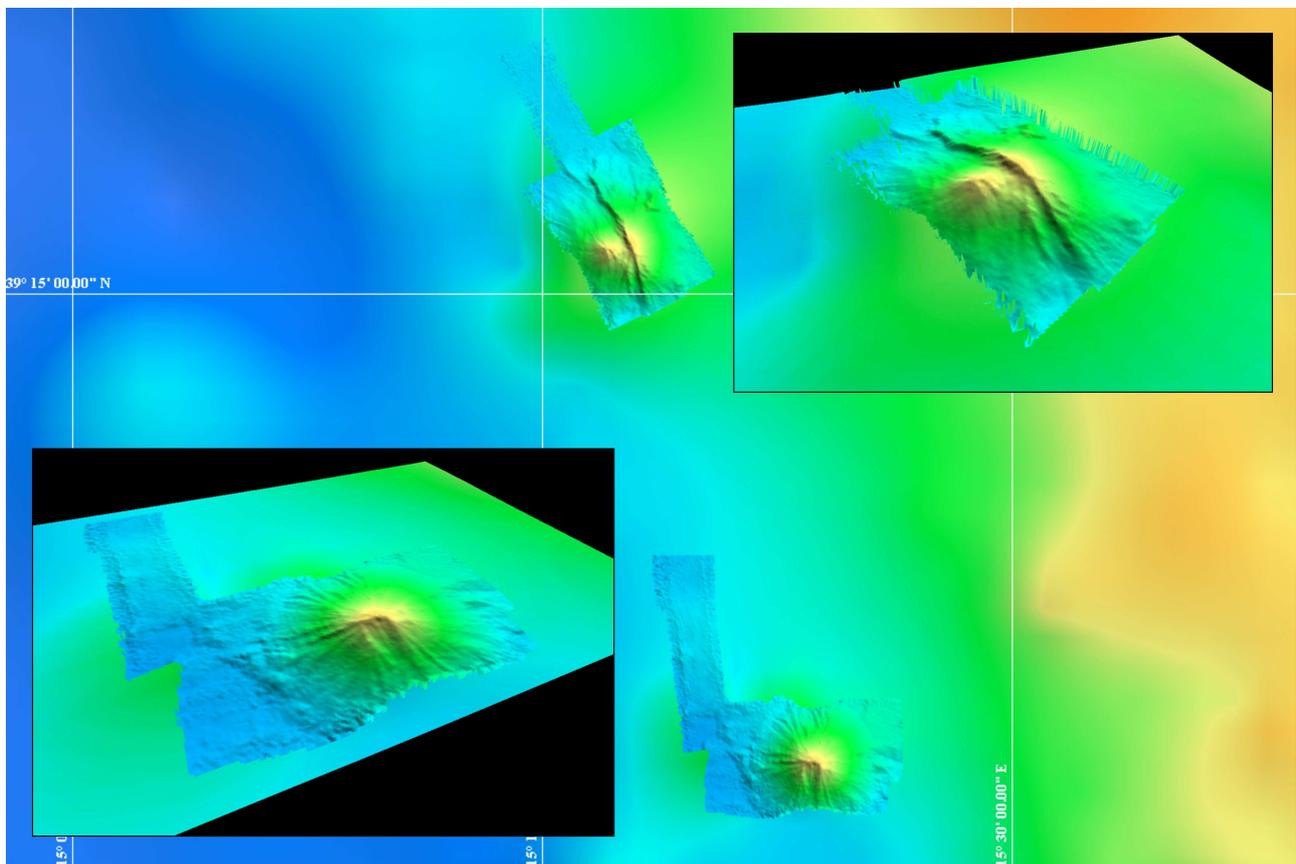


Figura 42: Seamounts Alcioni e Lametini, confronto in 3D dell'acquisizione eseguita durante la campagna rispetto a quella esistente.

