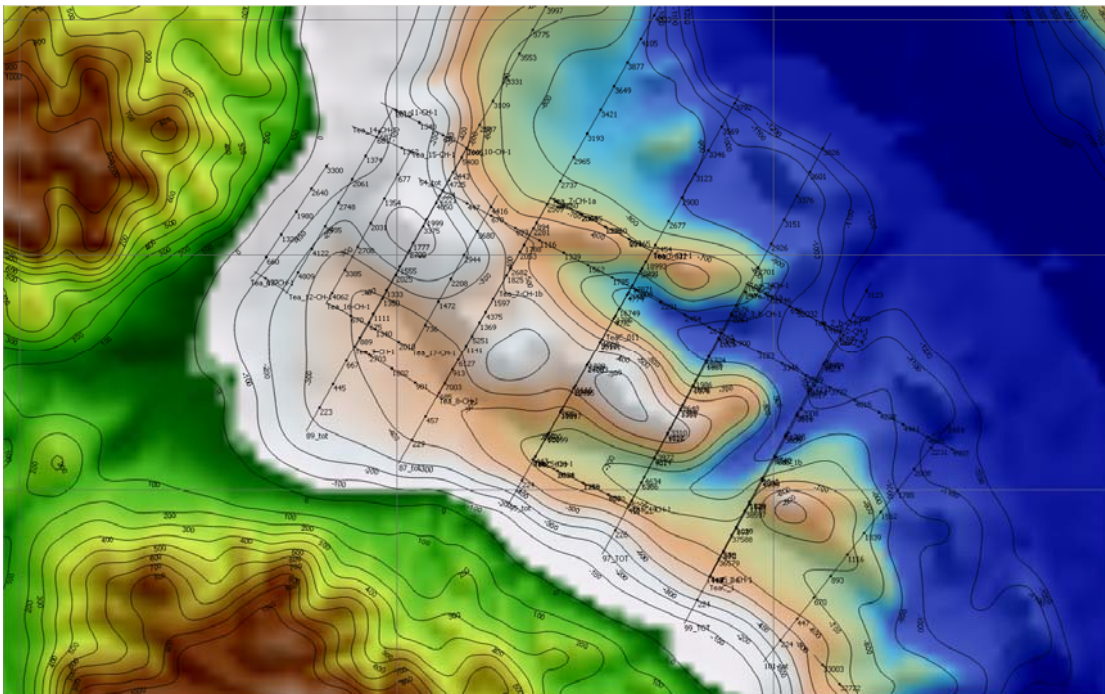


Campagna oceanografica

# Teatioca\_2010

*Gherardi Serena, De Luca Biagio, Passaro Salvatore, Pepe Fabrizio, Ferranti Luigi,  
Mazzella Maria Enrica, Santoro Enrico, Morelli Danilo, Di martino Gabriella, Darbo  
Alexia, Chisari Dario, Burrato Pierfrancesco, Mazzola Salvatore*



## Rapporto tecnico e delle attività

Nave Oceanografica Urania - Consiglio Nazionale delle Ricerche

Mar Ionio, 04/01/2011 14/012011

**“Si dirada la nebbia, molli gli ormeggi.**

**Ti stacchi e percorri il South Channel, superi il Rocky Neck, Ten Pound Island. Passi il Niles Pond dove pattinavo da bambino. Dai fiato al corno da nebbia e mandi un saluto al figlio del guardiano del faro di Thatcher Island. Poi compaiono gli uccelli: i monellacci, le anatre spose, i gabbiani reali. Il sole ti scalda, viri a Nord. Ti metti a dodici nodi - sei a pieni giri. Gli uomini sono indaffarati e tu sei al timone e hai il comando di una meravigliosa barca da spada.**

**C'è qualcosa di meglio al mondo?”**

**Billy Tyne (La tempesta perfetta).**

Campagna oceanografica**Teatioca\_2010***Sommario*

<b>Parte 1 – Introduzione al survey e metodi utilizzati</b> .....	5
<b>Introduzione</b> .....	5
<b>Inquadramento dell’area</b> .....	7
<b>Fig. 1 – Posizionamento dell’area di studio</b> .....	7
<b>Fig.2: Elementi morfologici a grande scala del Golfo di Taranto</b> .....	8
<b>Fig. 3: Assetto strutturale dell’area di studio</b> .....	9
<b>Personale imbarcato</b> .....	13
<b>Tab.1 Personale imbarcato e Ente/Istituto di provenienza</b> .....	13
<b>Strumentazioni utilizzate</b> .....	14
<b>Fig. 4 - N/O Urania del CNR</b> .....	14
<b>Ecoscandaglio multifascio</b> .....	14
<b>Tab. 2 - Caratteristiche tecniche del Multibeam EM710</b> .....	15
<b>Fig. 5 Schema delle connessioni strumentali del sistema EM710 della Simrad</b> .....	16
<b>Sistema Subbottom Chirp Profiler</b> .....	16
<b>Sistema Sparker</b> .....	17
<b>Fig. 6 - Subbottom Chirp Profiler e Sparker Georesources</b> .....	17
<b>Fig. 7- Dettaglio dell’acquisizione di un profilo sparker</b> .....	18
<b>Sonda multi-parametrica</b> .....	18
<b>Tab. 3 - Specifiche generali della sonda CTD</b> .....	18
<b>Fig. 8 Esempio di profilo CTD acquisito su calata verticale</b> .....	19
<b>Fig. 9 Sonda CTD 911 PLUS con bottiglie Niskin (rosetta)</b> .....	20
<b>Parte 2 – Dati acquisiti e risultati preliminari</b> .....	21
<b>Fig. 10 – Elementi morfologici identificati nell’area di studio.</b> .....	21
<b>Fig. 11: Profilo batimetrico estratto sulla dorsale di Amendolara e facies morfologica con sedimenti ondulati (“sandy waves”)</b> .....	22

<b>Fig. 12: Profilo sparker passante sull'anticlinale della Dorsale di Amendolara</b> .....	23
<b>Fig. 13: Immagine (da sud) dell'Amendolara channell</b> .....	24
<b>Conclusioni e possibili ricadute della campagna oceanografica TEATIOCA_2010</b> .....	25
<b>Bibliografia</b> .....	27
<b>Ringraziamenti</b> .....	31
<b>All. 1 Estratto del Diario di bordo TEATIOCA 2011</b> .....	32

## Parte 1 – Introduzione al survey e metodi utilizzati

### Introduzione

La campagna oceanografica “Teatioca\_2011” è il frutto della collaborazione fra diversi enti e università, ovvero:

- l’Istituto per l’Ambiente Marino Costiero (IAMC) del Consiglio Nazionale delle Ricerche di Napoli
- l’Università degli studi di Napoli Federico II
- l’Università degli Studi di Palermo
- l’Università degli Studi di Trieste
- l’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) di Roma.

Durante tale campagna, effettuata a bordo della N/O Urania del Consiglio Nazionale delle Ricerche nel periodo 04/01/2011 14/01/2011, sono stati acquisiti nuovi dati ad alta risoluzione nell’area ionica del Golfo di Taranto, nel settore occidentale del Golfo, a ridosso del margine nord-orientale della Calabria Ionica, dove insiste un alto strutturale ad orientazione preferenziale circa N150°E denominato Dorsale (o *Ridge*) di Amendolara. Esistono a tutt’oggi disparità di vedute circa il regime tettonico dominante nei vari settori dell’arco calabro, e le interpretazioni difformi che sussistono a terra si riflettono in altrettante incertezze nello studio dei settori marini adiacenti. Una migliore definizione del quadro tettonico a mare, obiettivo primario di *TEATIOCA\_2011*, è necessario per vincolare meglio i modelli geodinamici esistenti e assume particolare rilevanza anche per la valutazione del rischio costiero. E’ ben noto e accettato dalla comunità scientifica che nella zona tirrenica e assiale della Calabria il regime tettonico estensionale impostatosi nel Quaternario permane tuttora (Monaco e Tortorici, 2000), come indicato dai meccanismi focali dei terremoti e dalle velocità GPS (D’Agostino e Selvaggi, 2004; Ferranti et al., 2008). Al contrario, sul lato ionico della Calabria è provata una trascorrenza sinistra nel Quaternario (Catalano et al., 1993; Van Dijk et al., 2000; Tansi et al., 2007; Del Ben et al., 2007), ma il quadro sismotettonico è ancora incerto, e l’identificazione delle strutture attive e sismogenetiche problematica. Buona parte della difficoltà nel caratterizzare le strutture tettoniche è dovuta alla loro parziale localizzazione in mare, e, in particolare sul lato ionico calabrese, alla scarsa sismicità. La Campagna oceanografica *Anomcity\_2012* si proponeva di contribuire alla conoscenza del regime deformativo recente e attuale della parte

meridionale del Golfo di Taranto (area Dorsale di Amendolara - Bacino di Sibari) attraverso uno studio di dettaglio dei principali lineamenti che caratterizzano l'area, in particolare con la definizione della loro attività recente e attuale tramite acquisizione di profili sismici ad altissima risoluzione (Sparker e Chirp) e dati morfobatimetrici (multibeam). La ricerca porrà importanti vincoli per la definizione del quadro sismotettonico transpressivo formulato sulla base dei dati GPS (Ferranti et al., 2008) e morfotettonici (Ferranti et al., 2009; Santoro et al., 2009), e già incorporato in maniera però preliminare nei database ufficiali (DISS - INGV 2009). Di seguito viene riportata una descrizione delle operazioni di bordo, dei dati acquisiti e delle prospettive future (e future potenziali ricadute di ricerca) di TEATIOCA\_2010.

