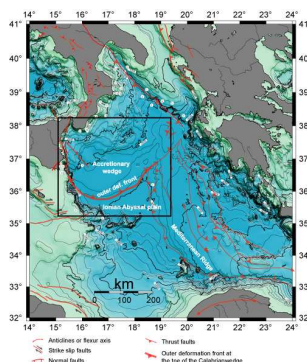




## PROGETTO CALAMARE

CALabrian Arc MARine geophysical Experiment - study of active  
deformation and seismic hazard assessment



RAPPORTO SULLE INDAGINI DI SISMICA A RIFLESSIONE,  
GRAVIMETRICHE, MAGNETOMETRICHE,  
MORFOBATIMETRICHE E CAMPIONAMENTO FONDO MARE  
NELL' ARCO CALABRO (MAR IONIO)  
CAMPAGNA CALAMARE08  
N/O *Urania* Napoli 2008-04-15 Bari 2008-05-12

A.POLONIA<sup>1</sup>, G.BORTOLUZZI<sup>1</sup>, L.GASPERINI<sup>1</sup>, M.LIGI<sup>1</sup>,  
G.CARRARA<sup>1</sup>, M.CUFFARO<sup>1</sup>, F.D'ORIANO<sup>1</sup>, F.RIMINUCCI<sup>1</sup>,  
N.ZITELLINI<sup>1</sup>, L.TORELLI<sup>2</sup>, R.CAPOZZI<sup>3</sup>,  
D.OPPO<sup>3</sup>, I.VIOLA<sup>3</sup>,  
L.MINELLI<sup>4</sup>,  
F.GALLAIS<sup>5</sup>,  
C.CARMISCIANO<sup>6</sup>, M.GAMBETTA<sup>6</sup>, M.LOCRITANI<sup>6</sup>, F.MUCCINI<sup>6</sup>,  
S.CARONE<sup>7</sup>, A.LATERRA<sup>7</sup>,

1. CNR, Istituto Di Scienze Marine, Bologna, Italy
2. Dipartimento Sc.della Terra, Universita- di Parma
3. Universita' di Bologna
4. Universita' di Roma-3
5. Universite' Brest
6. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Roma-2, Roma, Italy
7. Istituto Idrografico della Marina, Genova

ISMAR Bologna Rapporto Tecnico N. *Bologna, Maggio 2008*

Molte designazioni usate da produttori o rivenditori per promuovere i prodotti sono considerati marchi commerciali. Quando tali designazioni appaiono nel Rapporto e gli autori erano a conoscenza di tali marchi, essi sono stati riportati a lettere capitali. In piu' essi sono stati riportati nelle Note di produzione e nella Tabella ACRONIMI. Nulla di questo documento implica pubblicita' o raccomandazioni, positive o negative, riguardo a sistemi o *software* menzionati nel documento.

I dati presentati qui di seguito sono considerati del Progetto di Ricerca. Ogni loro utilizzo deve essere concordato.

Catalogazione ISMAR-CNR : ISMAR Bologna Rapporto Tecnico N.

Rapporto sulle indagini di sismica a riflessione, gravimetriche, magnetometriche, morfobatimetriche e campionamento fondo mare nell' Arco Calabro (mar Ionio)

campagna Calamare08 con la N/O Urania,

a cura di Alina Polonia, Giovanni Bortoluzzi, Luca Gasperini, Marco Ligi, Gabriela Carrara, Marco Cuffaro, Filippo D'Oriano, Francesco Riminucci, Nevio Zitellini, Luigi Torelli, R.Capozzi, Davide Oppo, Irene Viola, Liliana Minelli, Flora Gallais, Cosmo Carmisciano, Marco Gambetta, Marina Locritani, Filippo Muccini, Savino Carone, Amedeo Laterra.

Include indici e bibliografia.

**Parole Chiave** 1.Arco Calabro 2.Mar Ionio 3. Sismica a riflessione 4. Magnetometria 5. Gravimetria 6. Campionamento 7. Geodinamica 8. Processi di subduzione 9.0 prisma di accrezione

**Abstract** - The study of the Calabrian Arc in the Ionian Sea is key to understanding of the geological processes in the Mediterranean Sea. We present the technical details and results of cruise CALAMARE08 with N/O *Urania* during spring 2008. We acquired a large set of geological and geophysical data, among them Multichannels Seismic and SBP, magnetometry, gravimetry, swath bathymetry and coring of sea bottom.

**Sommario** - Lo studio dell'Arco Calabro e' molto importante per la comprensione dei processi geologici del M.Mediterraneo. Di seguito vengono presentati i dettagli tecnici e risultati preliminari della crociera CALAMARE08 con la N/O *Urania* (primavera 2008). E' stato raccolto un grosso insieme di dati geologici e geofisici, fra cui Sismica Multicanale e SBP, magnetometria, gravimetria, batimetria multifascio e campionamento del fondo mare.

Publicato nel WWW alla pagina  
[projects.bo.ismar.cnr.it/MEDITERRANEAN/IONIAN/CRUISES/](http://projects.bo.ismar.cnr.it/MEDITERRANEAN/IONIAN/CRUISES/). Disponibile anche nel formato PDF.

Copyright © 2008 by ISMAR-CNR - Via Gobetti 101 40129 Bologna, Italy.

Note di produzione -

---

## ACRONIMI

ACRONYM	DESCRIPTION	URL-email
CNR	Consiglio Nazionale Delle Ricerche	www.cnr.it
ISMAR	Istituto di Scienze Marine	www.ismar.cnr.it
INGV	Ist.Naz.Geofisica e Vulcanologia	http://www.ingv.it
UNIBO		
CROP	Progetto CROsta Profonda	www.crop.cnr.it
IAGA	Int.Ass.of Geomagnetism and Aeronomy	www.iugg.org/IAGA/
IGRF	Int.GeoMagnetic Reference Field	www.ngdc.noaa.gov/IAGA/vmod/
INTERMAGNET	INTErn.Real-time                      MAGnetic Obs.NETwork	www.intermagnet.org
GEBCO	General Bathym.Chart Oceans	www.ngdc.noaa.gov/mgg/gebco
SGM	Satellite Gravity Maps	http://topex.ucsd.edu
PDS-2000	RESON	www.reson.com/sw1738.asp
GI-GUN	Generator-Injector gun	www.sercel.com/en/Products/Seismic-Sources/
ACUTIME	GPS Accurate Timing	www.trimble.com/acutime2000.html
SBE	Sea Bird Electronics	www.seabird.com
SWAN-PRO	Communication Technology	www.comm-tec.com
GMT	Generic Mapping Tool	gmt.soest.hawaii.edu/gmt
SEG	Soc. of Exploration Geophysicists	www.seg.org
MBES	Multibeam Echosounder System	
SBP	Sub Bottom Profiling	
SVP	Sound Velocity Profile	
CTD	Conductivity/Temperature/Depth	
MAW	Modified Atlantic Water	
LIW	Levantine Intermediate Water	
TDW	Tyrrhenian Deep Water	
WMDW	West Mediterranean Deep Water	
ESWM	Eastern Mediterranean Deep Water	
EMDW	Eastern Mediterranean Sea Water	
ISW	Ionian Surface Water	
AIS	Atlantic Ionian Stream	
Ia	Ionian Anticyclone	
GPS-DGPS-RTK	Global Positioning System	samadhi.jpl.nasa.gov
DTM	Digital Terrain Model	en.wikipedia.org
GNU,GPL	GNU is not Unix,General Pub. License	www.gnu.org

Tabella 1: Acronyms of Organizations, Manufacturers and Products

## PREFAZIONE

Il progetto di ricerca CALAMARE (CALabrian Arc MARine geophysical Experiment - study of active deformation and seismic hazard assessment) ha come obiettivo principale lo studio dei processi tettonici che hanno condizionato l'evoluzione recente del prisma di accrezione dell'Arco Calabro attraverso un approccio integrato di geofisica ad alta risoluzione e geologia marina (campioni di sedimento) che ha lo scopo di:

- 1 verificare se la subduzione e' ancora attiva;
- 2 definire i meccanismi e le eta' dei processi di accrezione del prisma calabro;
- 3 ricostruire la posizione e geometria delle strutture attive ed il loro potenziale sismogenetico;
- 4 verificare le interazioni reciproche tra l'AC, il fronte compressivo lungo le coste della Sicilia settentrionale ed il prisma di accrezione della Dorsale Mediterranea.

Una migliore conoscenza dell'architettura crostale del complesso di subduzione e l'analisi dei processi morfo-tettonici recenti del margine calabro sono elementi necessari per ricostruire i processi geodinamici attivi nella regione. Questo, a sua volta, e' un pre-requisito fondamentale per la valutazione del rischio geologico (terremoti, frane sottomarine e tsunami) legato ai processi di convergenza lungo le coste del Mediterraneo Centrale.

Di seguito la relazione sulla campagna CALAMARE08 con la N/O *Urania* (Aprile-Maggio 2008), che ha compiuto studi geologici e geofisici nei fronti deformativi dell'Arco Calabro (Mar Ionio Meridionale e Settentrionale).

# Indice

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO</b>	<b>2</b>
2.1	Il prisma di accrezione dell'Arco calabro . . . . .	3
2.1	OCEANOGRAFIA . . . . .	4
<b>3</b>	<b>SOMMARIO DELLA CROCIERA</b>	<b>5</b>
3.1	DIARIO OPERAZIONI . . . . .	9
<b>4</b>	<b>MATERIALI E METODI</b>	<b>10</b>
4.1	NAVIGAZIONE E ACQUISIZIONE DATI . . . . .	11
4.2	MULTIBEAM . . . . .	12
4.3	CTD . . . . .	12
4.4	SISMICA MULTICANALE E CHIRP . . . . .	12
4.5	MAGNETOMETRIA E GRAVIMETRIA . . . . .	14
4.6	CAMPIONAMENTO . . . . .	17
4.7	MISCELLANEA . . . . .	18
<b>5</b>	<b>RISULTATI</b>	<b>19</b>
5.1	SISMICA A RIFLESSIONE . . . . .	19
5.2	BATIMETRIA . . . . .	20
5.3	CHIRP SBP . . . . .	20
5.4	MAGNETOMETRIA E GRAVIMETRIA . . . . .	21
5.5	CTD . . . . .	21
5.6	CAMPIONAMENTO FONDO MARE . . . . .	23
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONI</b>	<b>27</b>
<b>7</b>	<b>APPENDICE</b>	<b>36</b>
7.1	NOTE SULLA STRUMENTAZIONE . . . . .	36
7.2	NOTE SUL SISTEMA SBP CHIRP BENTHOS . . . . .	36
7.3	DIARIO OPERATORE SISMICA MULTICANALE . . . . .	38

## Elenco delle figure

1	Inquadramento geologico dell'AC. . . . .	1
2	Rotte generali effettuate durante la campagna . . . . .	5
3	Rotte effettuate durante la campagna. . . . .	6
4	Rotte effettuate durante la campagna, box1. . . . .	7
5	Rotte effettuate durante la campagna, box2. . . . .	8
6	N/O <i>Urania</i> . . . . .	10
7	Crociera CALAMARE08. 'Offsets' strumentali (PDS-2000) su N/O <i>Urania</i> . . . . .	11
8	N/O <i>Urania</i> , Stringhe GI-GUN al traino di poppa. . . . .	13
9	Navigazione linee sismiche . . . . .	13
10	Linea magnetica acquisita, riduzione a IGRF . . . . .	14
11	Linea magnetica a basso gradiente. . . . .	14
12	Analisi spettrale. . . . .	15
13	Grafico di probabilita' log-normale. . . . .	16
14	Confronto linee 2006-2008 sul V.Marsili. . . . .	17
15	Sismica Multicanale. . . . .	19
16	Esempio di dati CHIRP. . . . .	20
17	Crociera CALAMARE08. Esempio di linea magnetica. . . . .	21
18	Crociera CALAMARE08, dati CTD. . . . .	22
19	Crociera CALAMARE08, esempio di dati di suscettivita'. . . . .	26
20	Crociera CALAMARE08, Profilo chirp fronte esterno AC. . . . .	28
21	Crociera CALAMARE08, profilo su probabile vulcano di fango. . . . .	29
22	Profilo CROP M4. . . . .	30
23	Crociera CALAMARE08, Carota 22. . . . .	31

## Elenco delle tabelle

1	Acronyms of Organizations, Manufacturers and Products . . . . .	i
2	Equipaggio tecnico-scientifico . . . . .	9
3	'Offsets' strumentali CALAMARE08 N/O <i>Urania</i> . . . . .	11
4	Linee Calibrazione. . . . .	12
5	CTD. Posizione Stazioni. . . . .	12
6	CALAMARE08. Carote. . . . .	18
7	CALAMARE08. Descrizione carote. . . . .	23

## RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia il Comandante Vincenzo Lubrano Lavadera e l'equipaggio della N/O *Urania* per la professionalita' e lo spirito collaborativo durante la crociera. Si ringrazia il Dr. Cosmo Carmisciano dell'INGV di La Spezia e ENI R&P per l'utilizzo del gravimetro e per la collaborazione durante la Crociera. Si ringrazia inoltre l'Istituto Idrografico della Marina, in particolare i Com. De Marte e Lamberti, la Marina Militare (MARISTAT, MARIDIPART e MARISICILIA), le Capitanerie di Porto-Guardia Costiera, il Ministero delle Comunicazioni, per l'assistenza e la disponibilita' mostrata durante la preparazione e gestione della attivita' in mare. Un ringraziamento particolare a Marc-André Gutscher e Werner Hieke per i suggerimenti e i dati che hanno reso disponibili per la pianificazione della campagna.

Il progetto e' stato finanziato da CNR e dal MIUR.

# 1 INTRODUZIONE

L'Arco calabro (AC) e' una delle strutture arcuate piu' imponenti del Mediterraneo. La lenta convergenza tra le placche Africana ed Eurasiatica ha messo in posto un ampio ed articolato complesso di accrezione dalla Calabria alla Piana abissale dello Ionio (Fig.1). L'offshore dell' AC e' stato oggetto in questo decennio di ricerche che hanno riguardato la genesi e la struttura del complesso di accrezione ma manca ancora per questa area marina un quadro regionale unitario della deformazione che metta in luce:

- 1 la presenza e la ripartizione della tettonica attiva all'interno dell'arco e la sua influenza sulla dinamica sedimentaria;
- 2 la continuita' laterale degli elementi tettonici, longitudinali e trasversali, ed il loro collegamento a quelli interpretati nelle catene orogeniche adiacenti;
- 3 il ruolo giocato dalle evaporiti messiniane nel caratterizzare lo stile della deformazione;
- 4 la geometria e lo stile strutturale del prisma di accrezione esterno e quindi le condizioni al contorno sul limite di placca (profondita' dello scollamento, frizione basale, tasso di accrezione/underplating/erosione tettonica).

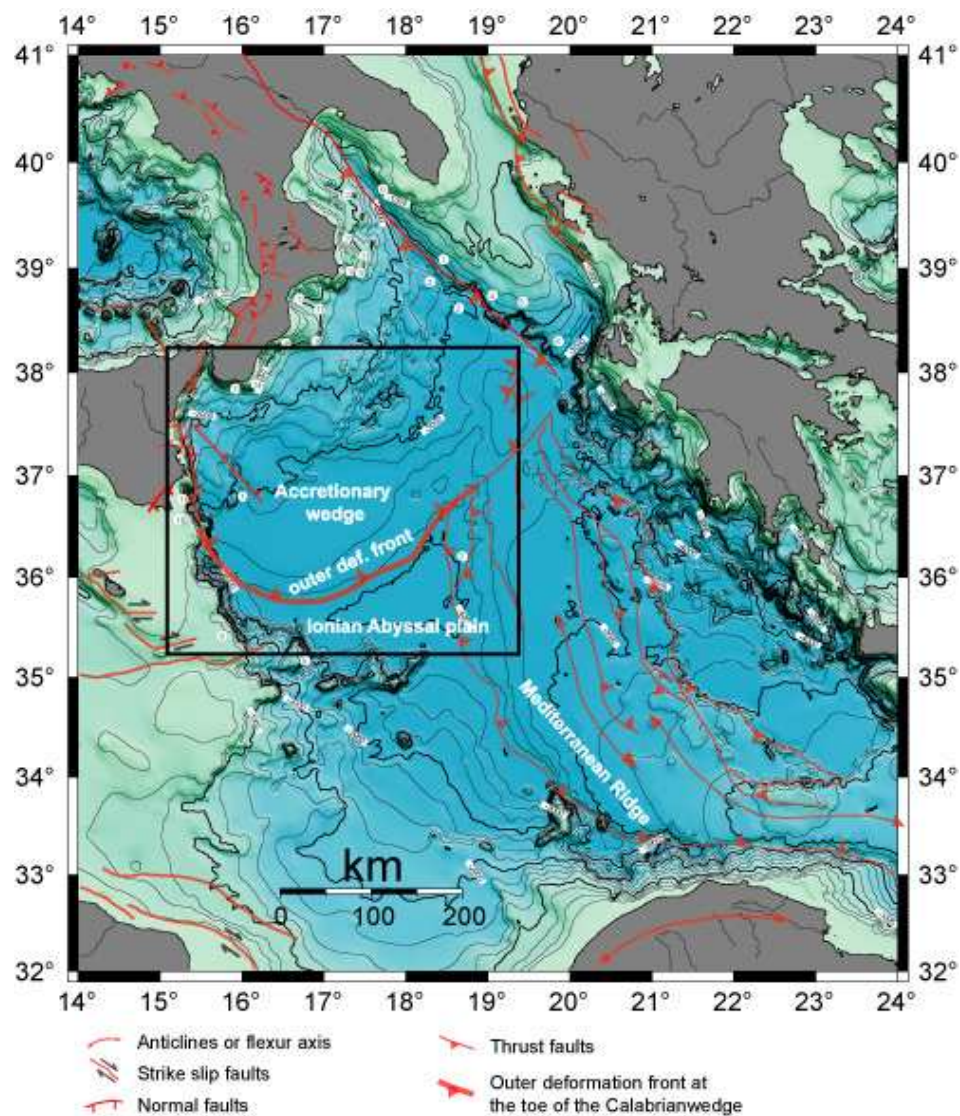


Figura 1: Inquadramento geologico dell'AC.

I processi di subduzione del Mediterraneo Centro-Occidentale hanno portato alla formazione di catene orogeniche e bacini di retro-arco e attualmente sono considerati quasi del tutto esauriti. Le uniche regioni del Mediterraneo Centro-Occidentale dove la subduzione potrebbe essere ancora attiva e comunque nel suo stadio finale sono rappresentate dall'AC e dall'arco Rifano. Nelle zone adiacenti, dove la litosfera oceanica e' stata ormai consumata completamente, i processi di convergenza tra l'Africa e l'Europa producono raccorciamenti crostali che vengono assorbiti da piu' recenti fronti di deformazione. Esempi sono le coste settentrionali della Sicilia settentrionale e dell'Algeria dove dati geologici, geodetici e sismologici indicano inversione tettonica recente. L'AC rappresenta dunque un'area chiave per analizzare i processi tettonici che caratterizzano lo stadio finale della subduzione e per ricostruire le modalita' con cui nuovi fronti di deformazione accomodano i processi di convergenza in un contesto di riorganizzazione generale dei limiti di placca. Nonostante i numerosi dati che sono stati acquisiti negli ultimi decenni nello Ionio, la parte frontale del complesso di subduzione non e' mai stata investigata in dettaglio. In questa zona mancano dati di sismica ad alta risoluzione e solamente due linee di sismica a riflessione multicanale (CROP M2B e MS-27) attraversano il fronte di deformazione esterno nelle regioni dove i processi di subduzione potrebbero essere ancora attivi. Per questo motivo, il quesito fondamentale sulla regione dell'AC resta ancora senza risposta: la subduzione Calabria e' ancora attiva? La mancanza di sismicita' con meccanismi focali di tipo compressivo lungo il piano di subduzione puo' essere spiegata con una delle seguenti ipotesi: 1) la subduzione e' cessata; 2) la subduzione e' attiva ma asismica; 3) la subduzione e' attiva ma e' caratterizzata da una regione sismogenetica 'bloccata'. A seconda di quale di queste ipotesi viene presa in considerazione, si possono costruire diversi scenari di rischio geologico, con relative implicazioni sociali, molto diversi tra di loro

Recentemente (Maggio 2007), nell'ambito di una collaborazione tra l'OGS, ISMAR-Bo, l'Universita' di Parma e quella di Bologna, e' stato acquisito un rilievo morfobatiometrico con la N/O OGS-Explora nella parte frontale del prisma di accrezione. Questi dati hanno consentito di identificare le strutture attive del fronte di deformazione esterno e quindi pianificare in dettaglio rilievi di geofisica ad alta risoluzione, alla base della proposta CALAMARE con la N/O *Urania*.