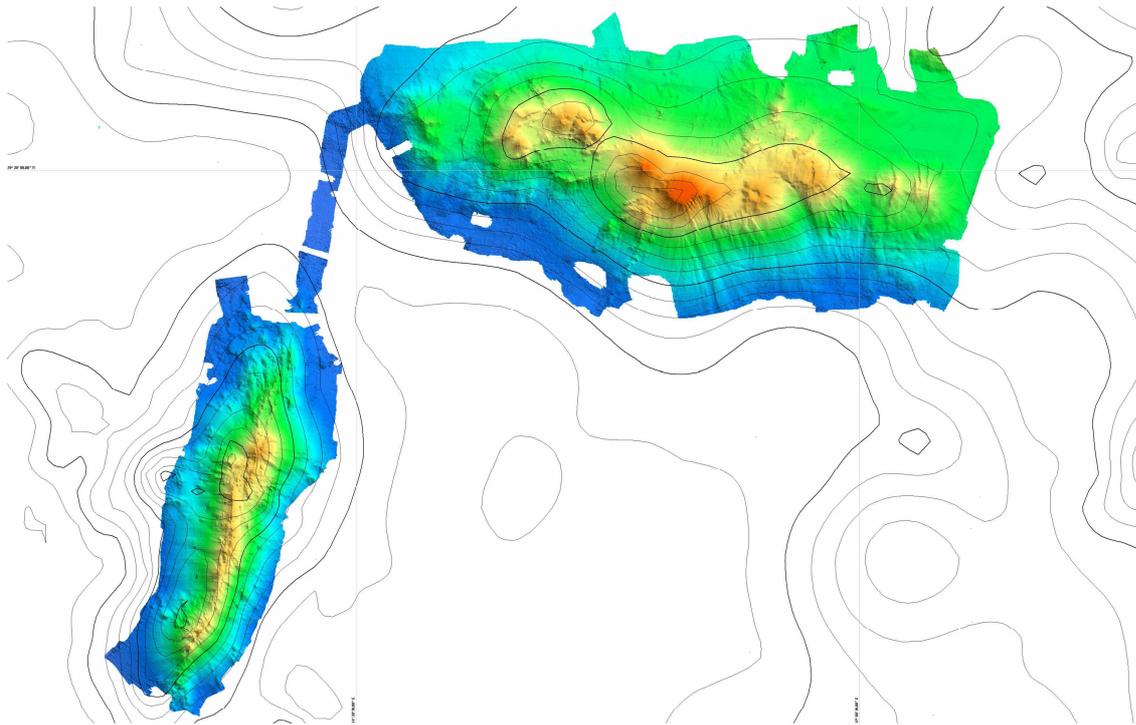


Figura43: *Acquisizione totale del Marsili e del Palinuro sovrapposta al dataset precedente (linee di contour)*

BIBLIOGRAFIA

- Baker, E.T., D.A. Tennant, R.A. Feely, G.T. Lebon, and S.L. Walker (2001), Field and laboratory studies on the effect of particle size and composition on optical backscattering measurements in hydrothermal plumes, *Deep-Sea Res.*, 48, 593-604.
- Baker, E.T., G.J. Massoth, C.E.J. de Ronde, J.E. Lupton, and B.I.A. McInnes (2002a), Observations and sampling of an ongoing subsurface eruption of Kavachi Volcano, Solomon Islands, May 2000, *Geology*, 30, 975-978.
- Baker, E.T., R.N. Hey, J.E. Lupton, J.A. Resing, R.A. Feely, J.J. Gharib, G.J. Massoth, F.J. Sansone, M. Kleinrock, F. Martinez, D.F. Naar, C. Rodrigo, D. Bohnenstiehl, and D. Pardee (2002b), Hydrothermal venting along Earth's fastest spreading center: East Pacific Rise, 27.5°-32.3°S, *J. Geophys. Res.*, 107, 10.1029/2001JB000651.
- Baker, E.T., R.A. Feely, C.E.J. de Ronde, G.J. Massoth, and I.C. Wright (2003a), Submarine hydrothermal venting on the southern Kermadec volcanic arc front (offshore New Zealand): Location and extent of particle plume signatures, in *Intra-oceanic Subduction Systems: Tectonic and Magmatic Processes*, edited by R.D. Larter and P.T. Leat, Geol. Soc. Lond. Spec. Pub., 219, 141-161.