### Inquadramento dell'area

L'area di indagine è localizzata all'interno del fronte dei sovrascorrimenti dell'Appennino meridionale in offshore ionico della Calabria settentrionale e Basilicata. L'orogene sud-appenninico include due catene compressive verticalmente sovrapposte (Patacca et al., 1990; Menardi-Noguera e Rea, 2000; Patacca e Scandone, 2001; Fig. 1). La catena superiore si è formata tra l'Oligocene superiore e il Pleistocene inferiore coinvolgendo unità cristalline, di piattaforma carbonatica e bacino. La catena inferiore include rocce carbonatiche che rappresentano la prosecuzione sepolta

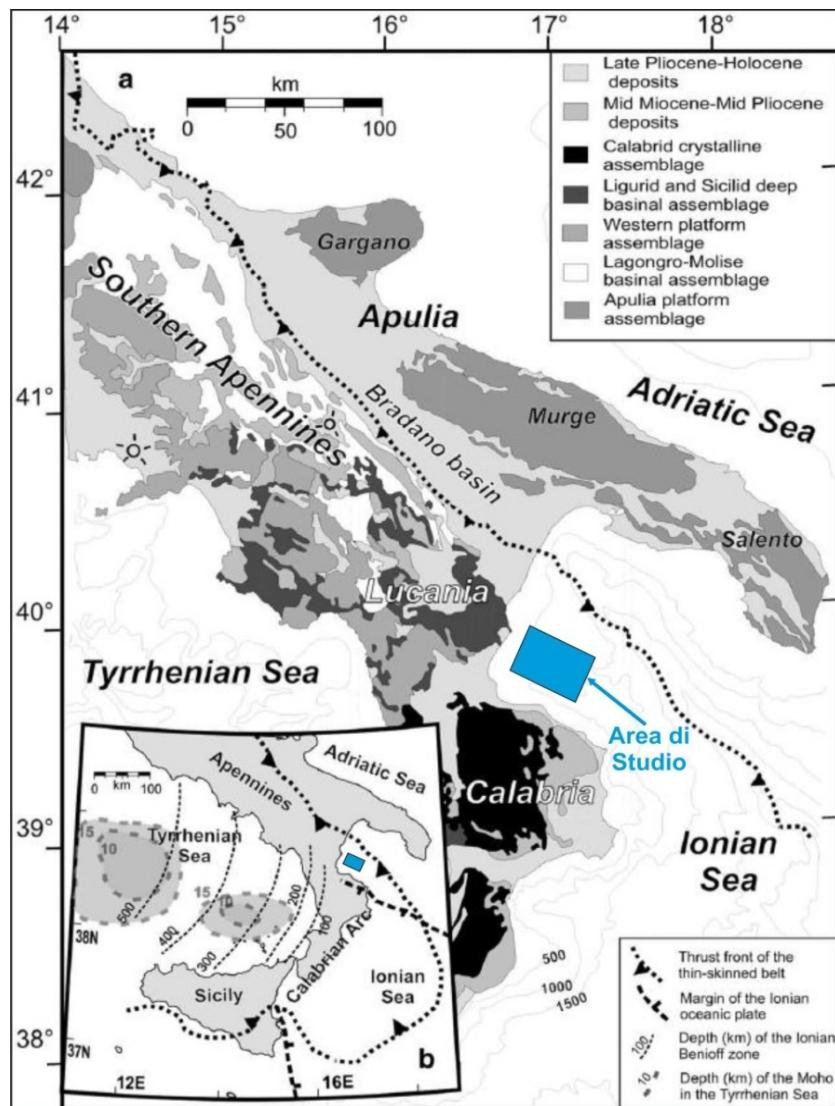
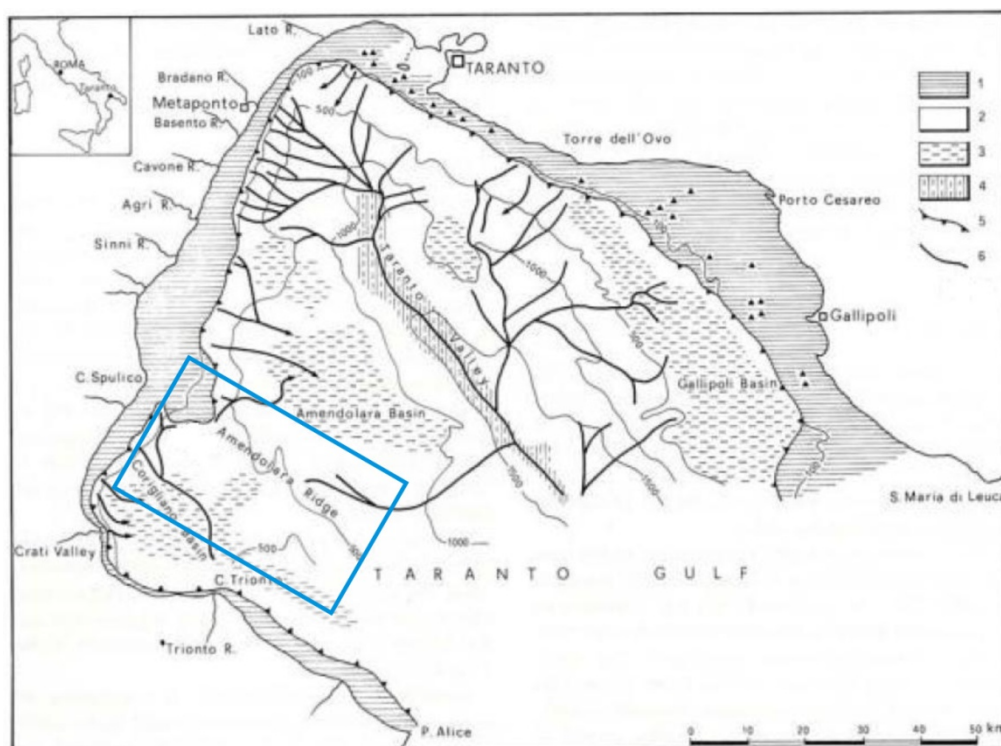


Fig. 1 – Posizionamento dell'area di studio



**Fig.2: Elementi morfologici a grande scala del Golfo di Taranto**

dell'avampese affiorante in Puglia, e la sua terminazione orientale nota in offshore coincide con la transizione tra crosta continentale apula e crosta assottigliata/oceanica ionica (Catalano et al., 2001).

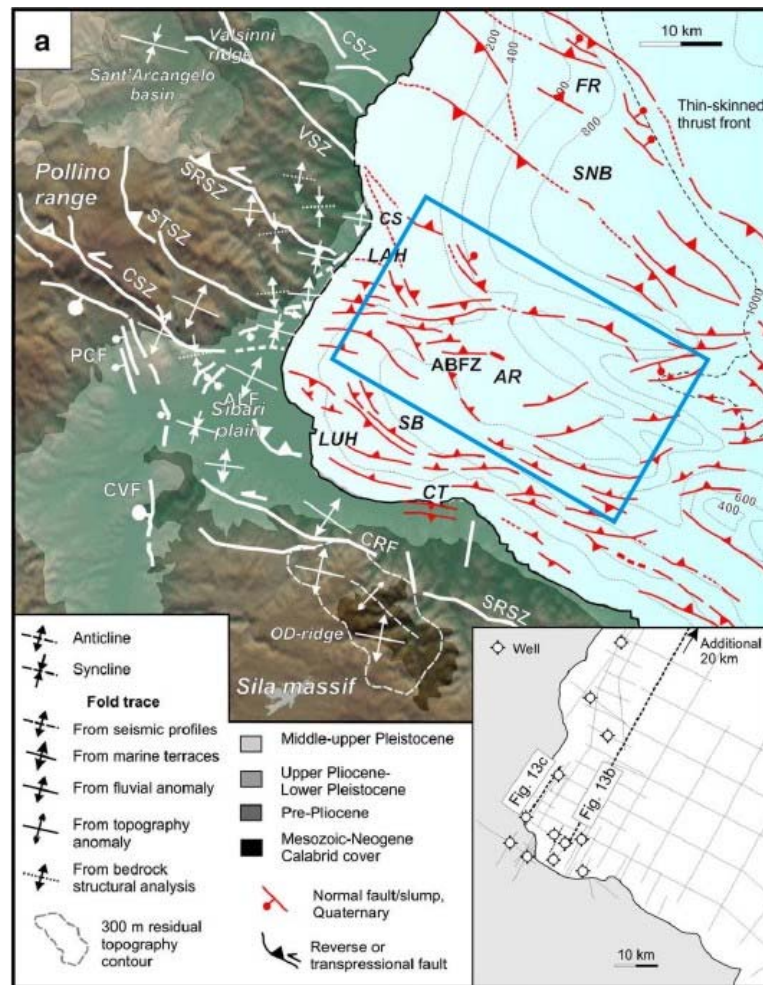
La crescita dell'orogene è avvenuta in conseguenza della subduzione verso NW, accompagnata dal roll-back verso SE, della litosfera ionico-adriatica (Malinverno e Ryan, 1986; Gueguen et al., 1998; Faccenna et al., 2001). L'attuale posizione dello slab ionico sotto la Calabria e il Tirreno sudorientale è ben vincolata dalla tomografia sismica e dalla sismicità profonda (Selvaggi e Chiarabba, 1995; Wortel e Spakman, 2000).