## 2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

La convergenza meso-cenozoica tra l'Africa e l'Eurasia ha prodotto la complessa evoluzione geologica dell'area mediterranea che e' caratterizzata dall'interazione tra i processi contrazionali e la tettonica estensionale ampiamente presente dall'Oligocene superiore al retro delle catene orogeniche circum-mediterranee [Cavazza et al.(2004)]. Il risultato e' la formazione di un notevole numero di strutture arcuate che si posizionano su un limite di placca ad andamento irregolare ed a carattere generalmente diffuso [Faccenna et al.(2004)]. Drastiche arcature neogeniche sono presenti nel Mediterraneo in corrispondenza dell'AC, dell'Arco di Gibilterra e della dorsale Mediterranea. Al retro di questi archi si trovano bacini a crosta continentale assottigliata e/o oceanica [Kastens et al.(1988)], [Platt and Wissler (1989)], originatisi da processi di rifting neogenici, e risultano quindi almeno in parte contemporanei alle arcature degli orogeni stessi.

L'AC e' un complesso di subduzione ben comparabile in termini di evoluzione geodinamica con l'adiacente Dorsale Mediterranea con la quale interagisce nel settore orientale del Mar Ionio (1). L'AC collega la Catena Maghrebide siciliana, ad andamento W-E, con l'Appennino meridionale, orientato NW-SE [Patacca and Scandone(2004)], e costituisce nel Mar Ionio il limite di placca Africa-Eurasia [Faccenna et al.(2004)]. L'AC ha acquisito la sua forma attuale principalmente tra il Miocene superiore ed il Pleistocene durante l'apertura del bacino di retro-arco tirrenico in risposta all'arretramento sud-orientale della zona di subduzione oceanica dello Ionio lungo un piano di Benioff fortemente inclinato [Malinverno et al.(1986)], [Kastens et al.(1990)], [Patacca et al.(1992)], [Gueguen et al.(1998)], [Faccenna et al.(2001)], [Sartori(2003)], [Rosenbaum and Lister (2004)]. In affioramento l'AC, considerato un frammento di catena alpina, e' costituito principalmente da unita' paleozoiche cristallino-metamorfiche impilate tra il Cretaceo superiore ed il Miocene medio ([Bonardi et al.(2001)], con bibliografia). Esso e' caratterizzato da una notevole frammentazione crostale, con formazione di blocchi distinti e rotazioni tettoniche [Van Dijk and Scheepers(1995)] e recenti dati geologici e geofisici suggeriscono che la sua evoluzione dinamica e' stata guidata negli ultimi 700.000 anni da intensi movimenti verticali [Gvirtzman and Nur A (2001)]. L'area ester-



na all'AC presenta un bacino di notevole profondita', superiori ai 4000 m (Piana abissale Ionica o Piana Abissale di Messina). La transizione tra la piana abissale ed il prisma di accrezione e' piuttosto netta e marcata dal fronte di deformazione esterno che, come nella adiacente Dorsale Mediterranea, dovrebbe essere la sede di processi di raccorciamento e *offscraping*. Quest'area rappresenta la porzione deformata piu' recente e contiene le strutture che marciano il passaggio alle zone di avampaese. Per questo motivo costituisce la sede ideale dove inquadrare la cinematica e la dinamica evolutiva recente del sistema e ricostruire le interazioni neogenico-quadernarie tra l'Africa e l'Eurasia.

## 2.1 Il prisma di accrezione dell'Arco calabro

La porzione esterna dell'AC e' rappresentata da un complesso di accrezione (1), ampio piu' di 200 km ([Rossi and Sartori (1981)], [Finetti (1982)], [Cernobori et al.(1996)], [Lenci et al.(2004)]), bordato a W ed a E dalla scarpata di Malta e dalla scarpata Apula, considerate da [Catalano et al.(2001)] come margini passivi coniugati mesozoici del bacino ionico. Il complesso d'accrezione e' formato da unita' tettono-sedimentarie scollate dalla spessa (fino a 10 km) copertura mesozoica e cenozoica della litosfera africana ed impilate frontalmente l lungo faglie inverse a basso angolo [Morlotti et al.(1982)], [Catalano et al.(2001)], [Finetti (1982)]. La superficie topografica del complesso d'accrezione e' caratterizzata da una scarpata debolmente inclinata ed irregolare che si sviluppa dall'isobata dei 2000 m fino a piu' di 4000 m di profondita' e la sua porzione esterna, bordata dall'avanpaese oceanico della Piana abissale dello Ionio, mostra una marcata deformazione superficiale innescata dalla presenza di spessori chilometrici di evaporati messiniane che ne favoriscono l'accrezione frontale [Cernobori et al.(1996)], [Sioni(1996)]. L'elemento morfologico principale, conosciuto come AC Esterno [Rossi and Sartori (1981)], e' sede di imponenti sistemi di faglie inverse, di unita' caotiche e di vulcani di fango, ai quali si associa un elevato gradiente nelle anomalie gravimetriche di Bouguer (Eni-Agip in [Catalano et al.(2001)]). Tra la porzione superiore dell'AC Esterno e la Calabria e' presente un ampio bacino di avanarco, il Bacino di Crotona-Spartivento il quale, orientato circa NE-SW, e' strutturato a forma di graben ed e' riempito da una potente successione sedimentaria di eta' miocenica media (?) -quadernaria [Rossi and Sartori (1981)] che affiora in parte nell'area di Crotona [Zecchin et al.(2004)]. La genesi e l'evoluzione tettonica di questo bacino non sono ancora molto chiare ed alcuni autori datano all'Oligocene superiore la sua formazione [Cavazza et al.(1997)], [Bonardi et al.(2001)]. Buona parte del complesso d'accrezione giace su una crosta oceanica di eta' mesozoica o piu' antica, spessa 8-10 km [DeVoogd et al.(1992)], ma a N, lungo il Golfo di Taranto, e a W, lungo la scarpata di Malta il complesso d'accrezione interagisce tettonicamente con il margine continentale apulo e con quello africano [Barone et al.(2002)], [Doglioni et al.(1999)] determinando l'innescio di processi collisionali. Queste aree, ubicate ai bordi della struttura arcuata, rivestono una grande importanza cinematica in quanto rappresentano il raccordo con i fronti deformativi dell'Appennino meridionale e del sistema maghrebide in Sicilia, fronti che risultano essere bloccati almeno dal Pleistocene inferiore [Patacca and Scandone(2004)].

In questo quadro geodinamico complesso, caratterizzato da forti e ripetuti terremoti storici spesso associati a tsunami distruttivi, risultano irrisolte alcune questioni fondamentali:

- 1 La subduzione oceanica e' ancora attiva nell'offshore dell'AC o e' cessata a causa della collisione continentale
- 2 Se la subduzione e' attiva per quale ragione nelle porzioni esterne dell'arco la sismicita' superficiale e' cosi' debole? I processi attivi di subduzione possono avvenire in un ambiente asismico? Quali sono le strutture tettoniche da collegare ai terremoti di Messina del 1908 e di Catania del 1693?
- 3 Se la subduzione non e' cessata, qual e' il ruolo svolto dalle strutture trascorrenti, trasversali o radiali, nel modellamento dell'arco e dei bacini ad esso collegati?

Per dare risposta a questi interrogativi si ritiene indispensabile analizzare in dettaglio struttura ed evoluzione delle zone esterne dell'AC, dai settori di subduzione oceanica a quelli collisionali, applicando metodologie integrate di geologia e geofisica marina, le quali hanno gia'

dato importanti risultati nello studio della tettonica e dell'evoluzione cinematica nel complesso di accrezione della Dorsale Mediterranea [Westbrook and Reston (2002)], [Reston et al.(2002)], [Polonia et al.(2002)], [Kopf et al.(2003)], con l'obiettivo di migliorare le nostre conoscenze sul rischio sismico e tsunamigenico dell'Italia meridionale. Con il programma di ricerca si propone di trasferire l'esperienza scientifica e le conoscenze maturate dal gruppo di lavoro nell'off-shore dell'Arco di Gibilterra [Zitellini et al.(2001)], [Torelli et al.(1997)], nella Dorsale Mediterranea [Polonia et al.(2002)] e nelle classiche zone di subduzione oceanica del Cile meridionale [Polonia et al.(1999)], [Polonia et al.(2001)], [Polonia et al.(2007)], allo studio dei processi di accrezione, subduzione e collisione nelle zone marine esterne dell'AC, dal G.di Taranto alla Piana abissale di Messina, coniugando i dati di sismica a riflessione disponibili, alcuni dei quali opportunamente rielaborati (CROP), con i dati di batimetria ad alta risoluzione acquisiti nell'ambito del progetto COFIN correlato a questa proposta, e infine con i dati geofisici e le campionature dei fondali acquisiti durante la campagna Urania.

## 2.1 OCEANOGRAFIA

La circolazione del Mediterraneo e' determinata dallo scambio e interazione fra le acque atlantiche (AW) e quello uscente delle acque intermedie Levantine (LIW), attraverso lo Stretto di Gibilterra [Zavatarelli and Mellor(1995)]. I due maggiori bacini del Mediterraneo, orientale e occidentale, sono separati dal Canale di Sicilia, dove la corrente Atlantico-Ioniana (AIS) trasporta, negli strati superficiali, acqua atlantica modificata (MAW) verso il bacino orientale. La MAW e' tipicamente identificata da un minimo subsuperficiale di salinita' <38.6 PSU e temperatura compresa fra 15 e 17 °. La LIW e' identificata da salinita' massima di 39.1 PSU (nel Mediterraneo orientale), da temperatura 14-15 °e si colloca a profondita' di 200 e 600m. La massa d'acqua fra 700 e 1600m e' caratterizzata da proprieta' intermedie rispetto agli strati profondi (>1600m), che hanno temperatura e salinita' minori. Il mar Tirreno scambia acqua, con il resto del Mediterraneo, attraverso i canali di Sardegna, di Corsica e di Sicilia, che sono soglie morfologiche che impediscono il ricircolo degli strati profondi [Milot(1987)], [Astraldi and Gasparini(1994)], [Sparnocchia et al.(1999)], [Astraldi et al.(2001)]. Lo stretto di Messina collega il Mar Tirreno al Mar Ionio e rappresenta una ulteriore barriera morfologica per lo scambio fra i due bacini. Le fluttuazioni della corrente AIS inducono nello stretto una dinamica interna molto particolare, inoltre, anche se le escursioni tidali nel Mediterraneo sono relativamente piccole, nello stretto di Messina esse sono piuttosto forti, dal momento che le maree semidiurne nel Tirreno e nello Ionio sono generalmente in opposizione. Questo genera gradienti verticali ed orizzontali molto forti. Le acque ioniche entrano in superficie nel Tirreno durante il flusso di marea da N, e viceversa, le acque tirreniche entrano nello Ionio a profondita' di circa 100m durante il flusso da Sud [Brandt et al.(1999)]. Lo Ionio e' un bacino di transizione che collega il Mediterraneo Orientale al bacino Levantino ed e' veicolo di diffusione dell'acqua densa che si forma nel Nord Adriatico (NADW). La circolazione dello Ionio, modellata da [Zavatarelli and Mellor(1995)] e' caratterizzata dalla corrente MAW proveniente dal canale di Sicilia, che forma un largo meandro anticiclonico dalla costa orientale della Sicilia fino al Passaggio di Creta. Tale circolazione e' piu' complicata in inverno rispetto all'estate, tuttavia senza una pronunciata variabilita' stagionale. Lo Ionio settentrionale e' occupato da un vortice ciclonico, piu' intenso nel periodo invernale, che incorpora parte della AIS e scambia acqua con il vortice anticiclonico permanente nel Nord Adriatico. La NADW era considerata la piu' importante sorgente di acqua densa di fondo del Mediterraneo Orientale [Rubino and Hainbucher(2007)], poi all'inizio degli anni '90 si e' verificato un apporto consistente di acque dense provenienti dal Mar Egeo che ha provocato cambiamenti nella circolazione profonda dell'area [Manca et al.(2002)], [Roether(2007)].

### 3 SOMMARIO DELLA CROCIERA

NAVE: N/O *Urania*

INIZIO: 2008-04-15 PORTO: Napoli

FINE: 2008-05-12 PORTO: Bari

MARE/OCEANO: Mar ionio, Mar Mediterraneo

LIMITI: NORD 39:45 SUD: 38:55 OVEST: 14:05 EST: 14:45

OBBIETTIVO: Studio integrato dell'Arco calabro.

COORDINAMENTO: ISMAR-CNR

CAPO SPEDIZIONE: Alina Polonia

CAPO SPEDIZIONE: Giovanni Bortoluzzi

CONTATTO: A.Polonia@ismar.cnr.it G.Bortoluzzi@ismar.cnr.it

DISCIPLINE: SISMICA A RIFLESSIONE, MORFOBATIMETRIA, GRAVIMETRIA, MAGNETOMETRIA, CAROTAGGI

LAVORO FATTO: 1600Km Linee MCS, circa 2000 KM<sup>2</sup> MULTIBEAM, 7000 Km gravimetria, 6200 Km Magnetometria, 5000 KM CHIRP-SBP, 22 carotaggi (2vuoti), 7 Calate CTD

LOCALIZZAZIONE:

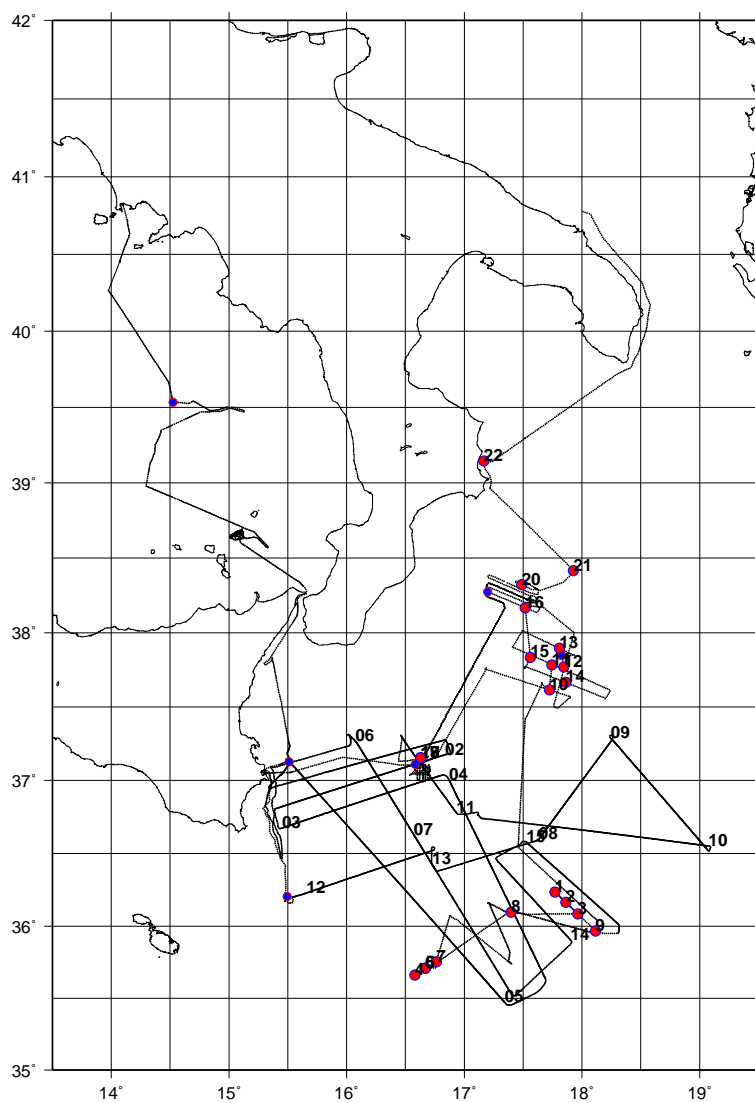


Figura 2: Rotte effettuate durante la campagna, inclusi transiti da Napoli e a Bari.

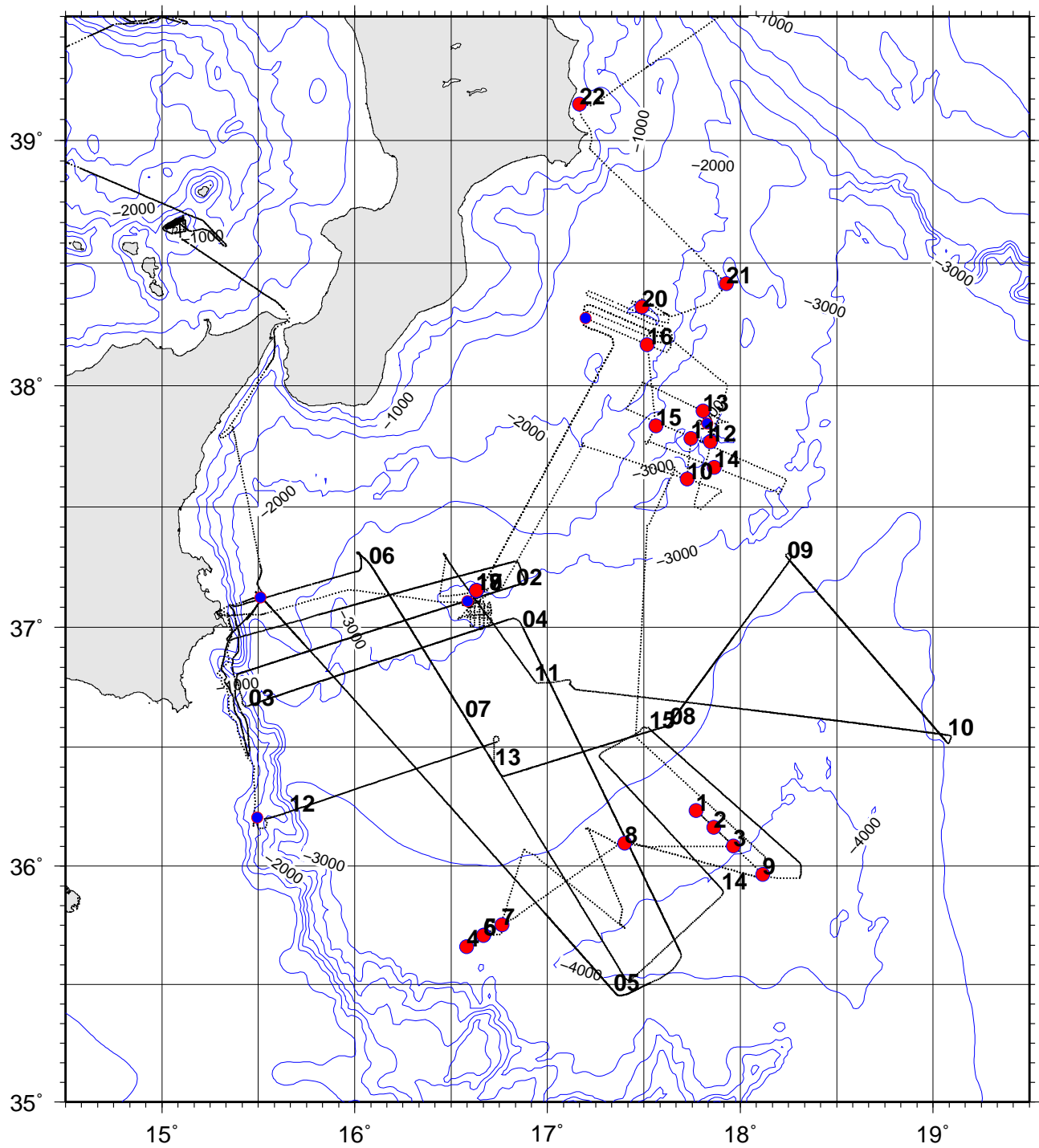


Figura 3: Rotte effettuate durante la campagna. Cerchi rossi sono le carote, cerchi blu sono CTD.