- Baker, E. T., R.W. Embley, J. A. Resing, J. E. Lupton, G. J. Massoth, C. E. de Ronde, K. Nakamura, and S. L. Walker, (2003b), Discovery of Active Hydrothermal Sites Along the Mariana Volcanic Arc, Western Pacific Ocean, *Eos Trans. AGU*, 84(46), Fall Meet. Suppl., Abstract T32A-0914.
- Baker, E.T., G.J. Massoth, K. Nakamura, R.W. Embley, C.E.J. de Ronde, and R.J. Arculus (2005), Hydrothermal activity on near-arc sections of back-arc ridges: Results from the Mariana Trough and Lau Basin, *Geochem. Geophys. Geosys*, 6, Q09001, doi:10.1029/2005GC000948.
- Baker, E. T., J. A. Resing, S. L. Walker, F. Martinez, B. Taylor, and K. Nakamura (2006), Abundant hydrothermal venting along melt-rich and melt-free ridge segments in the Lau back-arc basin, *Geophys. Res. Lett.*, 33, L07308, doi:10.1029/2005GL025283.
- Beccaluva, L., et al. (1990), Geochemistry and mineralogy of volcanic rocks from ODP sites 650, 651, 655 and 654 in the Tyrrhenian Sea, *Proc. Ocean Drill. Program Sci. Results*, 107, 49-74.
- Caracausi, A., M. Ditta, F. Italiano, M. Longo, P.M. Nuccio, and A. Paonita (2005), Massive submarine gas output during the volcanic unrest off Panarea Island (Aeolian arc, Italy): Inferences for explosive conditions, *Geochem. J.*, 3, 459-467.
- Cimini, G. B. (1999), P-wave velocity structure of the southern Tyrrhenian subduction zone from nonlinear teleseismic traveltimes tomography, *Geophys. Res. Lett.*, 26, 3709-3712.

- Dando, P.R., D. Stuben, and S.P. Varnavas (1999), Hydrothermalism in the Mediterranean Sea, *Prog. Oceanog.*, 44, 333-367.
- Dekov, V.M., and C. Savelli (2004), Hydrothermal activity in the SE Tyrrhenian Sea: an overview of 30 years of research, *Mar. Geol.*, 204, 161-185.
- Dekov, V.M., G.D. Karnenov, C. Savelli, and J. Stummeyer (2006), Anthropogenic Pb component in hydrothermal ochres from Marsili Seamount (Tyrrhenian sea), *Mar. Geol.*, 22, 199-208.
- De Ritis R., I. Blanco-Montenegro, G. G. Ventura, and M. Chiappini (2005), Aeromagnetic data provide new insights on the volcanism and tectonics of Vulcano Island and offshore areas (southern Tyrrhenian Sea, Italy), *Geophys. Res. Lett.*, 32, Art. No. L15305.
- de Ronde, C.E.J., E.T. Baker, G.J. Massoth, J.E. Lupton, I.C. Wright, R.A. Feely and R.R. Greene (2001), Intra-oceanic subduction-related hydrothermal venting, Kermadec volcanic arc, New Zealand, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 193, 359-369.
- de Ronde, C.E.J., G.J. Massoth, E.T. Baker, and J.E. Lupton (2003), Submarine hydrothermal venting related to volcanic arcs, Giggenbach Memorial Volume, In Volcanic, geothermal and ore-forming fluids: Rulers and witnesses of processes within the Earth, eds., S.F. Simmons and I. Graham, *Soc. of Econ. Geol.*, 10, 91-110.