Le analisi biostratigrafiche e di profili sismici indicano che il movimento del fronte sud-appenninico è cessato alla fine del Pleistocene inferiore (Patacca e Scandone, 2001). La contrazione nella catena apula profonda è iniziata nel Pliocene, e nel Pleistocene inferiore è stata accomodata da faglie transpressive che si sono propagate fino in superficie attraversando l'alloctono pellicolare messo in posto in precedenza (Knott e Turco, 1991; Tansi et al., 2007). I raccorciamenti nella catena apula profonda sono considerati cessati a livello regionale nel Pleistocene medio, con trascorrenza e transpressione residui in alcuni settori (es. Gargano e Adriatico centrale) legati alla ripresa della convergenza tra Africa ed



Europa (Montone et al., 2004). Anche in conseguenza di ciò, la presenza di subduzione attiva in Calabria è dibattuta (Hollenstain et al., 2003; D'Agostino e Selvaggi, 2004; Goes et al., 2004; per una review: vedi Argnani, 2000).

Il settore assiale e occidentale dell'Appennino meridionale e della Calabria è interessato da faglie normali, alcune delle quali attive e sismogenetiche, attribuite alla progressiva migrazione dell'estensione di retroarco nel Tirreno a partire da ~10 Ma (Malinverno e Ryan, 1986; Gueguen et al., 1998; Faccenna et al., 2001). Questa estensione è ben determinata da studi di faglie attive, sismicità e velocità GPS (Hippolyte et al., 1994;



**Fig. 3: Assetto strutturale dell'area di studio**

Maschio et al., 2005; Serpelloni et al., 2005; Ferranti et al., 2008). Al contrario, la mancanza di sismicità significativa e di conoscenza sulle faglie attive fa sì che il quadro sismotettonico nel settore orientale della Basilicata meridionale e Calabria settentrionale

sia poco conosciuto. Tuttavia, questa regione è stata interessata da un marcato sollevamento a partire dal Pleistocene medio, in concomitanza con la disattivazione del fronte dei sovrascorrimenti e la fine della subduzione adriatica. Il sollevamento, testimoniato da volate di terrazzi costieri (Miyachi et al., 1994; Ferranti et al., 2006), viene attribuito alla rimozione di radici profonde ad alta densità (Westaway, 1993; Wortel e Spakman, 2000; Gvirtzman e Nur, 2001); non è da escludere il contributo della compressione legata alla collisione della crosta calabrese con le masse continentali apula in Appennino e iblea in Sicilia (Catalano et al., 1993; Bertotti et al., 2001; Goes et al., 2004; Ferranti e Oldow, 2005).

Nell'area che comprende le dorsali montuose del Pollino e della Sila, separate dalla Piana di Sibari, i thrust mio-pliocenici fra rocce cristalline, bacinali e carbonatiche sono stati ritagliati nel Quaternario da faglie estensionali a W (Cinti et al., 1997) e da faglie transpressive sinistre a E, sul lato ionico, faglie che si rinvengono anche a mare (es. Faglia di Sibari, Del Ben et al., 2007). Un sistema di faglie normali a orientazione NE-SW si rinviene nei pressi della linea di costa (faglia Avena-Lauropoli); finora poco caratterizzato (Lanzafame e Tortorici, 1981; Cucci e Cinti, 1998), è stato attribuito a fenomeni di collasso estensionale causato da piegamenti profondi (Ferranti et al., 2009), e caratterizza tutta la costa del Golfo di Taranto (Bentivenga et al., 2004).

L'analisi morfotettonica nella zona costiera suggerisce che il regime transpressivo è ancora attivo. Il profilo di deformazione della volata di terrazzi marini medio-alto pleistocenici mostra una componente di sollevamento regionale ad alta lunghezza d'onda (~100 km) e ampiezza (~500 m), sul quale sono sovrapposte delle ondulazioni a bassa lunghezza (~5-10 km) e ampiezza (~20-50 m). Queste ondulazioni sono pervasive nel profilo costiero e coincidono localmente con pieghe e faglie transpressive nei depositi marini e transizionali, e pertanto indicano raccorciamenti recentissimi (Ferranti et al., 2009; Santoro et al., 2009; Fig. 2). L'integrazione dei dati a mare e a terra indica che il massiccio del Pollino e la sua prosecuzione nell'immediato offshore (dorsale di Amendolara) rappresentano una culminazione strutturale nel recente campo deformativo, bordata da importanti faglie transpressive; una seconda fascia transpressiva a vergenza SW è localizzata in Sila settentrionale e nel suo offshore (Ferranti et al., 2009; Fig. 3). Questi sistemi di faglie (Sila settentrionale e bordo S del Pollino-Amendolara) mostrano anche una debole attività sismica come suggerisce l'analisi della sismicità di fondo di reti locali (Mucciarelli, 2007;

Ferranti et al., 2009). I meccanismi focali di eventi  $M < 4$  hanno soluzioni tipo thrust o trascorrente, con cinematica sinistra per i piani nodali NW-SE, e suggeriscono ripartizione dello scorrimento in risposta a compressione c. ENE-WSW. Questa attività sismogenetica, sebbene di limitato volume focale, è compatibile con residuo scorrimento sulle faglie Quaternarie. Questi dati sono anche consistenti con l'analisi delle velocità GPS della rete PTGA (Pery-Tyrrhenian Geodetic Array), con i siti del Pollino e della Sila che mostrano convergenza obliqua rispetto al sito IGS di Matera indicanti transpressione sinistra sulle faglie che bordano i massicci (Ferranti et al., 2008).

Il settore offshore di quest'area è stato sinora studiato in maniera parziale. Numerosi campagne (Dipartimento di Scienze della Terra di Napoli; Istituto di Geologia Marina di Bologna, in seguito ISMAR, e in anni recenti anche OGS) sono state essenzialmente dedicate a studi morfobatimetrici e al riconoscimento di fenomeni gravitativi superficiali: Rossi e Gabbianelli, 1978; Rossi et al., 1983). Più limitati gli studi di tipo strutturale. Solo in anni recenti il quadro tettonico controllato da importanti lineamenti trascorrenti è stato messo in luce (Del Ben et al., 2007). Più a S, l'analisi regionale dei profili CROP ha messo in luce la presenza di importanti retroscorrimenti (vergenza a SW) su faglie profonde pliocenico-quaternarie che basculano la catena pellicolare precedentemente messa in posto (Doglioni et al., 1999).

Sulla base delle esperienze maturate a terra e basandoci sulle conoscenze a mare sinora pubblicate, abbiamo esteso le indagini nell'immediato offshore. L'analisi di profili sismici pubblici (Zone D e F e altri profili disponibili), benché di qualità non elevata, tarati con i pozzi esplorativi esistenti, ha permesso di ricostruire in maniera preliminare il quadro strutturale nell'immediato offshore di quest'area e di correlare i lineamenti ben studiati a terra con quelli riscontrati a mare (Ferranti et al., 2009). La parte meridionale del Golfo di Taranto è caratterizzata da dorsali sommerse che isolano bacini di tipo satellite. Il massiccio del Pollino e la dorsale di Valsinni, quest'ultima posta in posizione frontale e separata dal Pollino dal bacino di piggy-back di S. Arcangelo, si saldano a mare e proseguono nella dorsale di Amendolara. La Piana di Sibari, interposta tra Pollino a N e Sila a S (e la cui genesi non è ancora stata chiarita), prosegue offshore con un bacino stretto e lungo (bacino di Sibari o di Corigliano) riempito da  $> 2.5$  km di depositi del Pliocene - Quaternario (Bigi et al., 1992). La genesi di questo bacino, che corre da E-W a NW-SE parallelo al ripido fianco S della Dorsale di Amendolara, viene attribuito a una

struttura a fiore negativa (Faglia di Sibari; Del Ben, 2007). A N dell'Amendolara, un altro bacino satellite (bacino di Sinni) separa questa dorsale con la dorsale frontale, posta immediatamente dietro il fronte dei sovrascorrimenti.