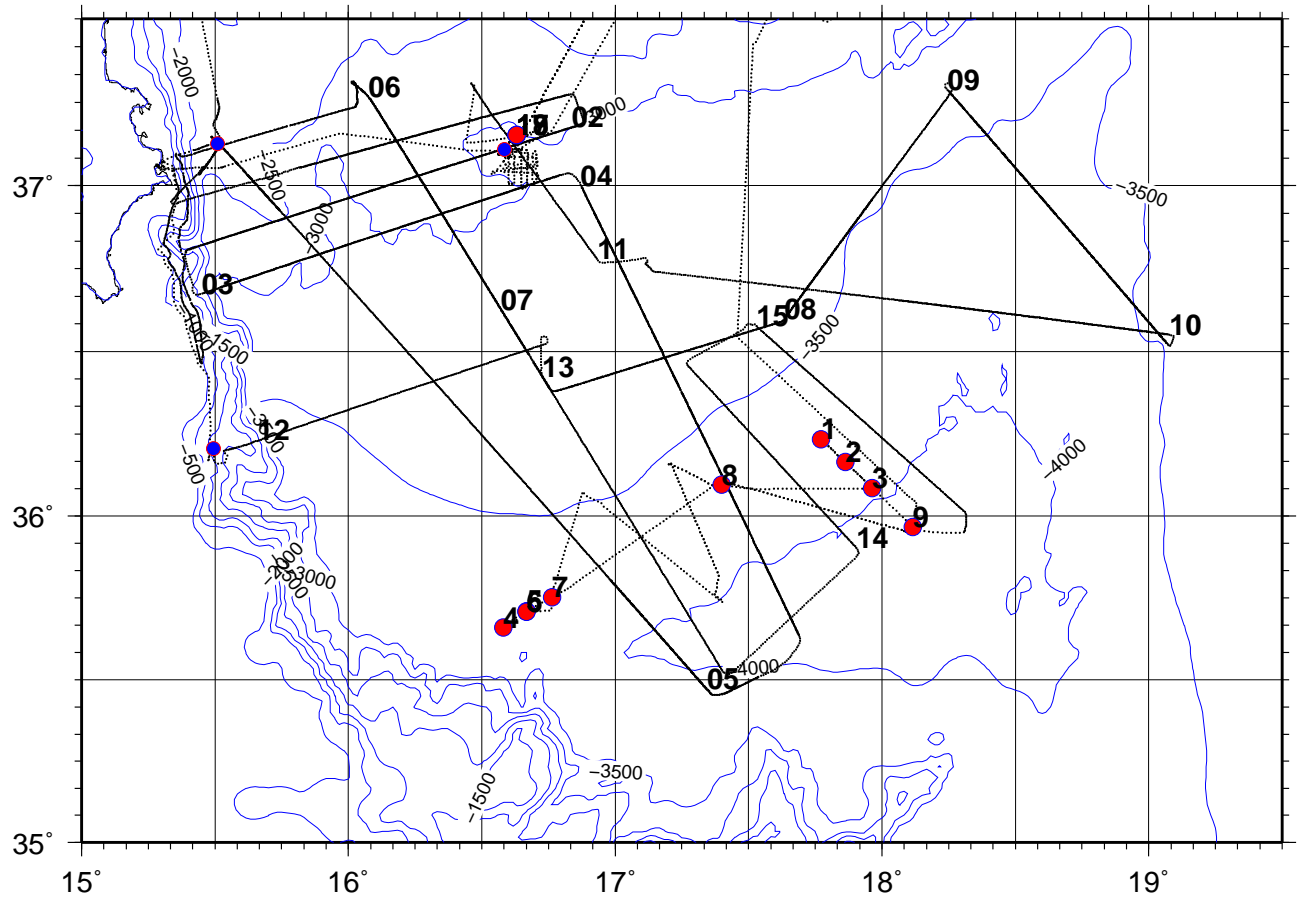


Figura 4: Rotte effettuate durante la campagna (BOX 1). Cerchi rossi sono le carote, cerchi blu sono CTD.

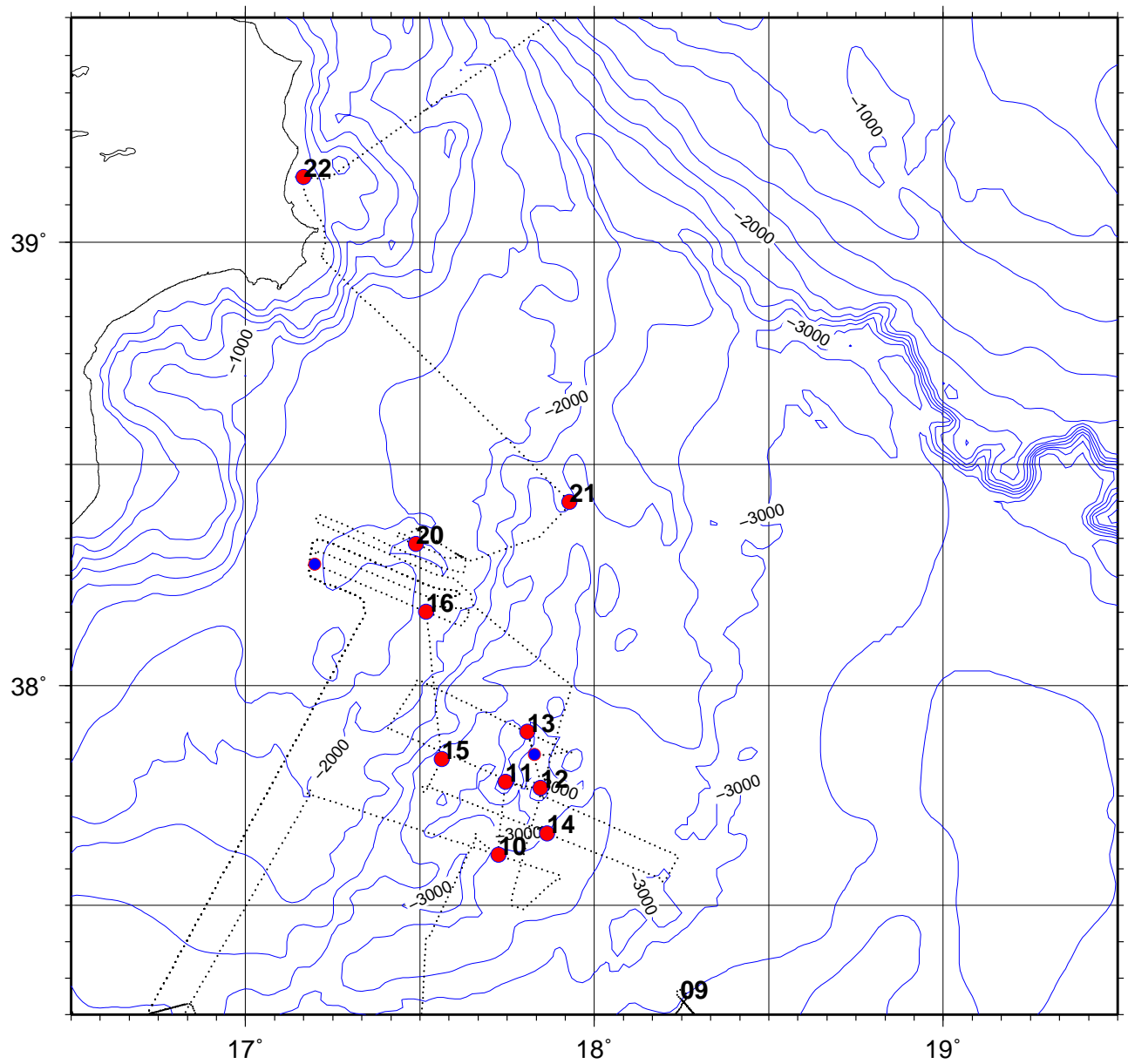


Figura 5: Rotte effettuate durante la campagna (BOX 2).

## EQUIPAGGIO TECNICO-SCIENTIFICO

PARTICIPANTI	ORGANIZZAZIONE	FORMAZIONE	tel & email & www
Alina Polonia	ISMAR-CNR	geologo	A.Polonia@ismar.cnr.it
Giovanni Bortoluzzi	ISMAR-CNR	tecnico	G.Bortoluzzi@ismar.cnr.it
Marco Ligi	ISMAR-CNR	geofisico	M.Ligi@ismar.cnr.it
Luca Gasperini	ISMAR-CNR	geofisico	L.Gasperini@ismar.cnr.it
Gabriela Carrara	ISMAR-CNR	geofisico	G.Carrara@ismar.cnr.it
Filippo D'Oriano	ISMAR-CNR	geologo	Filippo.Doriano@bo.ismar.cnr.it
Francesco Riminucci	ISMAR-CNR	geologo	Francesco.Riminucci@bo.ismar.cnr.it
Marco Cuffaro	ISMAR-CNR	geologo	Marco.Cuffaro@bo.ismar.cnr.it
Filippo Muccini	INGV-Roma2	geofisico	muccini@ingv.it
Marco Gambetta	INGV-Roma2	geofisico	gambetta@ingv.it
Marina Locritani	INGV-Roma2	geofisico	locritani@ingv.it
Liliana Minelli	UNIROMA-3	geologa	lminelli@uniroma3.it
Davide Oppo	UNIBO	studente	davide.oppo@alice.it
Irene Viola	UNIBO	studente	iryv86@libero.it
Flora Gallais	UNIBREST	studente	floragallais@wanadoo.fr
Savino Carone	IIM	Capo 1 classe	savino.carone@marina.difesa.it
Amedeo Laterra	IIM	Capo 1 Classe	amedeo.laterra@marina.difesa.it

Tabella 2: Equipaggio tecnico-scientifico

### 3.1 DIARIO OPERAZIONI

- 2008-04-15 Imbarco materiale e personale e partenza dal porto di Napoli ore 14:00
- 2008-04-16 18:30 inserita sonda CTD01 nel PDS. Acquisizione dati Sub-bottom, Gravimetrici e Magnetometrici.
- 2008-04-17 Acquisizione dati Sub-bottom, Gravimetrici e Magnetometrici.
- 2008-04-18 Acquisizione dati Sismici, Sub-bottom, Gravimetrici e Magnetometrici.
- 2008-04-19 Acquisizione dati Sismici, Sub-bottom, Gravimetrici e Magnetometrici.
- 2008-04-20 Acquisizione dati Sismici, Sub-bottom, Gravimetrici e Magnetometrici.
- 2008-04-21 Acquisizione dati Sismici, Sub-bottom, Gravimetrici e Magnetometrici.
- 2008-04-22 Acquisizione dati Sismici, Sub-bottom, Gravimetrici e Magnetometrici.
- 2008-04-23 13:30 inserita sonda CTD01 nel PDS. Acquisizione dati Sismici, Sub-bottom, Gravimetrici e Magnetometrici.
- 2008-04-24 Acquisizione dati Sismici, Sub-bottom, Gravimetrici e Magnetometrici.
- 2008-04-25 Acquisizione dati Sismici, Sub-bottom, Gravimetrici e Magnetometrici.
- 2008-04-26 Acquisizione dati Sismici, Sub-bottom, Gravimetrici e Magnetometrici.
- 2008-04-27 Acquisizione dati Sismici, Sub-bottom, Gravimetrici e Magnetometrici.
- 2008-04-28 Attracco al porto di Siracusa, avvicinandamendo di personale tra I e II Leg
- 2008-04-29 Partenza da Siracusa ore 08:00. 13:30 inserita sonda CTD03 nel PDS. Acquisizione dati Sismici, Sub-bottom, Gravimetrici e Magnetometrici.
- 2008-04-30 Acquisizione dati Sismici, Sub-bottom, Gravimetrici e Magnetometrici.
- 2008-05-01 Acquisizione dati Sismici, Sub-bottom, Gravimetrici e Magnetometrici.

- 2008-05-02 19:00 inserita sonda CTD04 nel PDS. Carotaggi, acquisizione dati Sismici, Sub-bottom, Gravimetrici e Magnetometrici.
- 2008-05-03 Carotaggi, acquisizione dati Sismici, Sub-bottom, Gravimetrici e Magnetometrici.
- 2008-05-04 Carotaggi, acquisizione dati Sismici, Sub-bottom, Gravimetrici e Magnetometrici.
- 2008-05-05 Sonda CTD05 nel PDS Carotaggi, acquisizione dati Sismici, Sub-bottom, Gravimetrici e Magnetometrici.
- 2008-05-06 21:30 inserita sonda CTD06 nel PDS. Carotaggi, acquisizione dati Sismici, Sub-bottom, Gravimetrici e Magnetometrici.
- 2008-05-07 Sonda CTD07 nel PDS. Carotaggi, acquisizione dati Sismici, Sub-bottom, Gravimetrici e Magnetometrici.
- 2008-05-08 Carotaggi, acquisizione dati Sismici, Sub-bottom, Gravimetrici e Magnetometrici.
- 2008-05-09 Carotaggi, acquisizione dati Sismici, Sub-bottom, Gravimetrici e Magnetometrici.
- 2008-05-10 Transito Bari
- 2008-05-11 Demob gravimetro
- 2008-05-12 Demob

## 4 MATERIALI E METODI

La campagna e' stata fatta con la N/O *Urania* (Fig. 6), 61 m, della societa' SO.PRO.MAR. e data in 'leasing' di lungo periodo al CNR.



Figura 6: N/O *Urania* .

N/O *Urania* e' equipaggiata con sistema di posizionamento DGPS di FUGRO, scandagli batimetrici singolo e multifascio, oltre a sistemi integrati di raccolta dati geofisici (fra cui CHIRP SBP, ADCP) e di campionamento del fondo mare. Ulteriore strumentazione puo' essere installata in chiglia o trainata.



#### 4.1 NAVIGAZIONE E ACQUISIZIONE DATI

E' stato usato il sistema di raccolta dati PDS-2000 Reson, interfacciato al DGPS FUGRO-OMNISTAR e al sistema di misura di assetto MAHRS Kongsberg-Simrad. Il sistema CHIRP SBP Benthos a 16 trasduttori in chiglia e' stato interfacciato tramite il software SWAN-PRO di Communication Technology. Il multibeam RESON 8160 in chiglia e' stato interfacciato al sistema PDS-2000. Una sonda SEA BIRD e' stata utilizzata per calate CTD di controllo velocita' del suono. Gli 'offsets' strumentali sono presentati in Tabella 3 e in Fig.7.

POSITION	ACROSS	ALONG	HEIGHT
REFERENCE POINT	0.00	0.00	0.00
DGPS	1.64	14.30	14.18
GPS-E	4.45	0.0	6.35
MBEAM	0.00	14.36	-4.96
MAHRS	0.00	0.0	-3.40
ECHO SOUNDER 33	5.50	-1.85	-3.80
CHIRP	-1.0	11.80	-4.00
A-FRAME	6.5	-6.70	0.0
STERN	0.00	-30.60	0.00
GI-GUN ARRAY	0.0	-60.3	-7.0
FIRST ACTIVE	0.0	-160.3	-9.0
MAGNETOMETER	-5.5	-225	-2.0
GRAVIMETER	-1.18	-1.96	-0.95
GPS-E	0.0	0.0	0.0
MAGNETOMETRO	-9.95	-225	-2.0
GRAVIMETER	-5.63	-1.96	7.30

Tabella 3: 'Offsets' Strumentali della crociera CALAMARE08 con N/O *Urania*. L'antenna DGPS (primario) e' posizionata al punto DGPS. Gravimetro e magnetometro sono posizionati anche rispetto al punto GPS-E (sezione in basso).

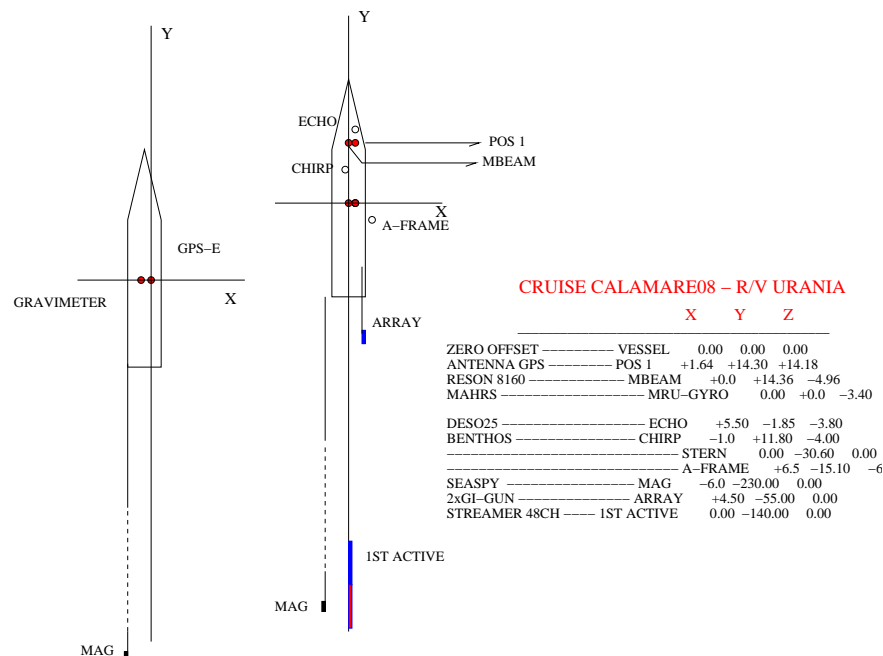


Figura 7: Crociera CALAMARE08. 'Offsets' strumentali (PDS-2000) su N/O *Urania*

## 4.2 MULTIBEAM

Il sistema multibeam RESON 8160, interfacciato al software PDS-2000 e' stato in funzione per la quasi totalita' della crociera, tuttavia con risultati apprezzabili a partire da batimetriche inferiori o uguali a 2300 m. Oltre alla attivita' nella aree previste, sono stati raccolti dati anche durante i transiti, in particolare nell'area del vulcano Palinuro, e nel margine siciliano dello Ionio, a completamento di rilievi ISMAR degli anni 1996 e seguenti.

### CALIBRAZIONE

Sono state acquisite alcune linee per calibrazione su una scarpatina rilievo a profondita' 1900m nel bacino della faglia trascorrente M4. La Tabella 4 riporta alcune note relative alle linee acquisite.