- de Ronde, C. E. J., M. D. Hannington, P. Stoffers, I. C. Wright, R. G. Ditchburn, A. G. Reyes, E. T. Baker, C. J. Massoth, J. E. Lupton, S. L. Walker, R. R. Greene, C. W. R. Soong, J. Ishibashi, G. T. Lebon, C. J. Bray, and J. A. Resing (2006), Evolution of a submarine magmatic-hydrothermal system: Brothers Volcano, southern Kermadec Arc, New Zealand, *Econ. Geol.*, 100, 1096-1133.
- Eckhardt, J.-D., G.P. Glasby, H. Puchelt, and Z. Berner (1997), Hydrothermal manganese crusts from Enarete and Palinuro Seamounts in the Tyrrhenian Sea, *Mar. Georesources & Geotechnol.*, 15, 175-208.
- Embley, R. W., E. T. Baker, W. W. Chadwick, Jr., J. E. Lupton, J. A. Resing, G. J. Massoth, and K. Nakamura (2004), Explorations of Mariana Arc volcanoes reveal new hydrothermal systems, *Eos Trans. AGU*, 85, 37, 40.
- Embley, R.W., W.W. Chadwick, Jr., E.T. Baker, D.A. Butterfield, J.A. Resing, C.E.J. de Ronde, V. Tunnicliffe, J.E. Lupton, S.K. Juniper, K.H. Rubin, R.J. Stern, G.T. Lebon, K.- I. Nakamura, S.G. Merle, J.R. Hein, D.A. Wiens, and Y. Tamura (2006): Long-term eruptive activity at a submarine arc volcano, *Nature*, 441(7092), 494–497.
- Esposito, A., G. Giordano, and M. Anzidei (2006), The 2002-2003 submarine gas eruption at Panarea volcano (Aeolian Islands, Italy): Volcanology of the seafloor and implications for the hazard scenario, *Mar. Geol.*, 227, 119-134.

- Favali, P., A. De Santis, G. D'Anna, B. Di Sabatino, M. Sedita, and E. Rubino, (2005) A new active volcano in the Tyrrhenian Sea?, *Ann. Geophys.*, 48, 1-6.
- Favalli M. M., D. Karatson, R. Mazzuoli, M.T. Pareschi, and G. Ventura (2005), Volcanic geomorphology and tectonics of the Aeolian archipelago (Southern Italy) based on integrated DEM data, *Bull. Volcanol.*, 68, 157-170.
- Gamberi F., and M.P. Marani (1997), Detailed bathymetric mapping of the eastern offshore slope of Lipari Island (Tyrrhenian Sea): Insight into the dark side of an arc volcano, *Mar. Geophys. Res.*, 19, 363-377.
- Gamberi, F., Marani, M., Landuzzi, V., Magagnoli, A., Penitenti, D., Rosi, M., Bertagnini, A., Di Roberto, A. (2006), Sedimentologic and volcanologic investigation of the deep tyrrhenian sea: preliminary result of cruise VST02, *Earth Prints*, <http://hdl.handle.net/2122/1071>
- Granieri D., M.L. Carapezza, G. Chiodini, R. Avino, S. Caliro, M. Ranaldi, T. Ricci, and L. Tarchini (2006), Correlated increase in CO₂ fumarolic content and diffuse emission from La Fossa crater (Vulcano, Italy): Evidence of volcanic unrest or increasing gas release from a stationary deep magma body?, *Geophys. Res. Lett.*, 33, Art. No. L13316.
- Hannington, M.D., de Ronde, C.E.J. & Petersen, S. (2005), Modern sea-floor tectonics and submarine hydrothermal systems. *Econ. Geol. 100th Ann. Vol.*, 111-141.
- Hawkins, J. W., P. F. Lonsdale, J. D. Macdougall, and A. M. Volpe (1990), Petrology of the axial ridge of the Mariana Trough backarc spreading center, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 100, 226–250.
- Ishibashi, J., and T. Urabe (1995), Hydrothermal activity related to arc-backarc magmatism in the western Pacific, in *Backarc Basins: Tectonics and Magmatism*, edited by B. Taylor, pp. 451-495, Plenum Press, New York.