**Personale imbarcato**

1	Passaro	Salvatore	Capomissione	IAMC-CNR
2	Ferranti	Luigi	Ricercatore	UNINA
3	Mazzella	Maria Enrica	Dottorando	UNINA
4	Santoro	Enrico	Dottorando	UNINA
5	de Lerma di Castelmezzano	Davide	Dottorando	UNINA
6	Ialongo	Simone	Dottorando	UNINA
7	Morelli	Danilo	Borsista	UNITS
8	Darbo	Alexia	Studente spec.	UNITS
9	Chisari	Dario	Studente spec.	UNITS
10	Valenzano	Giovanni	Studente	UNITS
11	Burrato	Pierfrancesco	Ricercatore	INGV

**Tab.1 Personale imbarcato e Ente/Istituto di provenienza**

- IAMC - Istituto per l'Ambiente Marino Costiero (IAMC) del Consiglio Nazionale delle Ricerche di Napoli
- UNINA: Università degli studi di Napoli Federico II
- UNITS: Università degli Studi di Trieste
- INGV: Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) di Roma.

### Strumentazioni utilizzate

Il survey si è svolto a bordo della Nave Oceanografica Urania (Fig. 4), un'imbarcazione in dotazione al Consiglio Nazionale delle Ricerche di circa 67 metri di lunghezza (fuori tutto), equipaggiata per lo svolgimento di campagne di ricerca multidisciplinari. La nave ospita laboratori per analisi, campionamento geologico, laboratori chimici e radiologici e consente l'elaborazione di dati di navigazione, geofisici e quelli acquisiti con il R.O.V. (Remote Operated Vehicle) e con la sonda multiparametrica. Gli strumenti geofisici comprendono un profilatore Chirp Datasonic, uno Sparker, un profilatore Sub-Bottom da 3.5 KHz, un Uniboom, un sonar a scansione laterale da 100 - 500 KHz e un magnetometro. Per quel che riguarda i sistemi di campionamento (operanti fino alle massime profondità del Mediterraneo) sono disponibili campionatori a gravità ed a pistone, box corer, benne (Shipek e Van Veen) e draghe. E' inoltre possibile utilizzare sonde multiparametriche e multicampionatori, CTD, dispositivi per analisi biologiche e R.O.V.



**Fig. 4 - N/O Urania del CNR**

### Ecoscandaglio multifascio

I dati batimetrici sono stati acquisiti mediante un ecoscandaglio multifascio, che permette di ottenere una copertura completa del fondale attraverso l'acquisizione lungo rotte parallele.

Lo strumento utilizzato è un Multibeam Kongsberg EM710 (Fig. 5 e Tab.2), installato a scafo, che permette di effettuare rilievi fino a profondità di 1200 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 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 sono stati registrati mediante una sonda Sea-Bird: 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 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.

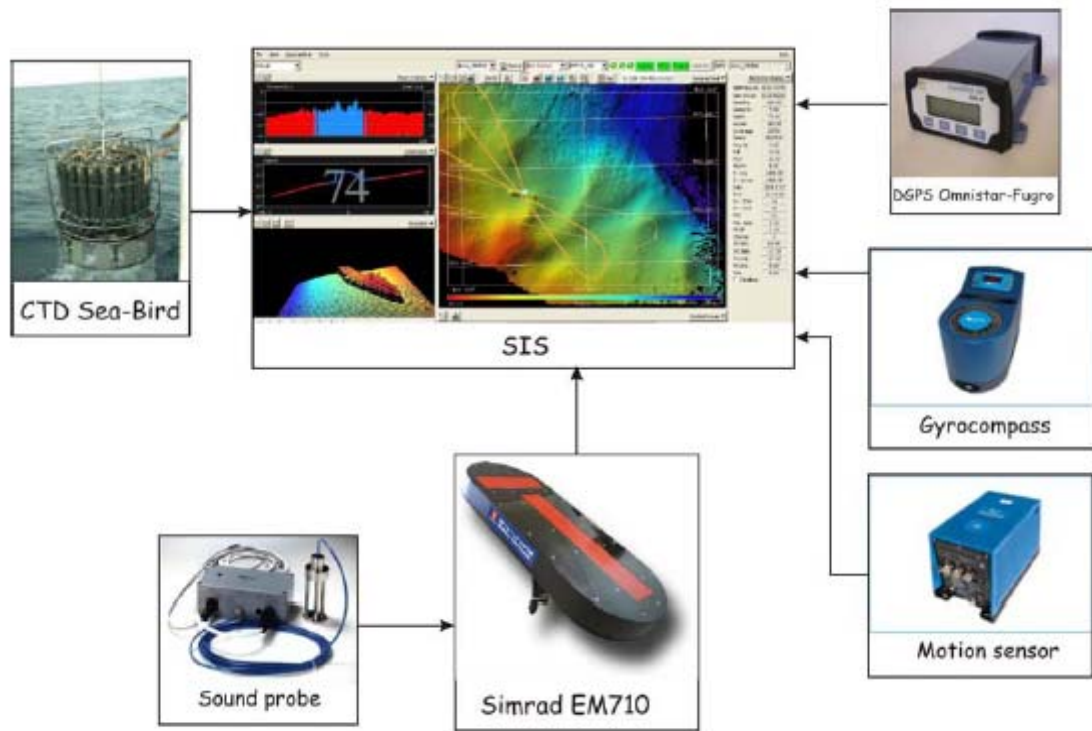


Fig. 5 Schema delle connessioni strumentali del sistema EM710 della Simrad

### Sistema Subbottom Chirp Profiler

Il subbottom Teledyne Benthos Chirp III, montato a scafo, fornisce profili sismici ad alta risoluzione attraverso l'emissione di un impulso comprendente 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.

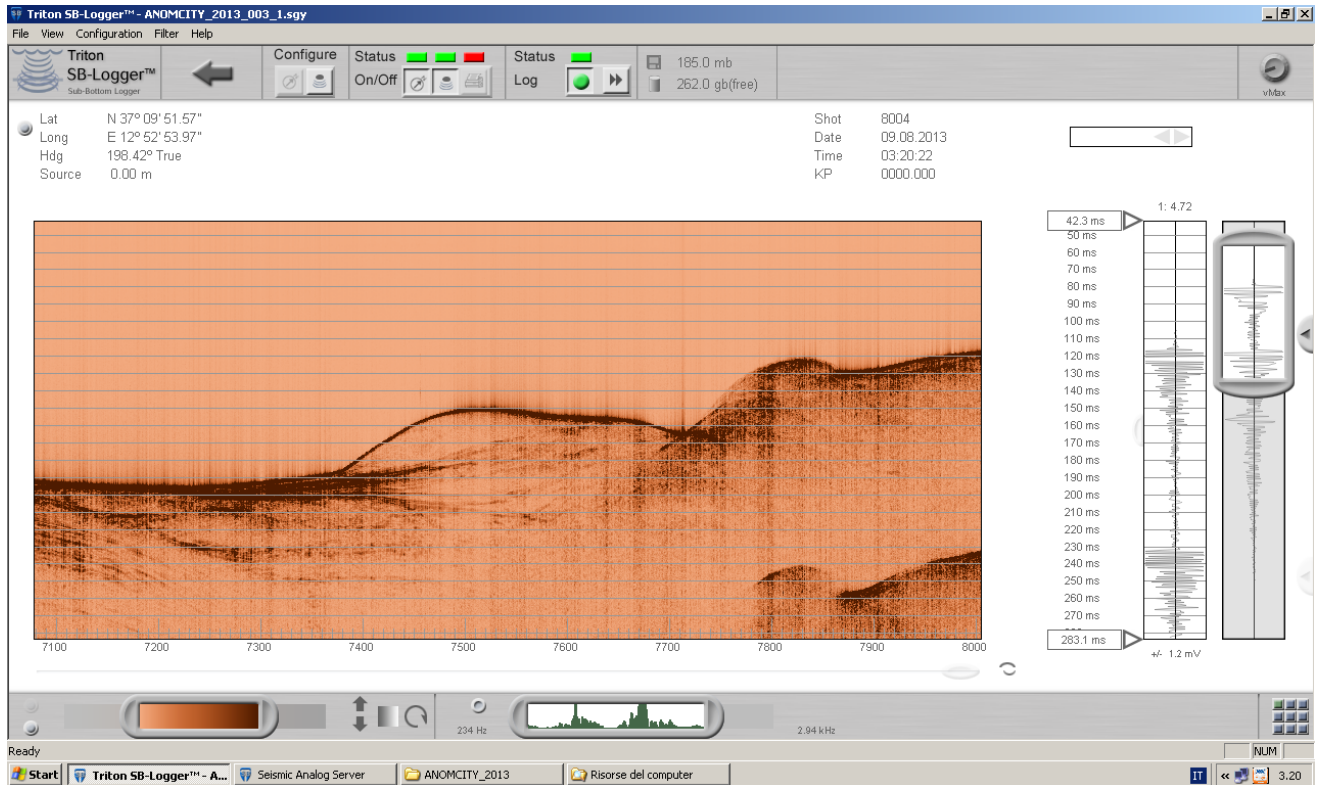


### Sistema Sparker

I profili sismici sono stati acquisiti mediante Sparker Multitip da 1 kJoule della GeoResources.(Fig.6). 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.7).



**Fig. 6 - Subbottom Chirp Profiler e Sparker Georesources**



**Fig. 7- Dettaglio dell'acquisizione di un profilo sparker**

### 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. 8).

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).