LINE	NOME	ROTTA	VEL
CAL-HDG	(75)L.1-2008050906xxxx	WNE	9.5
CAL-1	(75)L.1-20080509081543	ESE	3.5
CAL-2	(75)L.1-20080509084014	ESE	6.5
CAL-3	(75)L.1-20080509085134	ESE	9.5

Tabella 4: Linee Calibrazione.

### 4.3 CTD

Dati CTD nella colonna d'acqua sono stati raccolti con una sonda SEA Bird interfacciata tramite il processore SBE 11Plus e software Seasave. I dati binari sono stati mediati e convertiti ASCII a 1db, formattati per l'input e importati nel sistema PDS2000 per corretta acquisizione e processamento dei dati multibeam.

STAZIONE	DATA	ORA UTC	LON	LAT
CTD01	16-04-2008	18:19:00	14:31.46	39:31.94
CTD02	23-04-2008	12:58:00	15:30.63	37:07.55
CTD03	29-04-2008	12:57:54	15:29.65	36:12.29
CTD04	02-05-2008	18:53:43	17:57.77	36:05.25
CTD05	02-05-2008	17:24:52	17:49.65	37:50.67
CTD06	06-05-2008	20:42:07	17:11.86	38:16.52
CTD07	07-05-2008	18:55:25	16:35.05	37:06.57

Tabella 5: CTD. Posizione Stazioni.

### 4.4 SISMICA MULTICANALE E CHIRP

La sorgente sismica e' stata una stringa di due cannoni sismici GI-GUN di SERCEL, in configurazione 'harmonic' 105+105 c.i., alimentati da un compressore BAUER I28 (2500 L/Min), trainata a circa 15 m da poppa alla profondita' di 7 m. I dati sismici sono stati raccolti da un cavo a 48 canali Teledyne, intertraccia 25 m, e digitalizzati dal sistema Stratavisor Geometrics nel formato SEGD (revisione 8048). La cadenza di sparo ogni 50 m ha quindi prodotto copertura di 600%. La sincronizzazione dei due cannoni e' stata effettuata con il sistema ISMAR-CNR [Masini and Ligi (1995)], mentre il tempo assoluto di sparo e' stato memorizzato dal sistema software ISMAR Daphne [Stanghellini and Bortoluzzi(2004)], all'istante della generazione del segnale dal sistema di navigazione PDS-2000.

La pressione ai cannoni e' variata da 130 a 150 bar.

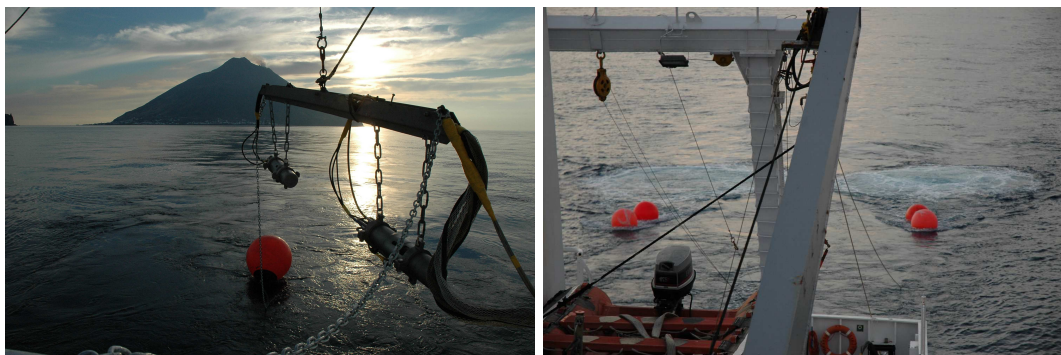


Figura 8: N/O *Urania* , Stringhe GI-GUN al traino di poppa.

Sono stati raccolti circa 1600 km di sismica lungo linee perpendicolari ai margini siciliano e calabrese (vedi Fig.9).

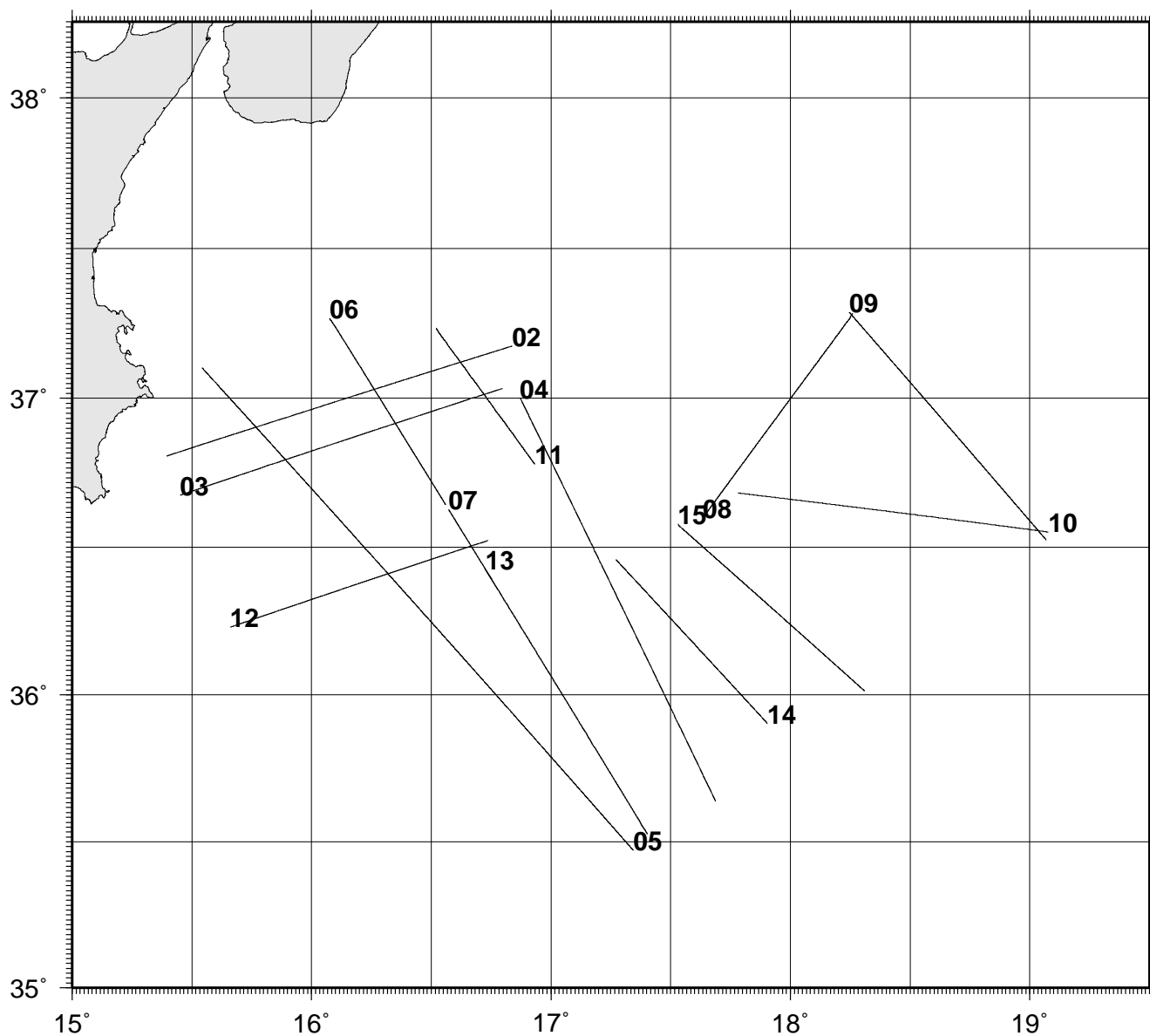


Figura 9: Campagna CALAMAE08 N/O *Urania* , Navigazione linee sismiche.

## 4.5 MAGNETOMETRIA E GRAVIMETRIA

### MAGNETOMETRIA

E' stato usato un magnetometro 'Sea-Spy' di Marine Magnetics ad effetto *Overhauser*, trainato a 195 m da poppa. Lo strumento fornisce una accuratezza di 0.1 nT, ed il campionamento e' stato operato alla frequenza di 1 Hz. I dati sono stati raccolti con il sistema 'Maglog' Geometrics, interfacciato al GPS, e preprocessati dal pacchetto Oasis-Montaj di Geosoft [GEOSOFT (2007)]. Si sono ottenute riduzioni a IGRF, oltre a pre-elaborazione dei dati (vedi Fig.10).

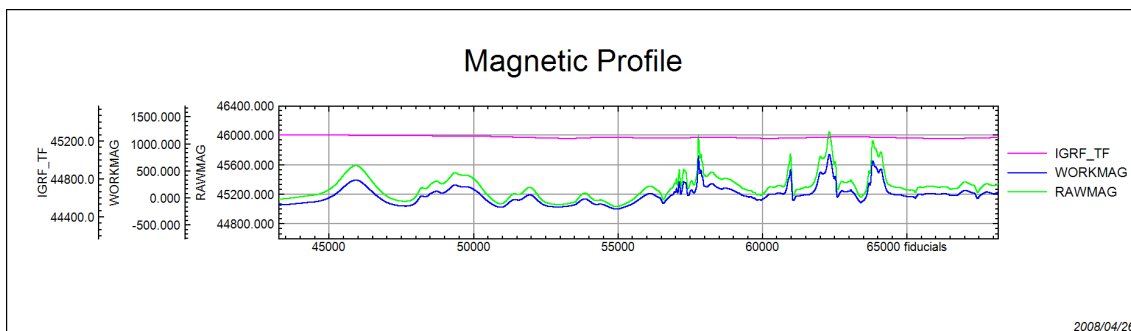


Figura 10: Linea magnetica acquisita, riduzione ad IGRF.

### Valutazione del rumore

Una analisi statistica e spettrale e' stata effettuata su un sottoinsieme dei dati a basso gradiente (Fig.11) per valutare il rapporto segnale/rumore, e, in particolare, il contributo del moto ondoso.

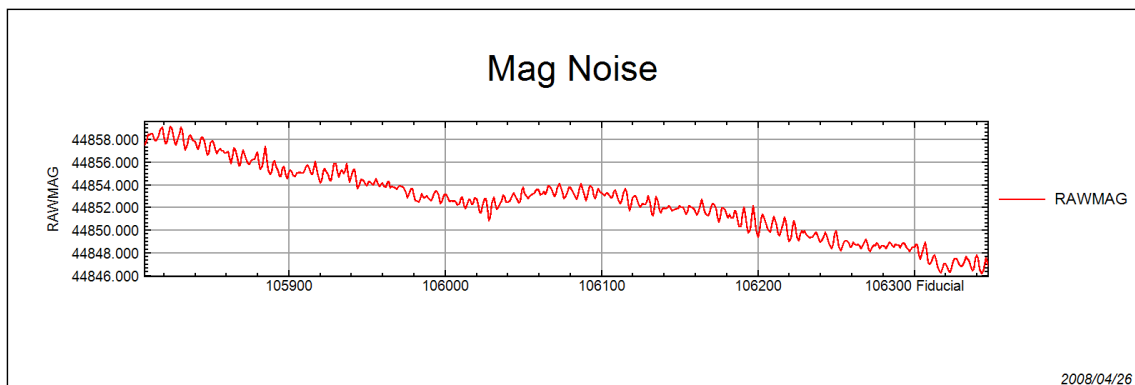


Figura 11: Linea magnetica a basso gradiente, per analisi rumore.

Come si puo' vedere dalla figura, sono presenti almeno due segnali a diverse lunghezze d'onda che modulano il segnale magnetometrico, che, presumibilmente, vanno associati al moto ondoso, e che vengono evidenziati dalla analisi spettrale di Fig.12, utilizzando serie di 512 punti.

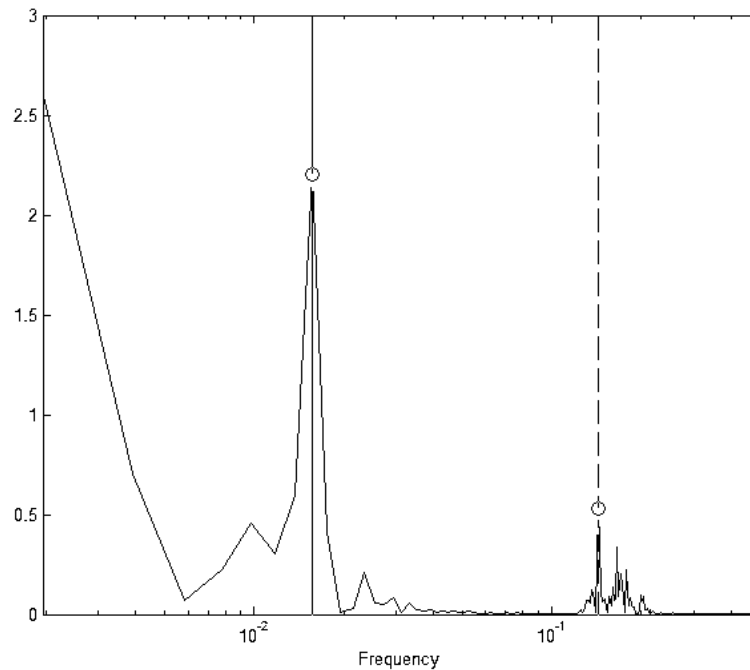


Figura 12: Analisi spettrale, per analisi rumore.

Sulla base del riconoscimento delle lunghezze d'onda in gioco, si e' proceduto a ulteriore analisi per comprendere la natura dell'errore. Tramite un algoritmo a media mobile, i dati sono stati filtrati a 60 e 10 s, e sono stati estratti i residui. Tali popolazioni sono state testate con il metodo di Lilliefors [Lilliefors(1967)]([en.wikipedia.org/wiki/Lilliefors\\_test](http://en.wikipedia.org/wiki/Lilliefors_test)) per appartenenza ad una distribuzione normale. Tale metodo valuta l'ipotesi che i dati abbiano una distribuzione normale con media e varianza non specificata verso la alternativa che i dati stessi non abbiano una distribuzione normale. Questo test e' simile al test di Kolmogorov-Smirnov, con la differenza che i parametri della distribuzione normale sono stimati dai dati stessi piuttosto che specificati in anticipo. Questi sono i dati ottenuti:

- taglio = 60 s, Lilliefors Test: 0.0043
- taglio = 10 s, Lilliefors Test: 0.0073

e, visti i valori, la ipotesi di appartenenza a distribuzione normale non puo' essere rigettata. La Fig.13 mostra graficamente tali risultati.

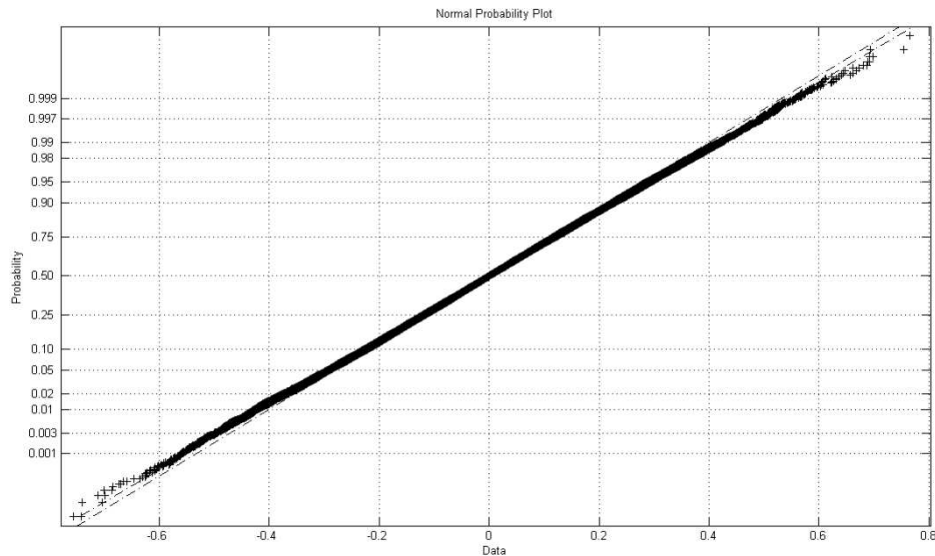


Figura 13: Grafico di probabilita' normale. La distribuzione normale e' la linea tratteggiata.

Da quanto sopra esposto, si puo' valutare che il rumore provocato da moto ondoso e' su una distribuzione normale, quindi, di conseguenza, puo' essere filtrato senza perdite di qualita' del segnale.

## GRAVIMETRIA

Il rilievo gravimetrico e' stato realizzato mediante un gravimetro marino della LaCoste&Romberg modello AirSea Gravity System II ([www.microglacoste.com/airsea.htm](http://www.microglacoste.com/airsea.htm)), di proprieta' di ENI E&P e in gestione al gruppo INGV di Porto Venere-Roma2. L'AirSea e' composto da 3 componenti: il sensore, un modulo di potenza che gestisce sia l'hardware sia il software e un frame sul quale vengono installate tutte le componenti. La parte hardware della power module gestisce e governa la piattaforma inerziale stabilizzata all'interno della quale si trova il sensore; il software invece gestisce il dato in input e output ricostruendo il valore di gravita', applicando un adeguato prefiltraggio per il controllo real-time del dato e calcolando le correzioni dovute al moto lungo i due assi. Lo strumento e' equipaggiato con un sistema di controllo *zero-length-spring*; lo smorzamento delle accelerazioni verticali impresse dalla nave avviene attraverso cuscini ad aria, elastici e pistoni idraulici posti alla base del frame. Il meccanismo di acquisizione e correzione delle accelerazioni orizzontali, impresse allo strumento dal moto della nave, si basa su di una coppia di giroscopi e accelerometri posti sui due assi. Il gravimetro dispone di un sistema UPS integrato per garantire la continuita' di acquisizione. Per attenuare gli effetti dotti al moto ondoso lo strumento e' stato assemblato in sala carteggio, sottostante la sala registrazione, vicino al baricentro della nave, subito sotto la linea di galleggiamento (vedi Tabella 3).

L'alimentazione e' stata fornita mediante presa stabilizzata sotto UPS della nave; i dati di navigazione in input allo strumento da un GPS TRIMBLE in configurazione EGNOS. Un cavo seriale RS232 e' stato predisposto per la replica e backup del dato su di un pc in sala 'laboratorio'.

Lo strumento ha acquisito con ottima regolarita' e continuita' senza particolari discontinuita' dal 2008-04-15 al 2008-05-12 con frequenza di campionamento di 1 Hz; complessivamente sono stati acquisiti punti corrispondenti a 7000 Km di linee. La bonta' del dato acquisito e' stata verificata su profili attraverso la valutazione qualitativa del rapporto segnale/rumore e segnale/spike. Si riporta a titolo di esempio un profilo di linea che evidenzia la regolarita' dell'acquisizione e l'assenza di spike (gravita' espressa in Counter Unit sulle y, n° di items sulle x).

Una pre-elaborazione dei dati gravimetrici e' stata realizzata secondo la seguente procedura:

1. Ricalcolo del valore di gravita' dai parametri acquisiti (passaggio da C.U. a mGal)
2. Correzione di Eötvös,  $\delta g_E = 7.503V \sin \lambda \cos \Phi + 0.004154V^2$  [1]

3. Calcolo della gravita' teorica (calcolato per ogni punto secondo il Geodetic Reference System -1980- adottato dalla IAG per il World Geodetic System -1984-)

$$g_0 = 9.7803267714 - \frac{1+0.00193185138639 \sin^2 \lambda}{1-0.00669437999013 \sin^2 \lambda} [2]$$

4. Calcolo dell'anomalia in aria libera,  $\Delta g_F = g_{oss} - g_0$  [3]
5. Calcolo della correzione di piastra,  $\delta g_{sb} = 2\pi\rho\gamma h$  [4]
6. Calcolo dell'anomalia di Bouguer,  $\Delta g_B = \Delta g_F - \delta g_{sb}$  [5]

dove  $V$  e' la velocita' della nave (in Kn),  $\lambda$  e' l'azimut della rotta (heading in gradi),  $\Phi$  e' la latitudine geografica,  $g_0$  e' la gravita' normale,  $\Delta g_F$  l'anomalia di Faye,  $g_{oss}$  il valore di gravita' osservata,  $\delta g_{sb}$  la correzione di piastra,  $h$  lo spessore della piastra,  $\rho$  il valore di densita' crostale,  $\gamma$  la costante di gravitazione universale,  $\Delta g_B$  l'anomalia di Bouguer. Altre correzioni (tide, deriva strumentale etc) verranno realizzate in post-processing.