- Kastens, K. A., et al. (1988), ODP Leg 107 in the Tyrrhenian Sea: Insight into passive margin and backarc basin evolution, *Geol. Soc. Am. Bull.*, 100, 1140–1156.
- Kastens, K. A., et al. (1990), The geological evolution of the Tyrrhenian Sea: An introduction to the scientific results of ODP Leg 107, *Proc. Ocean Drill. Program Sci. Results*, 107, 3– 26.
- Livermore, R., A. Cunningham, L. Vanneste, and R. Larter (1997), Subduction influence on magma supply at the East Scotia Ridge, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 150, 261–275.
- Lupton, J.E. (1995), Hydrothermal plumes: Near and far field, In *Seafloor Hydrothermal Systems: Physical, Chemical, Biological, and Geological Interactions*, S. Humphris, R. Zierenberg, L. Mullineaux, and R. Thomson (eds.), *Geophysical Monograph 91*, American Geophysical Union, Washington, D.C., 317–346.
- Lupton, J.E., E.T. Baker, and G.J. Massoth (1999), Helium, heat and the generation of hydrothermal event plumes at mid-ocean ridges. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 171(3), 343–350.

- Lupton, J., D. Butterfield, M. Lilley, L. Evans, K.-I. Nakamura, W. Chadwick, Jr., J. Resing, R. Embley, E. Olson, G. Proskurowski, E. Baker, C. de Ronde, K. Roe, R. Greene, G. Lebon, and C. Young (2006): Submarine venting of liquid carbon dioxide on a Mariana Arc volcano, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 7, Q08007, doi: 10.1029/2005GC001152.
- Marani, M. P., and T. Trua (2002), Thermal constriction and slab tearing at the origin of a superinflated spreading ridge: Marsili volcano (Tyrrhenian Sea), *J. Geophys. Res.*, 107(B9), 2188, doi:10.1029/2001JB000285.
- Martinez F, Taylor B. (2002), Mantle wedge control on back-arc crustal accretion, *Nature*, 16, 417-420.
- Massoth, G.J., C.E.J. de Ronde, J.E. Lupton, R.A. Feely, E.T. Baker, G.T. Lebon, and S.M. Maenner (2003), The chemically rich and diverse submarine hydrothermal plumes of the southern Kermadec volcanic arc (New Zealand), in *Intra-oceanic Subduction Systems: Tectonic and Magmatic Processes*, edited by R.D. Larter and P.T. Leat, *Geol. Soc. Lond. Spec. Pub.*, 219, 119-139.
- Metaxas, A. (2003), Current challenges in the study of biological communities at deep-sea hydrothermal vents, in *CIESM, Mare Incognitum ? Exploring Mediterranean deep-sea biology*, *CIESM Workshop Monographs n°23*, 67-72, Monaco.
- Resing, J.A., J.E. Lupton, R.A. Feely, and M.D. Lilley (2004), CO₂ and ³He in hydrothermal plumes: Implications for mid-ocean ridge CO₂ flux, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 226(3-4), 449-464.
- Sedwick P., and D. Stuben (1996), Chemistry of shallow submarine warm springs in an rc-volcanic setting: Vulcano Island, Aeolian Archipelago, Italy, *Mar. Chem.*, 53, 147-161.
- Sigurdsson, H., S. Carey, M. Alexandri, G. Vougioukalakis, K. Croff, C. Roman, D. Sakellariou, C. Anagnostou, G. Rousakis, C. Ioakim, A. Gogou, D. Ballas, T. Misaridis, and P. Nomikou (2006), Marine investigations of Greece's Santorini Volcanic Field, *Eos Trans. AGU*, 34, 337, 342.
- Stuben, D., P. Sedwick, C. Savelli, E. Ferretti, and Wolfson Sensor Group and Geomar Technologie GmbH (1993), Cruise report Poseidon 200-4 MIPAMEHR=MAST 1—Investigations on hydrothermalism in the Tyrrhenian and Aeolian Sea, *Berichte Rpts., Geol.-Pala Ontolog. Institut Univ. Kiel* 59.