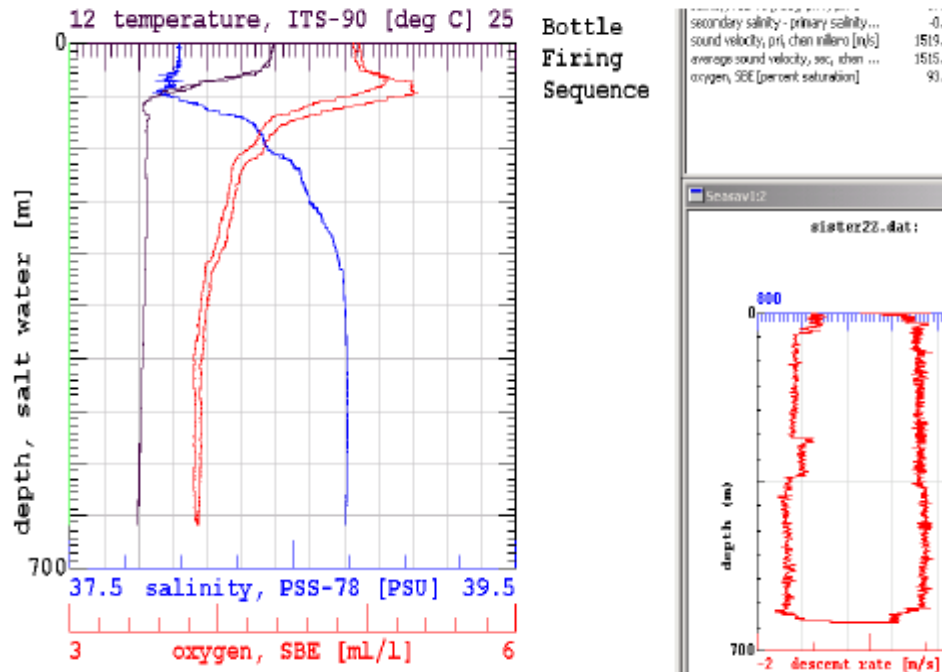


Fig. 8 Esempio di profilo CTD acquisito su calata verticale

Il CTD è montato su un frame comprendente una “rosetta” di 24 bottiglie Niskin (Fig. 9), utilizzata per il prelievo di campioni di acqua a diverse profondità lungo la colonna d'acqua.

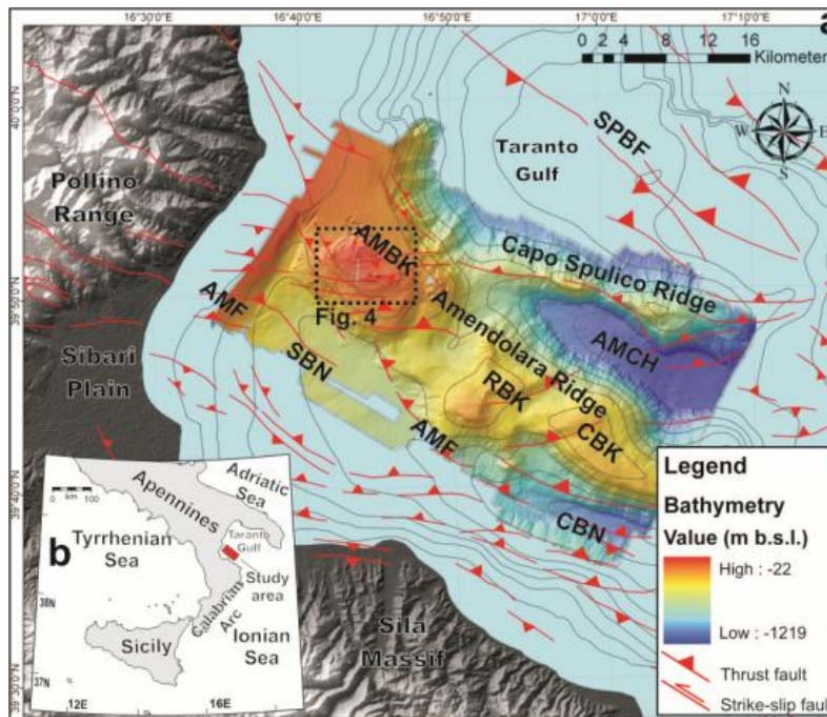


**Fig. 9 Sonda CTD 911 PLUS con bottiglie Niskin (rosetta)**

## Parte 2 – Dati acquisiti e risultati preliminari

### Risultati preliminari

Il versante Ionico del Golfo di Taranto è caratterizzato dalla presenza di creste e bacini che rappresentano l'espressione morfologica di sistemi di faglie pleistoceniche transpressive (Del Ben et al., 2007). Il Ridge di Amendolara (AR) si estende per 45 Km in direzione N130°E, ed è caratterizzato dalla presenza di tre alti batimetrici minori, rispettivamente denominati Amendolara, Rossano e Cariati. Verso NE, il Ridge di Capo Spulico si estende per circa 40 Km in direzione N115°E circa (Fig. 10). Durante la Campagna Oceanografica "Teatioca" sono stati acquisiti 1100Km<sup>2</sup> di dati batimetrici che, con l'ausilio di dati sismici



**Fig. 10 – Elementi morfologici identificati nell'area di studio.**

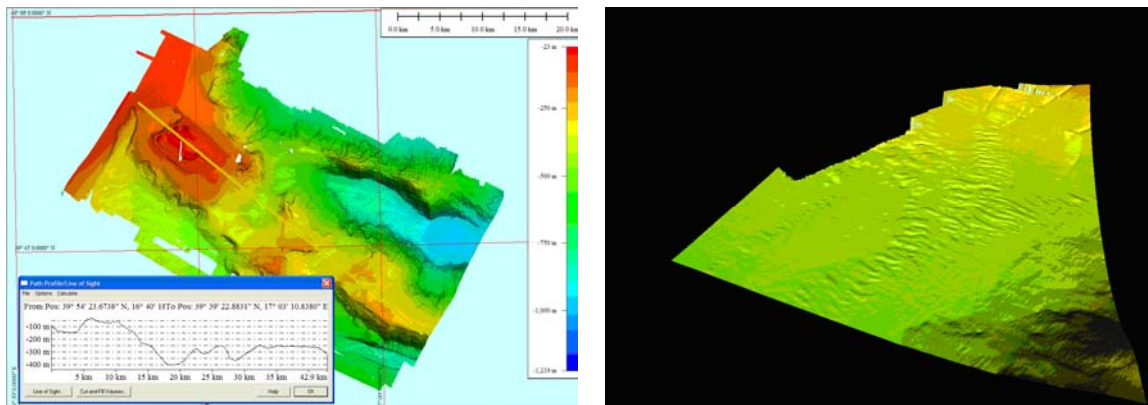
AMF=Amendolara Fault; SBN=Bacino di Sibari; CBN=Bacino di Corigliano; AMBK=Amendolara Bank; AMCH=Amendolara Channell; RBK=Rossano Bank; CBK=Cariati Bank.

a riflessione monocanale (Chirp e Sparker), hanno consentito di ottenere una prima sintesi morfostrutturale dell'area sud-orientale del Golfo di Taranto (Santoro et al., 2012), anche grazie all'estrazione di alcuni parametri morfometrici dal DTM in ambiente GIS.



L'insieme dei dati morfometrici evidenzia un ruolo chiave nell'attività della faglia di Amendolara, in quanto la regolarità dei pendii rivolti a S è legata alla deformazione e sollevamento dei versanti, che tende a superare l'effetto dei processi erosivi (versanti a controllo morfo-strutturale). D'altra parte, il processo di ribaltamento guidato dall'azione della faglia innesca l'erosione gravitazionale canalizzata sui pendii esposti a nord (versanti a controllo morfo-sedimentario Fig. 11).