Nella prima parte della campagna, durante il transito da Napoli, e' stato acquisito un profilo di gravita' sulla cresta del vulcano Marsili, ripetendo esattamente una linea del rilievo 2006 [Paltrinieri et al.(2006)], effettuata con lo stesso strumento. Il confronto qualitativo tra i due profili acquisiti permette di verificare eventuali *drifts* strumentali. Come si vede dalla Fig.14, nei due anni intercorsi fra i rilievi si evidenzia uno scostamento dei valori, che si posizionano tuttavia su una curva sostanzialmente identica nel tempo (variazioni ai bordi sono dovute a non perfetta coincidenza delle rotte percorse).

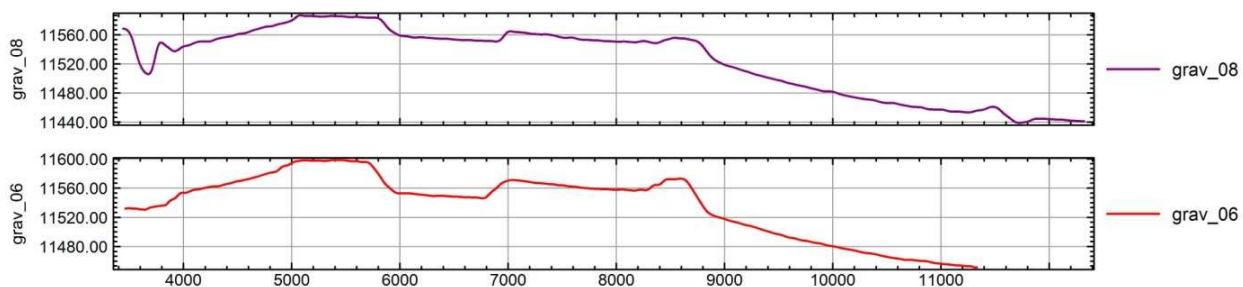


Figura 14: Confronto di due linee ripetute lungo la cresta sommitale del Vulcano Marsili (2006-2008).

## 4.6 CAMPIONAMENTO

E' stato utilizzato un carotiere a gravita' 1.2T, con tubo di 6m. Una carota e' stata prelevata con tubo da 10m, e una calata e' stata fatta con tubo da 4m e leva di sgancio. La Tabella 6 mostra il posizionamento delle stazioni. Gli spezzoni di carota recuperati (1m) sono stati analizzati con il sistema automatico ISMAR SAAS-1 [Masini (2001)], con anello ad induzione Bartington di 10 cm di diametro a passo 2cm e lettura ogni 10 s. I dati di  $\chi$  sono stati corretti per il diametro sensore e spessore di sedimento, ripuliti da 'spikes', filtrati e plottati vs. profondita'. Si tenuto conto sia del fondo che della deriva dello strumento, per i quali ogni misura e' stata poi corretta, eseguendo alcune letture a vuoto sia prima che dopo la scansione.

La suscettivita' magnetica  $\chi = M/H$ , dove  $M$  e' la magnetizzazione e  $H$  il campo applicato, misura il grado di magnetizzazione in un materiale in presenza di un campo magnetico, e puo' essere utilizzata per correlazioni stratigrafiche fra carote, determinazioni di provincie mineralogiche, analisi statistiche per studi di cicli sedimentari. Note  $\chi$  (adimensionale) e la densita', e' possibile determinare la suscettivita' di massa. I minerali possono essere:

- diamagnetici ( $\chi \ll 0$ ),
- paramagnetici ( $\chi \gg 0$ ) p.esempio Fe Ni,

- ferromagnetici ( $\chi \gg \gg \gg 0$ ) p.esempio (a) ossidi di ferro, come magnetite, ematite, ilmenite, maglemite, (b) idrossidi di ferro come limonite e goethite, e (c) zolfo, come la pirite.

Il valore ottenuto di  $\chi$  e' stato corretto per il diametro dell'anello (10 o 12.5cm) e lo spessore del sedimento.

CAR	DATA	LAT	LON	VER	DESO	MB	MT	PESO	TIR	PEN	REC.
1	2008-05-02 10:33:51	36 14.044	17 46.270		3812		6		4500	6	4.73
2	2008-05-02 13:55:46	36 09.848	17 51.760				6			6	4.42
3	2008-05-02 17:35:05	36 05.120	17 57.849		3968		6		4258	6	5.25
4	2008-05-03 06:58:03	35 39.643	16 34.845		3862		6	3984	4316	6	5.66
5	2008-05-03 10:24:02	35 42.557	16 40.124				6		4100	6	4.89
6	2008-05-03 13:21:56	35 42.459	16 40.021				6			6	4.64
7	2008-05-03 16:43:22	35 45.159	16 45.834	3980			6		4248	6	4.47
8	2008-05-04 07:03:13	36 05.776	17 23.991			3769	6	3929	4350	6	4.71
9	2008-05-04 13:57:39	35 57.991	18 06.990	4223	4043	4042	10	2300	4950	10	5.68
10	2008-05-05 07:50:32	37 36.927	17 43.511	3096	2991		6	1690	3450	5.5	3.58
11	2008-05-05 10:45:19	37 46.907	17 44.685	2674	2587		6	1400	3550	6	3
12	2008-05-05 13:52:13	37 46.099	17 50.765	2620	2600	2536	6	1600	3600	6	3.92
13	2008-05-05 16:11:30	37 53.729	17 48.482	2373	2295	2302	6	1400	3239	5.5	3.31
14	2008-05-06 07:58:02	37 39.859	17 51.845	2725		2638	6	1488	3400	5	2.63
15	2008-05-06 12:36:58	37 50.050	17 33.713	3070	2962	2973	6	1700	3800	6	3.43
16	2008-05-06 16:20:11	38 11.053	17 31.036	1830	1771	1768	6	1070	3250	6	4.11
17	2008-05-07 12:48:47	37 05.674	16 33.750	3162	3041	3050	6	1820	3200		VUOTA
18	2008-05-07 15:21:46	37 05.140	16 36.036		3043	3051	6		-		VUOTA
19	2008-05-08 07:15:35	37 09.192	16 37.821				3		-		VUOTA
20	2008-05-09 06:44:44	35 41.566	16 37.954	2171	2081	2093	6		3250	6	4.65
21	2008-05-09 11:36:55	38 24.994	17 55.671	2482	2385	2396	6	1773	3200	6	5.35
22	2008-05-09 19:10:00	39 08.720	17 09.960	52	51	50	6	600	1720	4.5	1.55

Tabella 6: CALAMARE08. Localizzazione carote.

#### 4.7 MISCELLANEA

E' stato utilizzata la proiezione UTM sul fuso 33 (datum WGS84) per scopi di mappatura e navigazione. Alcuni computers con sistema operativo GNU/LINUX e WIN2000 sono stati utilizzati per elaborazioni e acquisizione dati. Quasi tutte le mappe sono state prodotte con il pacchetto GMT [Wessel and Smith (1995)].



## 5 RISULTATI

### 5.1 SISMICA A RIFLESSIONE

Le linee sono state parzialmente elaborate a bordo, con i pacchetti DISCO E FOCUS di Paradigm Geophys.. Un esempio di *neartrace* e' visibile in Fig.15. I dati sono stati trasformati da SEG-D su nastro a files binari e SEG-Y su disco.

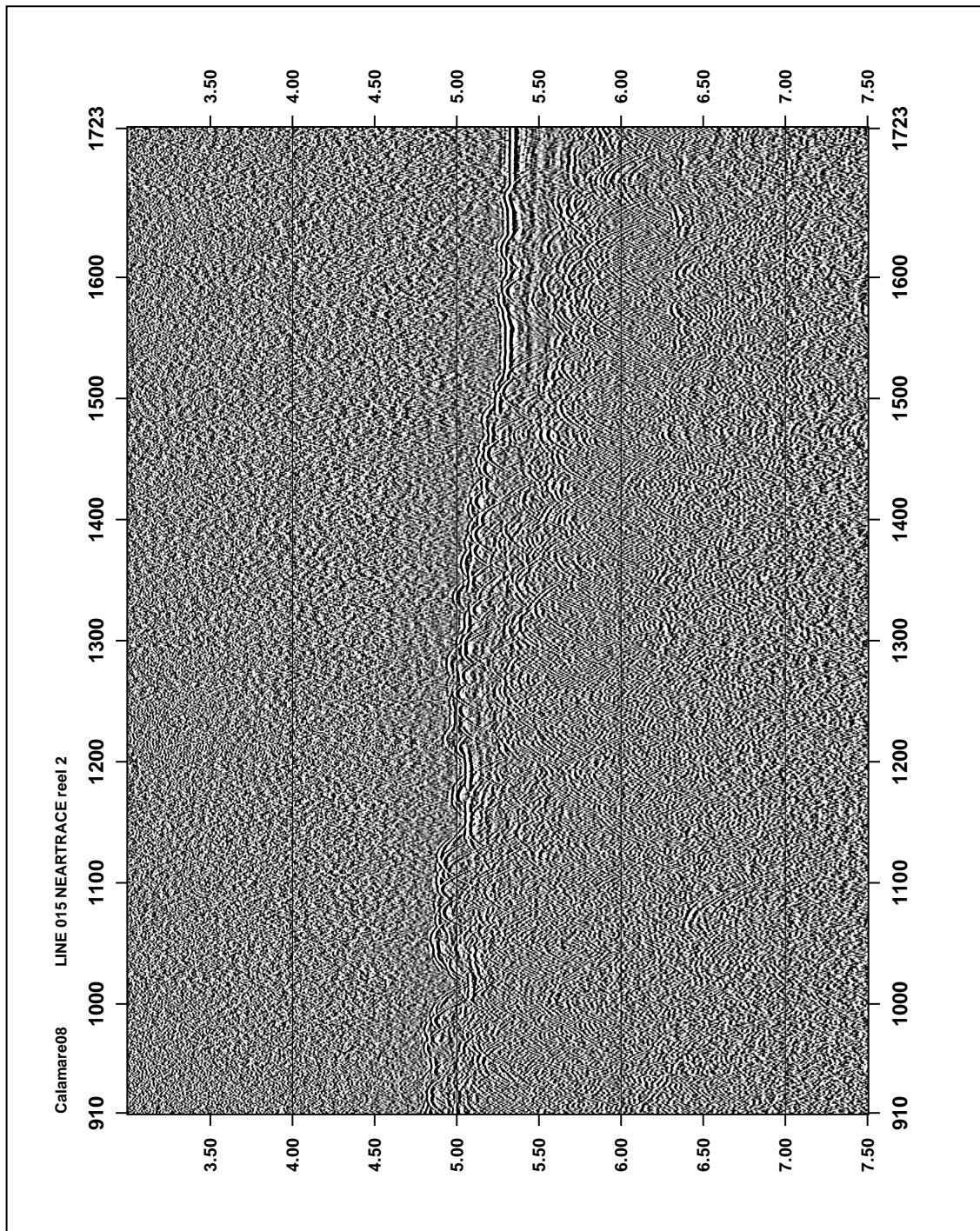


Figura 15: Sismica multicanale, esempio di una linea acquisita (neartrace).

## 5.2 BATIMETRIA

I dati sono in via di elaborazione.

## 5.3 CHIRP SBP

I dati sono in via di elaborazione. Il sistema ha funzionato in maniera egregia sia in alto fondale in modalita' 'multiping' con finestre di 500 e 1000 ms, che in acque piu' basse. soprattutto nel secondo leg, a causa di intervento tecnico sul sistema di preamplificazione, oltre che di migliorate condizioni meteorologiche. Un esempio dei dati raccolti e' visibile nella figura 16.

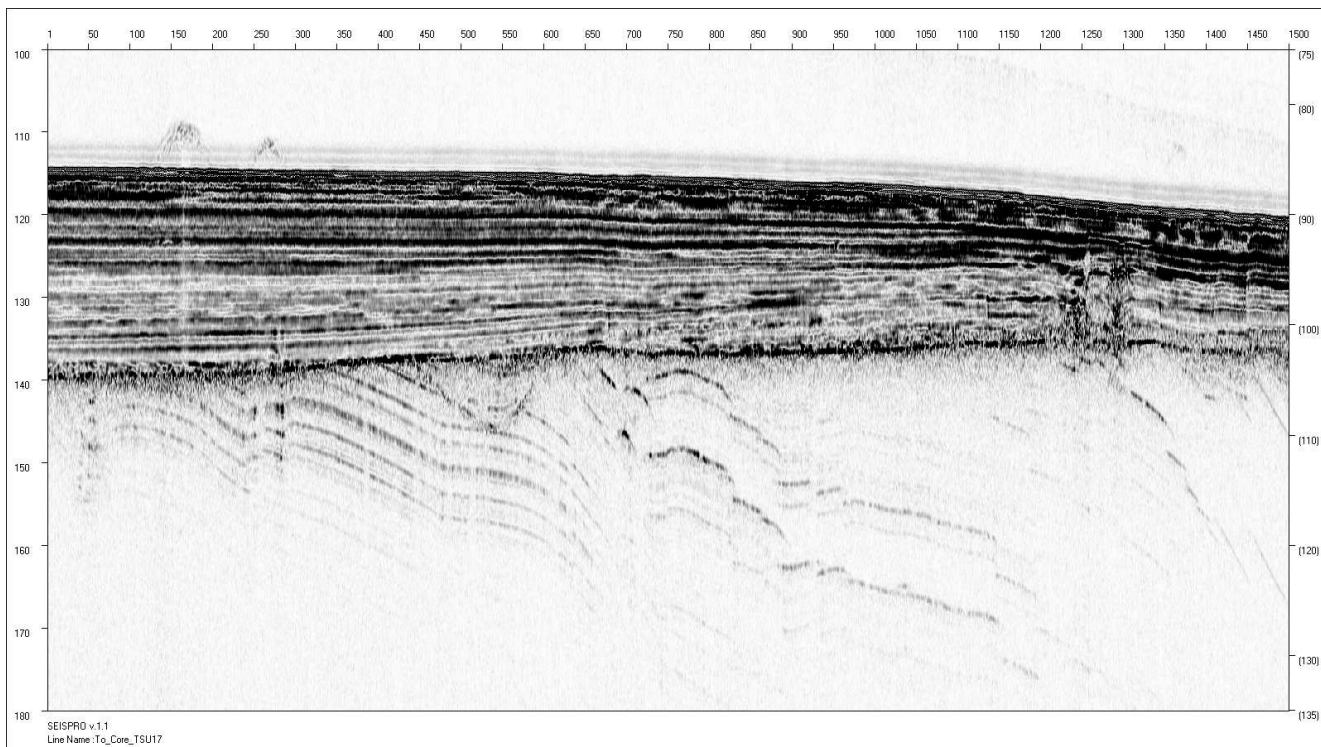


Figura 16: Esempio di dati CHIRP, margine calabro, di fronte a C.Rizzuto, velocita' 10Kn.

## 5.4 MAGNETOMETRIA E GRAVIMETRIA

Sono stati raccolti circa 6200 Km di dati magnetometrici ad alta risoluzione. La qualità è variata da accettabile a molto buona, salvo i primi due giorni in cui si sono avuti episodi di malfunzionamento strumentale, e durante virate relativamente strette. I dati raccolti si inseriscono al meglio e raffittiscono i due rilievi con la N/O Gelendzhik e la N/O Strakhov del 1996 e 1999 [Bortoluzzi et al.(1999)], e i rilievi locali della N/O *Urania* e ISMAR [Bortoluzzi et al.(2001)]. Per quanto riguarda i dati gravimetrici, essi sono stati raccolti in continuo (circa 7000 km), e verranno processati sulla base anche dei risultati della sismica multicanale.

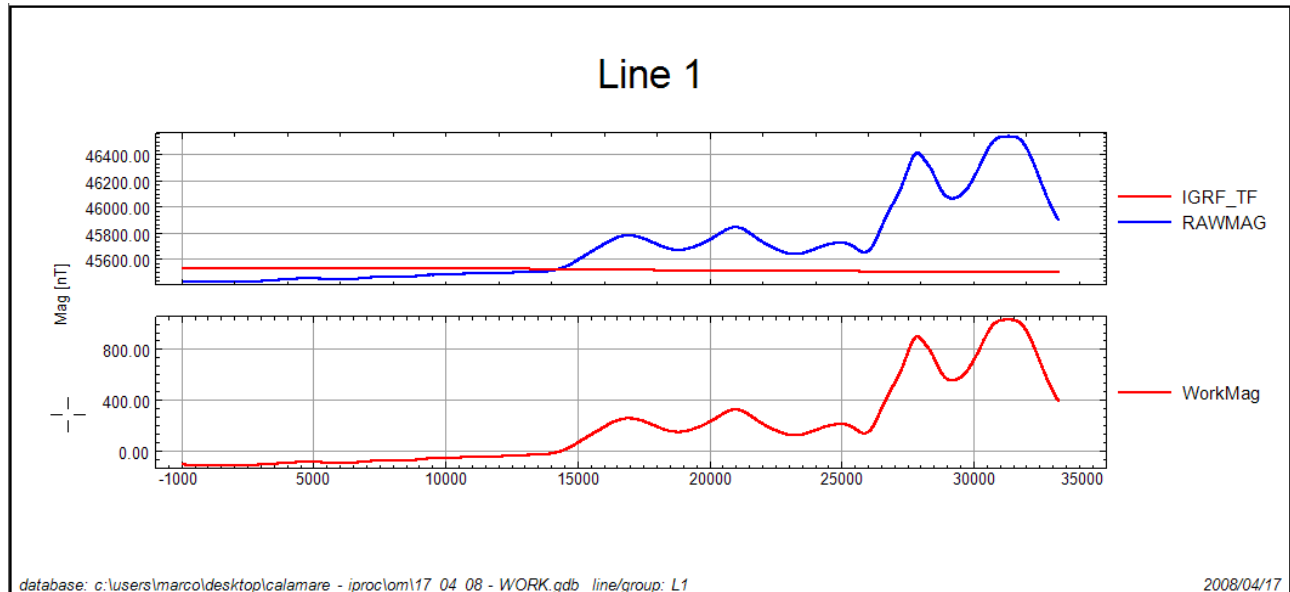


Figura 17: Crociera CALAMARE08. Esempio di dati magnetici raccolti lungo un transetto.

## 5.5 CTD

La figura 18 mostra i profili di T,S e Velocità del suono, il diagramma TS e la localizzazione delle stazioni. Le calate CTD effettuate nel Mar Ionio hanno valori di temperatura compresi tra 13.7 e 18.5 °C circa e salinità tra 38.30 e 38.85 psu circa, mentre quella effettuata nel Mar Tirreno ha caratteristiche molto diverse, in particolare, la temperatura ha variabilità più ridotta, con valori compresi tra 14 e 15.7 °C e la salinità varia tra 38.3 e 38.7 psu. Confrontando la distribuzione verticale di temperatura e salinità nelle diverse stazioni si vede che la calata CTD04 è quella con valori di salinità più elevati ed ha andamento simile alla calata CTD05, mentre la stazione CTD07 è quella con valori di salinità più bassi. Le stazioni CTD03, CTD02 e CTD06 hanno andamento simile. Le masse d'acqua che si riescono ad identificare dall'analisi dei diagrammi T/S sono la LIW, MAW e EMDW.