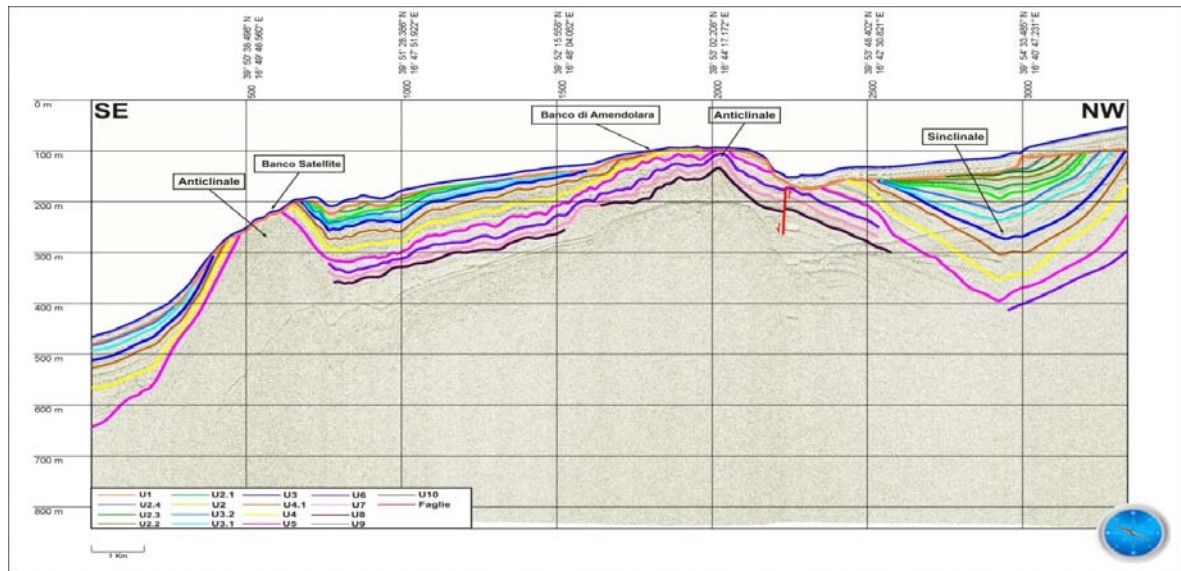
Sette ordini di terrazzi sono stati rinvenuti sul top del Banco di Amendolara, anche grazie allo studio dei picchi nel diagramma di distribuzione delle quote (Passaro et al., 2011). Tali picchi, grazie alla valutazione della distribuzione rispetto alla curva di riferimento scelta (Waelbroeck et al., 2002), mostrano un tasso di sollevamento medio di 0.1 mm/a come miglior correlazione. Tale dato e le statistiche sui profili estratti dal DTM testimoniano la presenza di tassi differenziali di sollevamento ed un complessivo tilting (verso E) del settore frontale ionico dell'Appennino Meridionale, in accordo con quanto suggerito in letteratura (Ferranti et al., 2009).



**Fig. 11: Profilo batimetrico estratto sulla dorsale di Amendolara e facies morfologica con sedimenti ondulati ("sandy waves")**

I nuovi dati sismici ad alta (Sparker) ed altissima (Subbottom Chirp) risoluzione, acquisiti durante la Campagna Oceanografica "Teatioca\_2010", integrati da dati sismici multicanale ad alta penetrazione e calibrati con pozzi profondi, batimetrici multifascio e carotaggi, rivelano che la dorsale di Amendolara, orientata NW-SE, estensione sottomarina della zona frontale del sistema a thrust dell'Appennino meridionale, è stata controllata nel Quaternario da un sistema di retro-scorrimenti e faglie transpressive (ATFS) che dislocano verso SW la catena mio-pliocenica NE-vergente (Fig. 12).

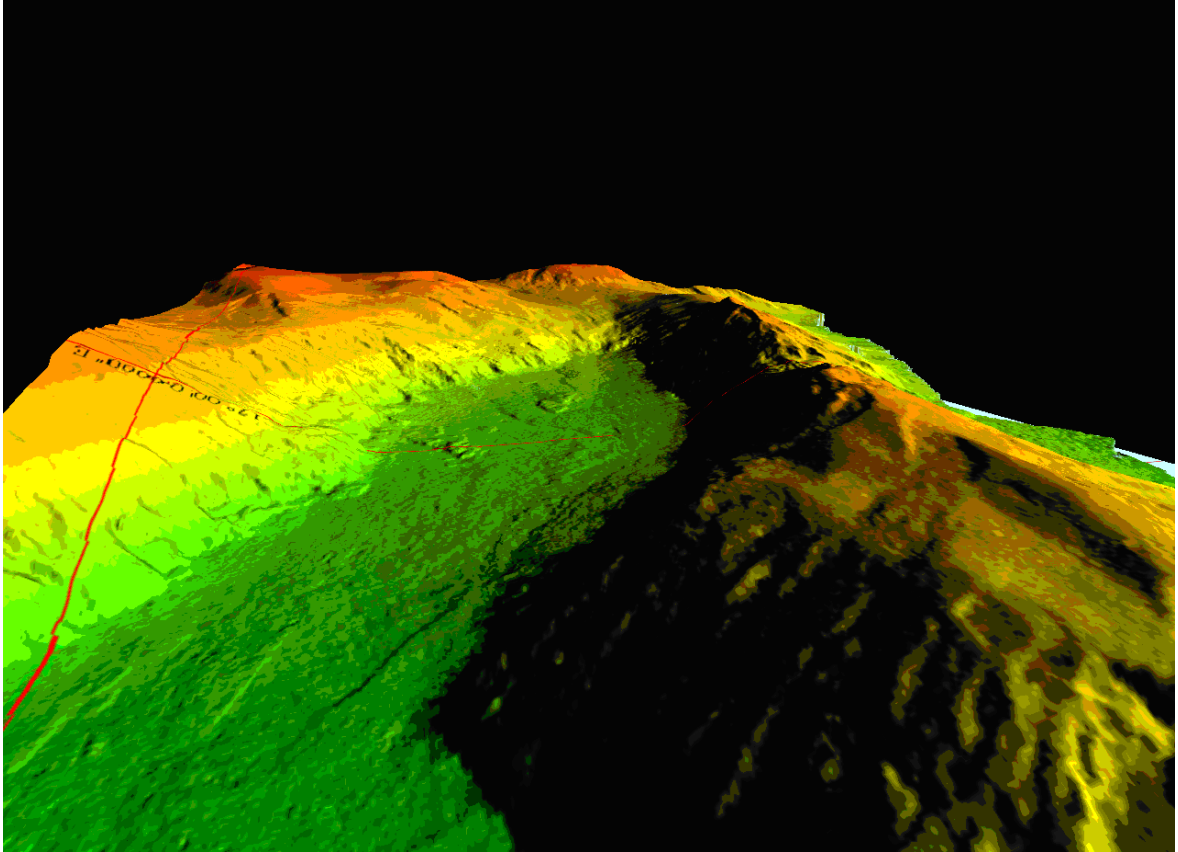
Il pacco di sequenze deposizionali attribuito, sulla base della facies sismica e della presenza di discordanze controllate dalle oscillazioni glacio-eustatiche, al Pleistocene medio-superiore risulta piegato in maniera consistente con le strutture desumibili dai profili multicanale. I dati morfometrici e sismici documentano che la dorsale è formata da 3 banchi lunghi ~10-20 km, cresciuti sopra rampe di sovrascorrimenti ciechi (~2 km) disposti en-echelon a formare un sistema segmentato.



**Fig. 12: Profilo sparker passante sull'anticlinale della Dorsale di Amendolara**

Corpi “trasparenti” di notevole spessore (15-30 m) e estensione (> di 100 km<sup>2</sup>), sono stati segnalati anche nel Mar Ionio nord-occidentale e interpretati come accumuli debritici tardo-pleistocenici-olocenici, presumibilmente sismoindotti (Rebesco et al. 2009).

La presenza di depositi debritici in un'area interessata negli ultimi decenni da bassa sismicità ma caratterizzata da strutture attive e potenzialmente sismogenetiche, come suggerito da recenti ricerche (M~6), ha posto le basi per un'analisi più approfondita dei caratteri degli eventi debritici segnalati e dei meccanismi di innesco. Nel Canale di Amendolara (Fig. 13) i profili sismici mostrano, coperto da una sottile (7-10 m max.) coltre, un corpo acusticamente trasparente, molto esteso (100 km<sup>2</sup>; lunghezza 25 km, larghezza 5 km), e di notevole spessore (40 m max.). La presenza di corpi con



**Fig. 13: Immagine (da sud) dell'Amendolara channell**

analoghi caratteri sismo-stratigrafici è confermata anche nelle aree bacinali limitrofe, separate tra loro da scarpate e alti morfologici con evidenze di movimentazioni di massa recenti e in atto. La stessa collocazione crono-stratigrafica degli ultimi depositi “debricitici” nei vari settori dell’area suggerisce, come per il Mar Ionio meridionale, un meccanismo di innesco comune e a scala regionale.



**Conclusioni e possibili ricadute della campagna oceanografica TEATIOCA\_2010**

Un dataset completo di dati sia morfobatimetrici che sismici a riflessione monocanale è stato raccolto durante la campagna, e consentirà certamente di integrare la conoscenza dell'area con approfondimenti nei campi strutturale, geomorfologico e sedimentologico. Oltre 1100 chilometri quadrati di batimetria multibeam ad alta risoluzione consentiranno di ottenere una visione completa della morfologia del settore investigato. La correlazione in tre dimensioni con dati sismici ad alta (sparker) ed altissima risoluzione (chirp) consentiranno una visione d'insieme finora mai raggiunta in questo settore di mare. Lo studio sedimentologico e tefro-stratigrafico delle campionature permetterà, a nostro avviso, di tarare le acquisizioni in termini di cronologia e lito-stratigrafia. Dal punto di vista scientifico, i dati acquisiti durante la campagna oceanografica Teatioca\_2010 dovrebbero consentirci di ottenere i seguenti obiettivi:

- La definizione dello stile strutturale del settore meridionale del Golfo di Taranto (Mar Ionio) compreso tra le coste della Sila settentrionale e del Pollino;
- Verificare la possibile esistenza di attività tettonica recente su queste faglie in particolare lungo il fianco meridionale della Dorsale di Amendolara, dove indagini a terra e clustering di microsismicità suggeriscono attività
- Definire i parametri geometrici (lunghezza, segmentazione, rigetto, età etc.) delle maggiori strutture con indizi di attività recente e cartografarne la gerarchia ai fini di una modellizzazione di pericolosità sismica;
- Studiare le relazioni tra transpressione profonda e faglie estensionali listriche/scivolamenti gravitativi più superficiali; identificare i livelli di scollamento (argille sub-appenniniche, etc.) di queste ultime.
- Con la copertura sismica monocanale sparker della fascia intorno al margine settentrionale della Sila, a quello orientale del Pollino, e lungo la Dorsale sommersa di Amendolara, intendiamo ricostruire l'architettura delle faglie nei vari tratti dei suddetti lineamenti per il riconoscimento dello stile strutturale che caratterizza ogni segmento.
- La stessa sismica monocanale ci permetterà di fare un'analisi sismo-stratigrafica e stratigrafico sequenziale dei bacini sedimentari che fiancheggiano tali lineamenti. Questo studio ci permetterà di ricostruire l'evoluzione e la cronologia relativa dell'attività delle strutture individuate, nonché l'analisi della firma stratigrafica dell'attività tettonica,

attraverso l'individuazione di debris flow e cicli trasgressivo - regressivi nella successione sedimentaria dei bacini che fiancheggiano le strutture.

- La copertura CHIRP assieme al rilevamento morfobatimetrico del fondo marino con le indagini multi-fascio consentirà di porre in luce evidenze di attività recentissima sui principali lineamenti già geometricamente caratterizzati, in modo da valutare il loro eventuale grado di pericolosità sismica e tsunamigenica.
- La copertura multibeam permetterà di evidenziare fenomeni gravitativi in maniera sistematica, possibile indizio della crescita di pieghe o faglie cieche nel sub-bottom, e di valutarne la pericolosità.
- Il campionamento (con carotaggi) dei livelli sub-superficiali interessati da evidenze di fagliazione potrà fornire materiale databile per stabilire l'età di suddetta attività e calcolare tassi di deformazione per gli intervalli temporali più recenti

**Bibliografia**

- Argnani A (2000) The Southern Tyrrhenian subduction system: recent evolution and neotectonic implication. *Ann Geofis* 43:585–607.
- Bentivenga, M., Coltorti, M., Prosser, G., Tavarnelli, E., 2004. A new interpretation of terraces in the Taranto Gulf: the role of extensional faulting. *Geomorphology* 60, 383–402.
- Bertotti, G., Picotti, V., Chilovi, C., Fantoni, R., Merlini, S., Mosconi, A., 2001. Neogene to Quaternary sedimentary basins in the south Adriatic (Central Mediterranean): Foredeeps and lithospheric buckling: *Tectonics* 20, 771-787.
- Bigi, G., Bonardini, G., Catalano, R., Cosentino, D., Lentini, F., Parlotto, M., Sartori, R., Scandone, P., Turco, E., 1992. Structural Model of Italy, 1:500.000. Consiglio Nazionale delle Ricerche, Rome.
- Catalano, R., Doglioni, C., Merlini, S., 2001. On the Mesozoic Ionian Basin - *Geophys. J. Int.* 144, 49-64.
- Catalano, S., Monaco, C., Tortorici, L., Tansi, C., 1993. Pleistocene strike-slip tectonics in the Lucanian Apennine (Southern Italy). *Tectonics* 12, 656-665
- Cinti, F.R., Cucci, L., Pantosti, D., D'Addezio, G., Meghraoui, M., 1997. A major seismogenic fault in a "silent area": the Castrovillari Fault (southern Apennines, Italy). *Geophys. J. Int.* 130, 595-605
- Cucci, L., Cinti, F.R., 1998. Regional uplift and local tectonic deformation recorded by the Quaternary marine terraces on the Ionian coast of northern Calabria (southern Italy). *Tectonophysics* 292, 67-83.
- D'Agostino, N., Selvaggi, G., 2004. Crustal motion along the Eurasia-Nubia plate boundary In the Calabrian Arc and Sicily and active extension in the Messina Straits from GPS measurements. *J. Geophys. Res.* 109 (B11402), doi: 10.1029/2004JB002998.
- Del Ben, A., Barnaba, C., Toboga, A., 2007. Strike-slip systems as the main tectonic features in the Plio-Quaternary kinematics of the Calabrian Arc. *Mar. Geophys. Res.*, DOI 10.1007/s11001-007-9041-6.
- Doglioni, C., Merlini, S., Cantarella, G., 1999. Foredeep geometries at the front of the Apennines in the Ionian Sea (central Mediterranean). *Earth Planet. Sci. Lett.* 168, 243-254.

- Faccenna, C., Becker, T.W., Lucente, F.P., Jolivet, L., Rossetti, F., 2001. History of subduction and back-arc extension in the Central Mediterranean. *Geophysical J. Int.* 145, 809-820.
- Ferranti L., Santoro E., Mazzella M.E., Monaco C. e Morelli D. (2009). Active transpression in the northern Calabria Apennines, southern Italy. *Tectonophysics*, 476 (1-2), 226-251.
- Ferranti, L., Antonioli, F., Mauz, B., Amorosi, A., Dai Prà, G., Mastronuzzi, G., Monaco, C., Orrù, P., Pappalardo, M., Radtke, U., Renda, P., Romano, P., Sansò, P., Verrubbi, V., 2006. Markers of the last interglacial sea-level high stand along the coast of Italy: Tectonic implications. *Quat. Int.* 145-146, 30-54.
- Ferranti, L., Oldow, J.S., 2005. Latest Miocene to Quaternary horizontal and vertical displacement rates during simultaneous contraction and extension in the Southern Apennines orogen, Italy. *Terra Nova* 17, 209–214
- Ferranti, L., Oldow, J.S., D'Argenio, B., Catalano, R., Lewis, D., Marsella, E., Maschio, L., Pappone, G., Pepe, F., Sulli, A., 2008. Active deformation in Southern Italy, Sicily and southern Sardinia from GPS velocities of the Peri-Tyrrhenian Geodetic Array (PTGA). *Boll. Soc. Geol. It., (Ital. J. Geosci.)*, 127/2, 299-316.
- Goes, S., Giardini, D. Jenny, S., Hollenstein, C., Kahle, H.G., Geiger, A., 2004. A recent tectonic reorganization in the south-central Mediterranean. *Earth Planet. Sci. Lett.* 226, 335-345.
- Gueguen, E., Doglioni, C., Fernandez, M., 1998. On the post-25 Ma geodynamic evolution of the western Mediterranean. *Tectonophysics* 298, 259-269.
- Gvirtzman, Z., Nur, A., 2001. Residual topography, lithospheric structure and sunken slabs in the central Mediterranean. *Earth Planet. Sci. Lett.* 187, 117-130.
- Hippolyte, J. C., Angelier, J. Roure, F., 1994. A major geodynamic change revealed by Quaternary stress patterns in the Southern Apennines (Italy). *Tectonophysics* 230, 199-210.
- Hollenstein, C., Kahle, H.G., Geiger, A., Jenny, S., Goes, S., Giardini, D. 2003. New GPS constraints on the Africa-Eurasia plate boundary in southern Italy. *Geophys. Res. Lett.* 30, 1935, doi:10.1029/2003GL017554.
- Knott, S.D., Turco, E., 1991. Late Cenozoic kinematics of the Calabrian Arc, southern Italy: *Tectonics* 10, 1164-1172.

- Lanzafame, G., Tortorici, L., 1981. La tettonica recente della Valle del fiume Crati (Calabria). *Geogr. Fis. Dinam. Quaternaria* 4, 11-21.
- Malinverno, A., Ryan, W.B.F., 1986. Extension in the Tyrrhenian Sea and shortening in the Apennines as a result of arc migration driven by sinking of the lithosphere. *Tectonics*, 5, 227-245.
- Maschio L., Ferranti L., Burrato P., 2005. Active extension in Val d'Agri area, Southern Apennines, Italy: implications for the geometry of the seismogenic belt. *Geophys. J. Int.*, 162, 591-609 doi: 10.1111/j.1365-246X.2005.02597.x
- Menardi-Noguera, A., Rea, G., 2000. Deep structure of the Campanian-Lucanian Arc(Southern Apennine, Italy). *Tectonophysics* 324, 239-265.
- Miyauchi, T., Dai Pra, G., Sylos Labini, S., 1994. Geochronology of Pleistocene marine terraces and regional tectonics in the Tyrrhenian coast of South Calabria, Italy. II *Quaternario* 7, 117-34.
- Monaco, C., Tortorici, L., Paltrinieri, W., 1998. Structural evolution of the Lucanian Apennines, southern Italy. *J. Struct. Geol.* 20, 617-638.
- Montone, P., Mariucci, M.T., Pondrelli, S., Amato, A., 2004. An improved stress map for Italy and surrounding regions (Central Mediterranean). *J. Geophys. Res.* 109, 10410. doi:10.1029/2003JB002703.
- Mucciarelli M., 2007. Rendicontazione conclusiva, UR 2.12, in: Galadini, F., Definizione spaziale delle principali strutture sismogenetiche della penisola italiana, Progetti sismologici di interesse per il DPC, 225-234.
- Passaro S., Ferranti L. and de Alteriis G. (2011). The use of high resolution elevation histograms for mapping submerged terraces: a test from the Eastern Tyrrhenian Sea and the Eastern Atlantic Ocean. *Quat. Int.*, 232, 1-2, 238-249.
- Patacca, E., Sartori, R., Scandone, P., 1990. Tyrrhenian Basin and Apenninic arcs: kinematic relations since late Tortonian times: *Mem. Soc. Geol. It.* 45, 425-451.
- Patacca, E., Scandone, P., 2001. Late thrust propagation and sedimentary response in the thrust belt-foredeep system of the Southern Apennines (Pliocene-Pleistocene). In: Vai, G.B., Martini, I.P., eds., *Anatomy of a mountain belt: the Apennines and adjacent Mediterranean basins*: KluwerAcademic Publishers, p. 401-440.
- Rossi, S., Aurox, C., Mascle, J., 1983. The Gulf of Taranto (Southern Italy) : seismic stratigraphy and shallow structure. *Marine Geology* 51, 327-346.