# CRUISE CALAMARE R/V URANIA

CTD DATA SBE911 Plus

DATE START: 2008-04-15

DATE END: 2008-05-12

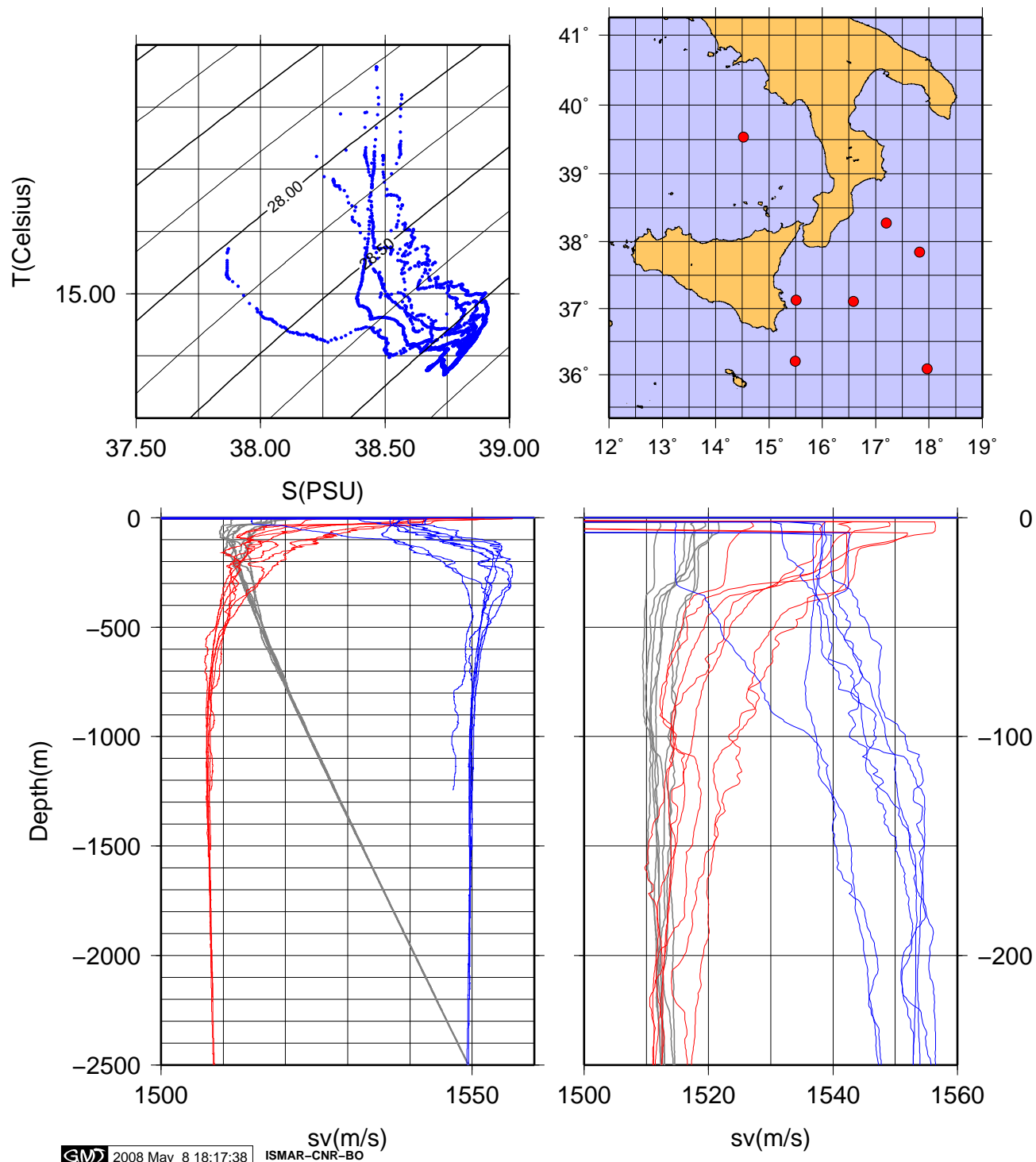


Figura 18: Crociera CALAMARE08, dati CTD. Lower left,right: Sound Velocity (gray), T (red,10-20°C), S (blue,37.75-39PSU). Upper left: TS diagram.

## 5.6 CAMPIONAMENTO FONDO MARE

Il fondo mare e' stato campionato in 22 stazioni (vedi Tabella 6). La tabella 7 descrive le caratteristiche principali delle carote. Gli spezzoni sono stati misurati con il suscettivometro ISMAR [Masini (2001)]. Un esempio dei dati misuratie' visibile in figura 19.

Tabella 7: CALAMARE08. Descrizione carote.

CAR	SPEZ	COLORE	DESCRIZIONE
1	Bottom	grigio azzurro	argilla fine abb.compatta
	2	ocra	argilla fine abb.compatta
	3	grigia	argilla fine abb.compatta
	4	ocra chiara	argilla fine abb.compatta
	5	ocra chiara	argilla fine abb.compatta
	top	ocra con livello rossastro	argilla ossidata mischiata a materiale piu' grossolano
2	Bottom	grigio	argilla siltosa compatta
	2	grigio	argilla fine abb.compatta
	3	ocra chiaro grigiastro	argilla fine abb.compatta
	4	beije	argilla fine abb.compatta
	5	beije	argilla fine abb.compatta
	top	rossastro	argilla ossidata mischiata a materiale piu' grossolano
3	Bottom	grigio azzurro	argilla fine abb.compatta
	2	grigio chiaro	argilla fine abb.compatta
	3	grigio chiaro	argilla fine abb.compatta
	4	grigio chiaro	argilla fine abb.compatta
	5	grigio chiaro	argilla fine abb.compatta
	6	grigio chiaro	argilla fine abb.compatta
	top	Ocra-grigio con striature rossastre	argilla ossidata mischiata a materiale piu' grossolano
4	Bottom	grigio azzurro	argilla siltosa fine e molto compatta
	2	sabbia	sabbia fine
	3	grigio chiaro	argilla vagamente siltosa
	4	Grigio-beije	argilla fine poco compattata
	5	grigio sabbia	argilla fine satura d'acqua
	6	grigio azzurro	argilla fine un po' siltosa satura d'acqua poco coesa
	top	grigio antrace con rigature rossicce	argilla siltosa satura d'acqua poco coesa con denti di pesce
5	Bottom	grigio chiaro grigio antrace	Argilla-siltosa silt argilloso compatta grigia; livello di cenere vulcanica nera antrace, dimensione 1/10 mm
	2	grigio chiaro	argilla compatta grigia
	3	grigio chiaro	argilla meno compatta
	4	grigio chiaro	argilla molto meno compatta, acqua
	5	grigio chiaro	argilla con elevato contenuto d'acqua
	top	ogrigio ocra	argilla
6	Bottom	grigio-azzurro ocra,striature piu' scure	argilla siltosa o silt argilloso compatto
	2	grigio azzurro un po' piu' chiaro	argilla fine abb.compatta
	3	grigio chiaro	argilla fine abb.compatta
	4	grigio ocra	argilla fine abb.compatta, acqua
	5	Ocra-grigio con striature rossastre	argilla fine con contenuto d'acqua maggiore

	top	ocra rosso-arancio	argilla siltosa ossidata con contenuto d'acqua maggiore
7	Bottom 2 3 4 5 top	grigio azzurro con striature ocra grigio azzurro con striature ocra grigio scuro ocra ocra ocra rosso-arancio	argilla siltosa compatta argilla compatta grigia argilla molto compatta argilla abb.compatta argilla abb.compatta argilla siltosa ossidata con contenuto d'acqua maggiore
8	Bottom 2 3 4 5 top	grigio azzurro con striature ocra grigio ocra ocra arancio ocra ocra ocra	argilla fine abb.compatta argilla fine abb.compatta argilla fine abb.compatta argilla fine abb.compatta argilla fine meno coesa argilla siltosa
9	Bottom 2 3 4 5 6 top	grigio ocra ocra ocra ocra ocra ocra ocra rosso-arancio	argilla siltosa compatta argilla fine abb.compatta argilla abb.compatta argilla abb.compatta argilla meno compatta, acqua argilla meno compatta, acqua argilla siltosa ossidata con contenuto d'acqua maggiore con presenza di policheti.
10	Bottom 2 3 4 top	grigio con striature ocra grigio azzurro grigio ocra ocra ocra rosso-arancio	argilla siltosa compatta argilla siltosa abb.compatta argilla siltosa abb.compatta argilla siltosa abb.compatta argilla siltosa ossidata, acqua
11	Bottom  2 3 top	grigio scuro con striature grigio azzurro  grigio beije nocciaola ocra rosso-arancio	cenere vulcanica sedimentata di granulometria inferiore a 1/10mm, e venature di argilla grigio-azzurro argilla siltosa abb.compatta argilla siltosa abb.compatta argilla siltosa ossidata
12	Bottom  2 3 4 top	grigio scuro e ocra  nocciaola rossiccio Grigio-beije ocra rosso-arancio	silt con presenza di materiale piu' grossolano e frammenti di conchiglie argilla siltosa abb.compatta argilla siltosa abb.compatta argilla siltosa abb.compatta argilla siltosa ossidata
13	Bottom  2 3 4 top	nocciaola con grigio azzurro chiaro  nocciaola nocciaola grigio azzurro ocra rosso-arancio	argilla siltosa compatta in parte ossidata argilla siltosa abb.compatta argilla siltosa abb.compatta argilla siltosa abb.compatta argilla siltosa ossidata
14	Bottom 2 3 top	nocciaola nocciaola Grigio-olivastro ocra rosso-arancio	silt compatto argilla siltosa compatta argilla siltosa compatta argilla siltosa ossidata
15	Bottom  2 3	grigio scuro  nocciaola beije	silt compatto con presenza di materiale grossolano e frammenti di conchiglie silt compatto silt abbastanza compatto

	4 top	Grigio-beije ocra rosso-arancio	silt abbastanza compatto silt abbastanza compatto ossidato
16	Bottom 2 3 4 5 top	grigio nocciola nocciola nocciola nocciola nocciola rossastro	argilla compatta argilla abb.compatta argilla abb.compatta argilla abb.compatta argilla abb.compatta argilla abb.compatta ossidata
17	VUOTA	-	-
18	VUOTA	-	-
19	VUOTA	-	-
20	Bottom 2 3 4 5 top	grigio grigio grigio grigio grigio marrone rossastro	argilla compatta argilla compatta argilla compatta argilla abb.compatta argilla abb.compatta argilla siltosa abb.compatta
21	Bottom  2 3 4 5 6 top	grigio scuro  grigio scuro grigio grigio nocciola Nocciola-rossastro marrone rossastro	argilla siltosa compatta con presenza di tefra e di clasti di ordine superiore al millimetro. argilla siltosa compatta con presenza di materiale piu' grossolano argilla siltosa compatta con presenza di materiale piu' grossolano argilla siltosa abb.compatta con presenza di materiale piu' grossolano argilla siltosa abb.compatta con presenza di materiale piu' grossolano ossidata argilla siltosa abb.compatta con presenza di materiale piu' grossolano ossidata argilla siltoza abb.compatta con presenza di granuli sabbiosi e clasti superiori al millimetro ossidata
22	Bottom  2 top	grigio azzurro  grigio grigio-ocra	argilla siltosa abb.compatta, presenza di granuli di sabbia fine argilla siltosa abb.compatta argilla siltosa abb.compatta ossidata, presenza di granuli di sabbia fine

Cruise: CALAMARE08 R/V URANIA  
Cala\_03  
2008-05-02 h  
36:05.120 N  
17:57.849 E  
Mt  
Mt  
3968 Mt

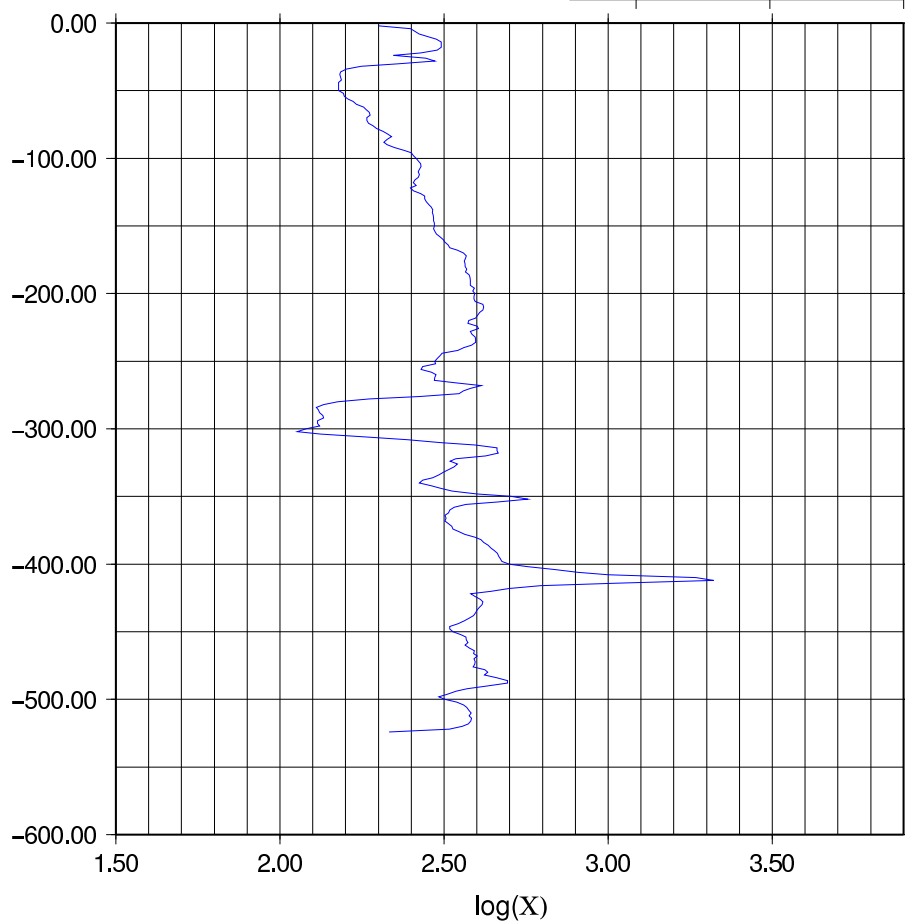
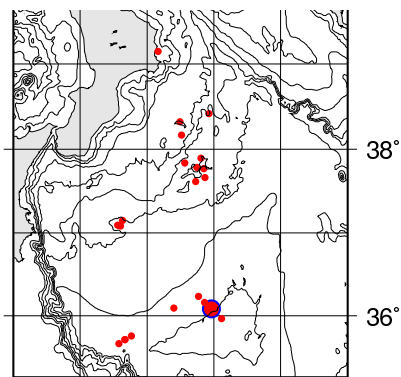


Figura 19: Crociera CALAMARE08, esempio di dati suscettività'.



## 6 CONCLUSIONI

Durante 27 giorni di crociera, di cui 4 di transito, sono stati acquisiti:

- 1600 Km di linee sismiche multicanale ad alta risoluzione.
- 7000 Km di linee gravimetriche e 6200 Km di linee magnetometriche
- 5000 km di linee Chirp
- 22 carotaggi (due vuoti, uno con recupero minimo)
- 7 stazioni CTD
- immagini batimetriche multibeam ad alta risoluzione

I dati sono stati acquisiti in 5 aree di lavoro (3 rilievi nel box-1 e due rilievi nel box-2) che si localizzano su porzioni diverse del complesso di subduzione (Figure 4 e 5). Ognuna di esse e' stata pianificata per studiare i diversi processi tettonici che sono attivi nei vari settori del prisma di accrezione (fronte di deformazione esterno, fronte di deformazione interno, prisma di accrezione pre - e post - messiniano e terminazione laterale del complesso di accrezione) attraverso metodologie di indagine geofisiche specifiche per ogni singolo tema scientifico.

L'analisi integrata dei dati acquisiti nelle varie aree verra' effettuata allo scopo di inquadrare l'assetto deformativo locale in un contesto geodinamico regionale che cerchi di evidenziare le relazioni reciproche tra i vari processi tettonici. L'obiettivo generale e' quello di ricostruire i processi attivi sia dal punto di vista tettonico che di dinamica sedimentaria legati alla lenta convergenza tra le placche Africana ed Eurasiatica in un contesto di incipiente collisione continentale su di un limite di placca ad andamento fortemente irregolare.

Per semplicita', le 5 aree di lavoro vengono descritte separatamente:

- Box-1: Fronte di deformazione.

Questa regione e' centrata alla transizione tra il prisma di accrezione esterno e la piana abissale. E' la zona che include il fronte di deformazione esterno ed e' stata la zona ideale per studiare la tettonica attiva del prisma di accrezione piu' recente e per verificare se la convergenza tra le placche produce deformazioni attive e raccorciamenti dei sedimenti nella piana abissale. A tale scopo sono stati acquisiti sia dati geofisici ad alta e altissima risoluzione (MCS e CHIRP) che dati geologici (campioni di sedimento in punti chiave selezionati in base all'interpretazione preliminare dei dati geofisici acquisiti).

In particolare, sono state acquisite 7 linee sismiche multicanale: 5 di queste sono ortogonali al fronte di deformazione esterno mentre due linee sismiche sono state acquisite parallelamente su di una zona pianeggiante (bacino di scarpata) al retro del prisma di accrezione post-messiniano. Contemporaneamente all'acquisizione della sismica multicanale sono state registrate anche linee sismiche sub-bottom (CHIRP). Queste ultime, consentiranno di analizzare in dettaglio le singole pieghe presenti al retro del fronte di deformazione (fig.20) e verificare la loro attivita' tettonica attraverso un approccio integrato di geofisica e geologia marina che si basa sull'analisi dei rapporti stratigrafici tra le unita' sedimentarie presenti. A tale scopo sono stati acquisiti 8 campioni di sedimento con il carotiere a gravita'. Diverse carote (7) sono state posizionate lungo due transetti che tagliano ortogonalmente il fronte di deformazione esterno e verranno analizzate per ricostruire la propagazione della deformazione nel tempo e stimare il tasso di crescita, sia verticale che frontale, del prisma di accrezione. Una carota e' stata acquisita in corrispondenza di una bacino nella zona cobblestone dove sono presenti livelli torbiditici (omogeniti) che verranno studiate per ricostruire l'attivita' dell'AC nel tempo e per valutare possibili scenari di eventi catastrofici che ne abbiano causato la deposizione.

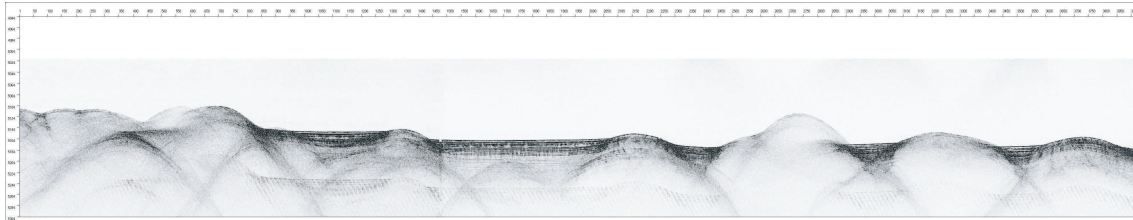


Figura 20: Crociera CALAMARE08, Profilo sub-bottom CHIRP attraverso il fronte di deformazione esterno del prisma di accrezione dell'AC.