- Rossi, S., Gabbianelli, G., 1978. Geomorfologia del golfo di Taranto. *Boll. Soc. Geol. It.* 97, 423-437.
- Santoro E., Mazzella E., Ferranti L., Randisi E. and Napolitano E., 2009. - Uplifted coastal terraces and relative sea-level change history along the Ionian sea coast of Northern Calabria: implication for non-constant rates of tectonic uplift. *Quaternary International*, xxx (2008) 1–24 doi:10.1016/j.quaint.2008.10.003.
- Selvaggi, G., Chiarabba, C., 1995. Seismicity and P-wave velocity image of the southern Tyrrhenian subduction zone. *Geophys. J. Int.* 121, 818-826.
- Serpelloni E., Anzidei M., Baldi P., Casula G. e Galvani A., 2005. - Crustal velocity and strain rate fields in Italy and surrounding regions: new results from the analysis of permanent and nonpermanent GPS networks. *Geophys. J. Int.*, 161, 861–880.
- Tansi, C., Muto, F., Critelli, S., Iovine, G., 2007. Neogene-Quaternary strike-slip tectonics in the central Calabrian Arc (southern Italy). *J. Geodyn.* 43, 393–414.
- Van Dijk, J.P., Bello, M., Brancaleoni, G.P., Cantarella, G., Costa, V., Frixia, A., Golfetto, F., Merlini, S., Riva, M., Torricelli, S., Toscano, C., Zerilli A. 2000. A regional structural model for the northern sector of the Calabrian Arc (southern Italy). *Tectonophysics* 324, 267–320.
- Waelbroeck C et al., (2002). Sea-level and deep water temperature changes derived from benthic foraminifera isotopic records. *Quaternary Science Reviews*, 21 (1-3), 295-305.
- Westaway, R., 1993. Quaternary uplift of southern Italy. *J. Geophys. Res.* 87, 21741-21772.
- Wortel, M.J.R., Spakman, W., 2000. Subduction and slab detachment in the Mediterranean-Carpathian region. *Science* 290, 1910-1917.

### **Ringraziamenti**

Un sentito grazie al Comandante della R/V Urania, Emanuele Gentile, ai tecnici ed all'equipaggio. Grazie alla loro professionalità e disponibilità la Campagna oceanografica "Teatioca" è stata un successo.

Un grazie speciale al mare che ci ha sorriso, col sorriso del buonumore, e fatti passare tenendoci la porta aperta. In pieno genna

## All. 1 Estratto del Diario di bordo TEATIOCA 2011

Martedì 4 gennaio 2011

Ore 9:00: imbarco personale Scientifico

Durante l'imbarco sono in corso le operazioni di carico di materiale di consumo ed alimenti. 14:00 Istruzioni per l'equipaggio tecnico-scientifico sulla sicurezza in nave (tipologia di emergenza, relative istruzioni e norme di comportamento).

In mattinata avviene la messa a punto dello sparker da parte di F. Pepe. A causa di ciò la partenza prevista in mattinata avviene alle 18.53. Rotta verso lo Stretto di Messina. Poco nuvoloso, vento debole da NNW.

Mercoledì 5 gennaio 2011

Passaggio dello Stretto di Messina e circumnavigazione del lato ionico della Calabria. Da nuvoloso (Tirreno meridionale, Stretto di Messina) a poco nuvoloso (Ionio meridionale), vento debole (c. 3 nodi) da SE. Riunione personale tecnico-scientifico per istruzioni sulle caratteristiche ed utilizzo della strumentazione di bordo (Sistema Sparker, Multibeam, Chirp e di navigazione) e sulle modalità operative in fase di acquisizione.

Pianificazione di massima del rilievo e controllo strumentazione di bordo. Configurazione dei software di acquisizione dati. Durante il trasferimento si inizia l'acquisizione dei dati Chirp tra Capo Spartivento e l'area survey. Risoluzione piccoli problemi connessione Minitrace-2.

Giovedì 6 gennaio 2011

Avvicinamento area survey. Messa in mare dei due streamer (Pepe e di bordo). Sereno, mare poco mosso, vento debole da SSE c. 2 nodi.

Ore 6:00 circa Inizio survey (Sparker, Multibeam e Chirp). RegISTRAZIONI contemporanea su streamer Pepe e su streamer Urania nell' area tra le dorsali sommerse di Rossano-Cariati e di Capo Spulico e nei canali adiacenti. Lo streamer Pepe è sul braccetto a sinistra, lo streamer Urania è all'interno sul fianco sinistro, lo sparker a dritta.

Ore 11: Interruzione registrazione. Recupero dei due streamer e calata della sonda per CTD1 al limite E della dorsale di Capo Spulico (massima profondità del survey).

Ore 12: Ripresa registrazioni. Fino ore 24: registrazioni linee sparker Tea\_1 (Test\_1) a Tea\_6 e relative linee Chirp e spazzate MB. Qualità buona su Chirp e modesta su Sparker causa profondità (500-1000 m).

Venerdì 7 gennaio 2011

Continua l'acquisizione di dati Sparker (registrazioni linee sparker da Tea\_7 a Tea\_17), Multibeam e Chirp. Operazioni in area dorsale di Amendolara e Bacino di Corigliano (profondità 20-500 m). Problemi solo su parte NE della linea Tea\_13 per incrocio con un settore di acquacultura. Sereno, mare quasi calmo, vento molto debole da W (0.5 nodi; ore 17).

Sabato 8 gennaio 2011

Continua l'acquisizione dati Sparker, Multibeam e Chirp.



Ore 11: Crush del Multibeam, che riprende a registrare intorno alle 14 dopo ispezione streamer. Ridotta la distanza dello streamer Pepe, e abbassato l'idrofono con straccetto. Operazioni in area dorsale di Rossano-Cariati e Bacino di Corigliano. Coperto, mare calmo, vento debole da NNE (2 nodi; ore 18).

Domenica 9 gennaio 2011

Ore 8.30. Interruzione Sparker e recupero carrello e streamers. Inizio batimetria a fascio a 8 nodi sul Banco di Amendolara (assieme a Chirp).

Ore 16: Sonda CTD2 sul bordo del bacino di Amendolara.

Coperto, mare calmo, vento debole da NNE (2.5 nodi; ore 24).

Lunedì 10 gennaio 2011

Nella notte completamento della batimetria del banco e inizio batimetria verso la costa (a 9 nodi). Nel pomeriggio la batimetria del Banco di Amendolara è completa. In serata inizio batimetria sulla dorsale di Rossano-Cariati. Coperto, mare calmo, vento moderato da NNE (4 nodi).

Martedì 11 gennaio 2011

Continuazione della batimetria multibeam.

Ore 9: sonda CTD3 sul bordo S del Canale di Amendolara. Ripresa e completamento Multibeam sulla dorsale di Rossano-Cariati. Da molto nuvoloso a coperto con occasionali precipitazioni, vento moderato da W (5 nodi). Mare incrociato per onda lunga da SW e onda corta da WNW.

Mercoledì 12 gennaio 2011

Ore 00: ripresa Sparker su profilo longitudinale verso costa (NW) e poi verso NE su dorsale Valsinni.

Ore 9: inizio carotaggi su Banco di Amendolara. Ore 13: carotaggi nel Canale di Amendolara. Ore 17: ripresa Sparker su profilo longitudinale verso SE. Parzialmente coperto, vento forte da WNW, mare mosso.

Giovedì 13 gennaio 2011

Ore 4: fine delle registrazioni a causa di mare mosso. Trasferimento verso il Salento (E). Ore 8: inizio carotaggi al largo di Gallipoli. Sereno, vento forte da WNW (11 nodi). Ore 13: termine dei carotaggi, rotta verso il tratto sud-orientale della dorsale. Acquisizione di una linea sparker integrativa sul tratto terminale, con direzione NE-SW. Termine dell'acquisizione alle 17:00 circa, sparker a bordo e rotta per Messina.