- **Box-1: Interazione Arco Calabro-Dorsale Mediterranea**

Nel settore nord-orientale del Box-1, le scarpate esterne dei prismi di accrezione dell'AC e della Dorsale Mediterranea si trovano a contatto tra di loro. La piana abissale e' stata completamente consumata e i fronti di deformazione delle due strutture arcuate si fronteggiano reciprocamente. E' una regione chiave per studiare i processi tettonici in una situazione di incipiente collisione continentale e per verificare se l'avvenuta collisione tra i due prismi di accrezione ha innescato processi tettonici secondari quali rotazioni tettoniche e traslazione di blocchi.

Sono state acquisite tre linee sismiche multicanali grosso modo ortogonali alla direzione dei lineamenti strutturali principali, ricostruiti in base all'analisi di dati morfobatimetrici [Loubrieu et al.,2008].

L'analisi dei dati acquisiti verra' effettuata per ricostruire:

- la posizione e la geometria delle strutture tettoniche presenti;
- i rapporti reciproci tra le strutture appartenenti ai due prismi di accrezione;
- gli effetti strutturali della collisione tra i due fronti di deformazione sulla tettonica e circolazione di fluidi nel prisma di accrezione dello Ionio meridionale.

- **Box-1: Fronte di deformazione interno e limite laterale del prisma di accrezione**

Il prisma di accrezione post-messianiano e' limitato a Nord-Ovest da una zona pianeggiante (terrazzo morfologico e bacino di scarpata) che raccorda la scarpata del fronte esterno con la scarpata del fronte di deformazione interno. Nel settore occidentale il fronte di deformazione interno ha andamento piu' o meno rettilineo con due anomalie batimetriche legate alla presenza di due canyon sottomarini che ne complicano la sua geometria.

In questa regione, alcuni autori hanno proposto di localizzare la transizione tra crosta continentale e crosta oceanica [Loubrieu et al.,2008] e la ri-elaborazione e re-interpretazione dei dati CROP ed MS suggerisce la presenza di alcune faglie sub-verticali ([Torelli et al., in prep.], [Polonia et al., in prep.]) che rappresentano la terminazione laterale del sistema di subduzione (STEP faults). Durante la campagna sono state acquisite 5 linee sismiche (MCS e CHIRP) ad andamento WSW-ENE e 3 linee sismiche perpendicolari alle isobate per ricostruire posizione e geometria delle faglie attive e verificare gli effetti tettonici di tali strutture sulla successione sedimentaria piu' recente.

- **Box-2: Prisma di accrezione interno e diapirismo di argilla**

L'area del box-2 si trova nella porzione interna del prisma di accrezione che e' rappresentata dalla struttura arcuata delimitata dall'isobata dei 3000m e conosciuta come Arco Calabro Esterno [Rossi and Sartori (1981)]. Questo settore del prisma di accrezione e' di eta' Pre-Messiniana e quindi dovrebbe essere costituito quasi completamente da sedimenti deformati di eta' terziaria e Mesozoica. Le evaporiti dovrebbero essere presenti solo in corrispondenza dei bacini sedimentari messiniani che si sviluppano al retro del prisma di accrezione.

Il rilievo piu' meridionale pianificato in questa area di lavoro aveva come obiettivo principale lo studio dei processi tettonici nella parte interna del prisma di accrezione (fronti di deformazione interni) per ricostruire lo stile strutturale e la posizione e geometria delle faglie attive.

Particolare attenzione e' stata rivolta ad alcune strutture evidenziate per mezzo dell'analisi dei dati sismici esistenti, la cui geometria e facies sismica suggerisce una genesi legata alla circolazione di fluidi e diapirismo di fango. Parallelamente a quanto avviene nella Dorsale Mediterranea, il diapirismo di fango e la circolazione di fluidi e' inibita nella porzione esterna del prisma di accrezione a causa della presenza delle evaporiti messiniane che costituiscono un livello impermeabile che funziona da barriera per i fluidi circolanti. Questo e' il motivo per cui nella parte esterna del prisma di accrezione i fluidi sono confinati nei livelli piu' profondi del prisma, producendo sovrappressioni sul livello di scollamento principale e favorendo in questo modo la rapida crescita del cuneo verso l'esterno (angolo di taper molto basso). Al contatto con il prisma pre-messiniano dove le evaporiti non sono presenti e in presenza di piani di faglia che costituiscono condotti preferenziali per la circolazione dei fluidi, si potrebbero localizzare i processi attivi di diapirismo di argilla e venute a giorno dei fluidi stessi.

Per verificare tale ipotesi sono stati acquisiti dati CHIRP e profili morfobatimetrici spaziati di circa 8-9 Km ortogonalmente alle strutture. I dati sono stati acquisiti su strutture chiave individuate grazie all'interpretazione di dati sismici esistenti (CROP-Mare, MS, sparker J).

L'analisi preliminare dei dati acquisiti ha consentito di verificare la probabile presenza di diapiri di fango come evidenziato dalla fig.21.

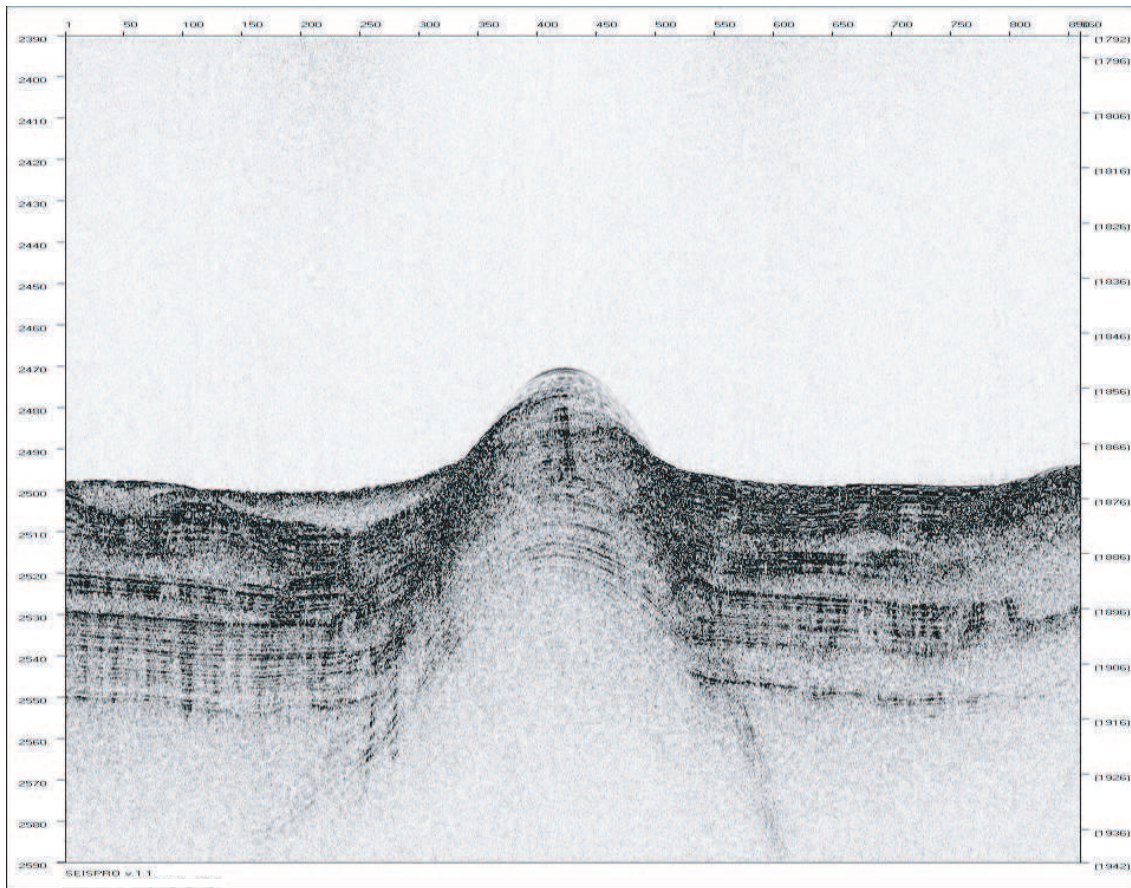


Figura 21: Crociera CALAMARE08, profilo sub-bottom CHIRP attraverso un probabile vulcano di fango nel settore interno del prisma di accrezione dell'AC.

- Box-2: Faglie attive e paleosismologia sottomarina

Nel settore piu' settentrionale del prisma di accrezione interno sono state individuate alcune faglie attive (Fig. tot) che sono state studiate in dettaglio attraverso l'acquisizione di un rilievo di dati geofisici (CHIRP e morfobatimetria) con linee sismiche orientate perpendicolarmente alle strutture principali (NW-SE) e spaziate di circa 3 Km. Ai piedi della struttura



tettonica di Fig.22 si localizza un bacino sedimentario confinato dentro il quale e' stato prelevato un campione di sedimento allo scopo di verificare se nella successione sedimentaria e' presente il record di terremoti passati. La carota verra' analizzata studiando con particolare attenzione gli eventi torbiditici e le omogeniti presenti. Una volta individuati i livelli chiave attraverso l'analisi dei raggi X, l'analisi sedimentologica e micropaleontologica, si datera' il materiale carbonatico prelevato da questi livelli. Il confronto con il catalogo dei terremoti storici consentira' di capire se tale struttura puo' essere responsabile di qualche evento sismico conosciuto nell'area.

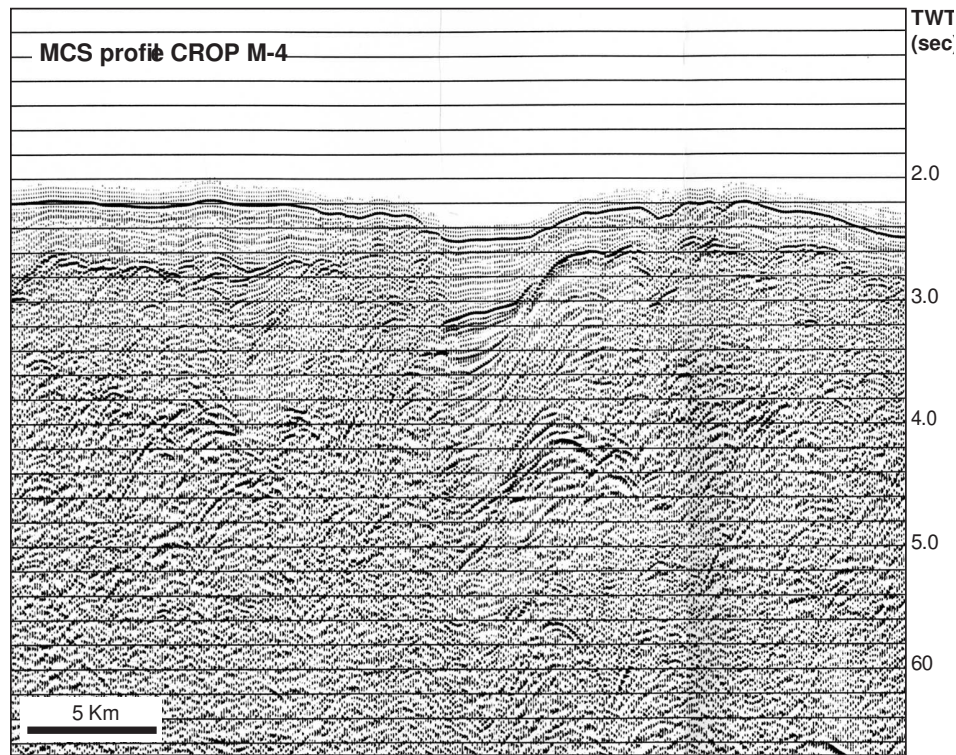


Figura 22: Profilo sismico multicanale CROP M-4 attraverso le porzioni interne del prisma di accrezione dell'AC. Sono presenti alcune faglie potenzialmente attive e bacini sedimentari controllati dalla tettonica.

- Carota CALA-22: progetto tsunami

Durante il transito di ritorno verso il porto di Bari, e' stato prelevato un campione di sedimento al largo di Crotone ad una profondita' d'acqua di circa 50m. Questa carota verra' studiata insieme ad una carota acquisita nel 2007 al largo di Augusta in collaborazione con colleghi dell'INGV di Roma, per verificare la possibilita' di ricostruire nella successione sedimentaria il record di eventi tsunamigenici passati. I risultati preliminari ottenuti nella zona di Augusta ed il profilo di suscettivita' magnetica registrato a bordo (Fig.23) sono piuttosto promettenti. L'analisi sedimentologica, micropaleontologica, il paleomagnetismo e le successive datazioni radiometriche del materiale carbonatico prelevato da livelli chiave hanno la potenzialita' di ricostruire gli effetti di tsunami passati nella successione sedimentaria.

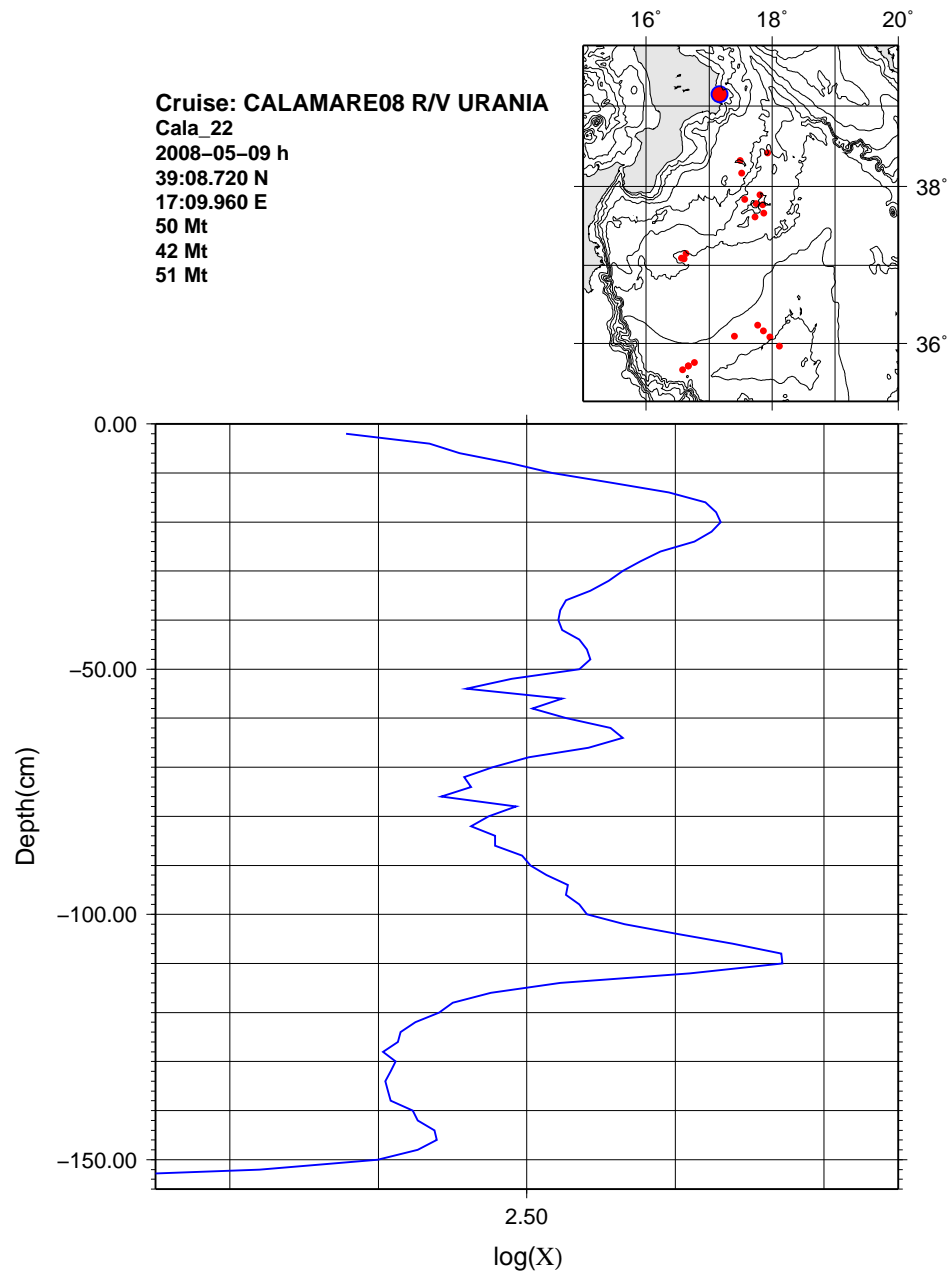


Figura 23: Crociera CALAMARE08, profilo di suscettività magnetica della carota CALA-22.

Il dataset acquisito, rappresenta un insieme di dati sismici a risoluzioni e penetrazioni diverse che consentirà di effettuare un'analisi strutturale multi-scala di alcuni settori dell'Arco Calabro. I dati ad altissima risoluzione verranno utilizzati per studiare le singole strutture deformative nelle varie aree di lavoro mentre i dati di sismica multicanale acquisiti durante la campagna insieme a quelli già a nostra disposizione (CROP, MS) verranno elaborati ed interpretati per inquadrare le singole strutture e pieghe in un contesto tettonico regionale. L'analisi integrata dei dati geofisici e quelli geologici avrà infine l'obiettivo di ricostruire quali sono le parti dell'AC più attive e se questa attività è stazionaria nel tempo.

L'analisi dei dati raccolti durante la campagna CALAMARE08 è in corso.

Non ci sono problemi da segnalare riguardo il personale e l'ambiente.

## Riferimenti bibliografici

- [Anzidei et al.(2005)] Anzidei M, Esposito A., Bortoluzzi G e Degiosa F. (2005). *The high resolution map of the exhalative area of Panarea (Aeolian Is., Italy)*, Annals of Geophysics, 48 (6): 899-921
- [Astraldi and Gasparini(1994)] Astraldi M. and Gasparini G.P., *The seasonal Characteristics of the Circulation in the Tyrrhenian Sea*, 1994, in Seasonal and Interannual Variability of the Western Mediterranean Sea, Coastal and Estuarine Studies, Vol.46, 115-134.
- [Astraldi et al.(2001)] Astraldi M., Gasparini G. P., Gervasio L. and Salusti E., *Dense Water Dynamics along the Strait of Sicily (Mediterranean Sea)*, 2001, Journal of Phys.Oceanogr., Vol. 31, No. 12, pp. 3457-3475.
- [Barone et al.(2002)] Barone A. et al., 1982, *Geological structure and evolution of the marine area adjacent to the Calabrian Arc*, Earth and Planetary Science Lett., 3, 207-221.
- [Bonardi et al.(2001)] Bonardi G. et al., 2001, *Calabria-Peloritani terrane and northern Ionian Sea. In: Anatomy of an orogen: the Apennines and adjacent Mediterranean basins (ed. by Vai G.B., Martini I.P.)*, 287-306, Kluwer Academic Publishers, Bodmin.
- [Bortoluzzi et al.(1999)] Bortoluzzi G., Carrara G., Fabretti P., Gamberi F., Marani M., Penitenti D., Tonani M., Zitellini N., Bonazzi C., Lippolis S., Musacchio M., Stanghellini G. (IGM), Daviddi A., Diroma G., Ferrarini A., Leotta A. (IIM), Gilod D., Nikaronenkov B. (MSU), Efimov V., Erofeev S. (GIN), *Swath bathymetry and geophysical survey of the Tyrrhenian sea. Report on bathymetric, magnetic and gravimetric investigations during cruises TIR96 and TIR99*, 1999, ISMAR Technical Report, N.52, doc.bo.ismar.cnr.it/CRUISE\_REPORTS/tir96\_99\_rep/index.html.
- [Bortoluzzi et al.(2001)] Bortoluzzi G., Argnani A., Accettella D., Bonazzi C., Carluccio S., Chierici F., Gasperini L., Romano S., Sacchetti F., Zitellini N., Frugoni F., Musacchio G., Nisi M.F., Nonnis O., Costa Pisani P., Scotto di Vettimo P., Guardati G., *Geophysical studies in the Western Ionian sea and in the Malta escarpment and around the Aeolian Aslands. Report on multichannel seismic, sbp and magnetic investigations during cruise MESC2001 with W/v Urania*, 2001, ISMAR Technical Report, 71. projects.bo.ismar.cnr.it/CRUISE\_REPORTS/2001/MES2001\_REP
- [Brandt et al.(1999)] P. Brandt, A. Rubino, D. Quadfasel and W. Alpers, 1999. *Evidence for the Influence of Atlantic Ionian Stream Fluctuations on the Tidally Induced Internal Dynamics in the Strait of Messina*. Journal of Physical Oceanography, v. 29.
- [Catalano et al.(2001)] Catalano R. et al., 2001, *On the Mesozoic Ionian basin*. Geophys. J. Int., 144, 49-64.
- [Cavazza et al.(1997)] Cavazza et al., 1997. *Stratigrafia e sedimentologia della sequenza sedimentaria oligocenica-quadernaria del bacino calabro-ionico*. Boll. Soc. Geol. It., 116, 51-72.
- [Cavazza et al.(2004)] Cavazza W. et al., 2004. *The Mediterranean area and the surrounding regions: active processes, remnants of former Tethyan oceans and related thrust belts*. Cavazza et al. (eds), The TRANSMED Atlas, the Mediterranean region from crust to mantle. Springer-Verlag, Berlin, 1-29.
- [Cernobori et al.(1996)] Cernobori L. et al., 1996. *Crustal image of the Ionian basin and its Calabrian margins*. Tectonophysics, 264, 175-189.
- [D'Agostino and Selvaggi (2004)] 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.G.R., 109, 11402-11418.

- [DeVoogd et al.(1992)] DeVoogd B. et al., 1992. *Two-ship deep seismic sounding in the basins of the Eastern Mediterranean Sea (Pasiphe cruise)*. Geophys. J. Inter., 109, 536-552.
- [Doglioni et al.(1999)] Doglioni et al., 1999. *Foredeep Geometries at the front of the Apennines in the Ionian Sea (central Mediterranean)*. Earth Planet. Sc. Letters, 168, 243-254.
- [Faccenna et al.(2001)] Faccenna et al., 2001. *History of subduction and back-arc extension in the Central Mediterranean*. Geophys. J. Int., 145, 809-820.
- [Faccenna et al.(2004)] Faccenna et al., 2004. *Lateral slab deformation and the origin of the western Mediterranean arcs*. Tectonics, 23, 1012-1033.
- [Finetti (1982)] Finetti I., 1982. *Structure, stratigraphy and evolution of the Mediterranean Sea*. Boll. Geof. Teor. Appl., 15, 263-341.
- [Finetti (2005)] Finetti I., 2005. *CROP deep seismic exploration of the Mediterranean region*. Elsevier, Amsterdam.
- [GEOSOFT (2007)] Geosoft User Guide, (2007). *Geomagnetic field models and synthesis software*. Geomagnetic data group, NGDC, Boulder (CO).
- [Gueguen et al.(1998)] Gueguen et al., 1998. *On the post25 Ma geodynamic evolution of the western Mediterranean*. Tectonophysics, 298, 259-269.
- [Gvirtzman and Nur A (2001)] Gvirtzman Z., Nur A., 2001. *Residual topography, lithospheric structure and sunken slabs in the central Mediterranean*. Earth Planet. Sci. Letters, 187, 117-130.
- [Kastens et al.(1988)] Kastens et al., 1988. *ODP Leg 107 in the Tyrrhenian sea: Insights into passive margin and back-arc basin evolution*. Geol. Soc. Am. Bull., 100, 1140-1156.
- [Kastens et al.(1990)] Kastens et al., 1990. *Proceedings Ocean Drilling Project, Scientific Results, 107*, College Station, Texas.
- [Kopf et al.(2003)] Kopf a., Mascle J., Klaeshen D., 2003. *The Mediterranean Ridge: A mass balance across the fastest growing accretionary complex on earth*. J.G.R., 108, 2372-2394.
- [Lenci et al.(2004)] Lenci et al., 2004. *Basal decollement and subduction depth vs. topography in the Apennines-Calabrian arc*. Boll. Soc. Geol. It., 123, 497-502.
- [Lilliefors(1967)] Lilliefors, H. (1967), *On the Kolmogorov-Smirnov test for normality with mean and variance unknown*, Journal of the American Statistical Association, Vol. 62. pp. 399-402.
- [Loubrieu et al.,2008] Loubrieu B., Mascle J. et al., 2008. *Morpho-bathymetry of the Mediterranean Sea, CIESM/Ifremer Medimap Group, CIESM edition*.
- [Malanotte-Rizzoli et al.(1997)] P. Malanotte-Rizzoli, B.B. Manca, M. Ribera D'Alcala, A. Theocharis, A. Bergamasco, D. Bregant, G. Budillon, G. Civitarese, D. Georgopoulos, A. Michelato, E. Sansone, P. Scarazzato and E. Souvermezoglou. *A synthesis of the Ionian Sea hydrography, circulation and water mass pathways during POEM-Phase*. Prog. Oceanog. Vol. 39, pp. 153-204, 1997.
- [Malinverno et al.(1986)] 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, 227-243.
- [Manca et al.(2002)] B.B. Manca, V. Kovacevic, M. Gacic, D. Viezzoli, 2002. *Dense water formation in the Southern Adriatic Sea and spreading into the Ionian Sea in the period 1997-1999*. Journal of Marine Systems 33-34 (2002) 133-154.
- [Marani, Gamberi and Bonatti(2004)] Marani M., Gamberi F. and Bonatti E., *From seafloor to deep mantle: architecture of the Tyrrhenian backarc basin*, 2004, Mem.Descr.Carta geol.d'Italia, Vol.LXIV.

- [Masini (2001)] Masini L., *SAAS-01, prototipo di sistema per l'acquisizione automatica di dati di suscettività magnetica su campioni tipo a carota*, 2001, Rapporto Tecnico IGM. N.66.
- [Masini and Ligi (1995)] Masini L. and Ligi M., *Sistema di controllo e sincronizzazione cannoni sismici ad aria compressa*, 1995, Rapporto Tecnico IGM N.37, 126pp.
- [Millot(1987)] Millot, C., 1987. *Circulation in the Western Mediterranean*. *Oceanol. Acta*, 10, 2, 143-149.
- [Morlotti et al.(1982)] Morlotti E., Sartori R., Torelli L., et al., 1982. *Chaotic deposits from the external Calabrian Arc (Ionian Sea, Eastern Mediterranean)*. *Mem. Soc. Geol. It.*, 24, 261-275.
- [Paltrinieri et al.(2006)] Paltrinieri D., Viezzoli C., Signanini P., Di Sabatino B., D'Anna G., Calcara M., Bortoluzzi G. et al., *Report on the morphobathymetric, magnetometric, gravimetric, CTD, water and bottom sampling investigations during cruise MRS06 aboard R/V Universitatis*, 2006, ISMAR interim Report, projects.bo.ismar.cnr.it/CRUISE-REPORTS.
- [Patacca et al.(1992)] Patacca E., Sartori R., Scandone P., 1992. *Tyrrhenian basin and Apenninic arcs: Kinematics relations since Late Tortonian times*. *Mem. Soc. Geol. It.*, 45, 425-451.
- [Patacca and Scandone(2004)] Patacca E., Scandone P., 2004. *The Plio-Pleistocene thrust belt-foredeep system in the southern Apennines and Sicily (Italy)*. In Crescenti et al. (eds), Special Volume of the Italian Geological Society for the IGC 32 Florence 2004, Società Geologica Italiana, Roma, 93-129.
- [Platt and Wissler (1989)] Platt J.P., Wissler R.L.M., 1989. *Extensional collapse of thickened continental lithosphere: a working hypothesis for the Alboran sea and Gibraltar arc*. *Geology*, 17, 540-543.
- [Polonia et al.(1999)] Polonia A., Gasperini L., Amorosi A., Bonatti E., et al., 2004. Holocene slip rate of the North Anatolia Fault in the Marmara Sea. *Earth and Planetary Science Letters*, v. 227, n.3/4, p. 411-426.
- [Polonia et al.(2001)] Polonia A. et al., 2001. *The accretionary complex of southernmost Chile from the analysis of multichannel seismic data*. *Terra Antarctica*, 8, 87-98.
- [Polonia et al.(2002)] Polonia A. et al., 2002. *Accretion, structural style and syn-contractional sedimentation in the Eastern Mediterranean Sea*. *Marine Geology*, 186, 127-144.
- [Polonia et al.(2007)] Polonia A., Torelli L., Brancolini G. and Loreto M.F., submitted. *Tectonic erosion versus accretion along the southern Chile trench: oblique subduction at a continental corner*. *Tectonics*, 26, TC3005, doi:10.1029/2006TC001983, 2007.
- [Polonia et al., in prep.] Polonia A., Torelli L., Capozzi R., Riminucci F., Artoni A. and the CALARC group, African/Eurasian Plate Boundary in the Ionian Sea: Shortening and Strike Slip Deformation in the Outer Accretionary Wedge, in preparation for G3.
- [Reston et al.(2002)] Reston T.J. et al., 2002. *Frontal accretion along the western Mediterranean Ridge: the effect of the Messinian evaporites on wedge mechanics and structural style*. *Marine Geology*, 186, 59-82.
- [Rosenbaum and Lister (2004)] Rosenbaum G., Lister G.S., 2004. *Neogene and Quaternary roll-back evolution of the Tyrrhenian Sea, the Apennines and the Sicilian Maghrebids*. *Tectonics*, 23, 1518-1535.
- [Roether(2007)] W. Roether, B. Klein, B.B. Manca, A. Theoharis, S. Kioroglou, 2007. *Transient Eastern Mediterranean deep waters in response to the massive dense-water output of the Aegean Sea in the 1990's*. *Progress in Oceanography*.
- [Rossi and Sartori (1981)] Rossi S., Sartori R. 1981. *A seismic reflection study of the External Calabrian Arc in the Northern Ionian Sea (Eastern Mediterranean)*. *Marine Geoph. Res.*, 4, 403-426.



- [Rubino and Hainbucher(2007)] A. Rubino and D. Hainbucher, 2007. *A large abrupt change in the abyssal water masses of the eastern Mediterranean*. Geophys.Res.Lett., VOL. 34, L23607, doi:10.1029/2007GL031737.
- [Sartori(2003)] Sartori R., 2003. *The Tyrrhenian back-arc basin and subduction of the Ionian lithosphere*. Episodes, 26, 217-221.
- [Sioni(1996)] Sioni S., 1996. *Mer Ionienne et Apulie depuis l'ouverture de l'Océan Alpin*. Ph.D. thesis, Univ. Bretagne Occidentale, 1-242.
- [Sparnocchia et al.(1999)] Sparnocchia S., Gasparini G.P., Astraldi M. Borghini M. and Pistek P., *Dynamics and mixing of the Eastern Mediterranean Outflow in the Tyrrhenian Basin*, 1999, Journal of Marine Systems.
- [Stanghellini and Bortoluzzi(2004)] Stanghellini G. and Bortoluzzi G. *DAPHNE: A client server data acquisition and distribution software package application with load cells and accurate event timestamping on oceanographic ships*, 2004, ISMAR Technical Report.
- [Torelli et al.(1997)] Torelli L. et al., 1997. *The giant chaotic body in the Atlantic Ocean off Gibraltar: new results from a deep seismic reflection survey*. Marine and Petroleum Geology, 14, 125 -139.
- [Torelli et al., in prep.] Torelli et al., in preparation for Tectonics
- [Van Dijk and Scheepers(1995)] Van Dijk J.P., Scheepers P.J.J., 1995. *Neotectonics rotations in the Calabrian Arc; implications for a Pliocene-Recent geodynamic scenario for the Central Mediterranean*. Earth-Sci. Rev., 39, 207-246.
- [Wessel and Smith (1995)] Wessel P. and Smith W.H.F., *New version of the Generic Mapping Tool released*, EOS Trans. AGU, p.329, 1995.
- [Westbrook and Reston (2002)] Westbrook G.K., Reston T.J., 2002. *The accretionary complex of the Mediterranean Ridge: tectonics, fluid flow and the formation of brines lakes- an introduction to special issue of Marine Geology*. Marine Geology, 186, 1-8.
- [Zavatarelli and Mellor(1995)] M. Zavatarelli and G.L. Mellor. *A Numerical Study of the Mediterranean Sea Circulation, June 1995*. Journal of Physical Oceanography-Volume 25. pag 1384-1414.
- [Zecchin et al.(2004)] Zecchin M. et al., 2004. *Anatomy and evolution of a Mediterranean-type fault bounded basin: the Lower Pliocene of the northern Crotona basin (Southern Italy)*. Basin Res., 16, 117-143.
- [Zitellini et al.(2001)] Zitellini et al., 2001. *Multi-channel seismic imaging of a tsunamigenic structure offshore SW Portugal*. EOS, AGU, 62 (26), 285-291.

## 7 APPENDICE

### 7.1 NOTE SULLA STRUMENTAZIONE

Si sono verificati i seguenti problemi alla strumentazione:

- mancanza prolungata del segnale DGPS nel primo leg.
- velocita' alte alla sonda velocita' del suono, a causa di spegnimento pompa di ricircolo
- alcuni crash del computer CHIRP, e necessita' di ripristinare il software di configurazione (copiare dalla cartella ...)
- alcuni crash al sistema PDS-2000

e si sono effettuati i seguenti aggiornamenti al sistema CHIRP:

- ripristino della funzionalita' del controllo preamplificatore con programma esterno (montato sul PC RDI), tramite porta parallela LPT1. Con il tasto destro si puo' selezionare l'interfacciamento, \$378 (LPT1), \$278 (LPT2), a seconda della porta scelta.
- fornitura della stringa NMEA DPTH tramite porta 8 MOXA PDS-2000, per eventuale inseguimento automatico del fondale.

### 7.2 NOTE SUL SISTEMA SBP CHIRP BENTHOS

L.Gasperini

#### Introduzione

Il sub-bottom profiler Datasonics-Benthos a bordo di Urania e' un sistema per l'acquisizione di profili sismici ad altissima risoluzione a tecnologia chirp. Quest'ultima utilizza ondine sorgenti modulate in frequenza (e secondariamente in ampiezza) per ottenere sezioni sismiche di ottima qualita' in fondali caratterizzati da bassa riflettivita'. Al contrario dei sistemi impulsivi, nei quali l'efficienze di trasmissione dell'energia nel mezzo e' affidata alla maggiore o minore ampiezza di ondine impulsive molto strette (qualche msec), nei SISTEMI chirp si utilizza una ondina sorgente relativamente lunga, da 5 a 40 msec, che viene generata, registrata e successivamente demodulata per mezzo di matching filters, per ottenere la serie riflettivita' alle varie discontinuita' attraversate: piu' lunga e' la durata dell'ondina, maggiore e' l'energia emessa nel sistema, ovviamente a parita' di ampiezza. Da cio' deriva un inevitabile compromesso: maggiore e' l'energia immessa nel sistema, piu' grande sara' la possibilita' di penetrare in profondita', a scapito pero' della risoluzione verticale (saturazione del segnale nei riflettori piu' forti, riverberazioni, cavitazione ai trasduttori,..ecc..). La rappresentazione tipica di un segnale chirp e' una funzione ampiezza istantanea, che si ottiene dopo aver applicato una trasformata di Hilbert alla serie numerica che rappresenta il sismogramma. In questo modo si ottengono segnali sempre positivi con il caratteristico decadimento esponenziale dell'ampiezza, e i livelletti piu' tenui non vengono persi a cavallo dello zero per effetto della soglia di discriminazione del segnale. L'aspetto negativo di questo tipo di rappresentazione e' che si perdono le informazioni sulla fase del segnale. Nel sistema chirp della Benthos non e' possibile accedere al segnale non elaborato, e la funzione di trasferimento e' un segreto industriale (un segreto poi relativo?). Il sistema della Benthos e' interamente controllato da un computer, collocato nella cosiddetta Topside che provvede a generare l'ondina sorgente, a convertire il segnale in arrivo ai trasduttori in ricezione (scheda DSP, Digital Signal Processor, e a spedirli a un computer esterno che li gestisce. Nel caso nostro, il computer e' un PC-windows e il programma di acquisizione di secondo livello e' SwanPro della Communication Technology di Cesena, di cui a bordo abbiamo una licenza (nuova chiavetta USB). A bordo di Urania e' presente una unita' aggiuntiva, un preamplificatore di ingresso, tra la Topside e i trasduttori in chiglia, controllato attraverso la porta parallela di un PC da un software specifico (Benthos Chirp Amplifier Control). Questo software puo' o meno risiedere su computer di acquisizione, in dipendenza della disponibilita' di una porta parallela Centronics.

## PASSO di CAMPIONAMENTO e qualita' delle registrazioni

Il programma di primo livello (Benthos) acquisisce i dati con un passo di campionamento molto alto (48,000 campioni al secondo su 2 canali, ossia 24,000 per canale), quindi potenzialmente adatto a registrare segnali fino a 12 kHz di frequenza (teorema del campionamento, frequenza di Nyquist). In effetti pero', se il numero di campioni e' fisso, la finestra di acquisizione puo' variare anche molto, da poche centinaia di millisecondi a qualche secondo. Come e' ovvio, se il numero di campioni e' lo stesso, una registrazione a 1 secondo di finestra sara' molto degradata (in termini di contenuto in frequenza) rispetto ad una a 500 msec o meno, e cosi' via per lunghezze di finestra ancora superiori. Per ottenere il massimo dallo strumento, che ha una risoluzione verticale teorica di circa 10 cm, si dovra' considerare la lunghezza d'onda del segnale sismico nell'acqua, con un calcolo un po' empirico ma efficace:

$$\text{Risoluzione} = \text{lunghezza d'onda} / 4$$

$$0.01 = (1500 * dt) / 4$$

$$dt = 2.6 * 10^{-5} \text{ corrispondenti a circa } 37 \text{ kHz.}$$

Abbiamo detto che il massimo che per un canale e' 24,000 campioni. Se teniamo la finestra di registrazione a 1 secondo, avremo una frequenza di campionamento di 24 kHz. A voi il divertimento di fare questi conti nel vostro caso. Un problema importante e' che al programma di secondo livello (SwanPro) arrivano solo 4096 campioni per canale. Se anche selezioniamo la modalita' Single Frequency (fatelo perche' tanto il secondo canale non funziona ma i dati occupano spazio lo stesso sul file finale) non possiamo usufruire dei campioni non utilizzati nel secondo canale. Come potete immaginare, alla luce di quanto detto, i 4096 campioni limitano molto la vostra finestra di acquisizione. Se volete sfruttare appieno le potenzialita' dello strumento e' necessario quindi limitare al massimo la lunghezza della finestra di acquisizione. Nel caso di acqua mediamente o molto profonda (al di sotto dei 250 metri) e' fondamentale usare la funzione Multiping.

## Il MULTI-PING, questo sconosciuto.

Ci sono due modi per limitare la lunghezza della finestra di acquisizione nel caso di acqua profonda, il DELAY e il MULTI-PING. Il 'delay' e' un ritardo che si inserisce tra la generazione dell'impulso e la registrazione delle riflessioni nella finestra di acquisizione, ma non e' previsto dal sistema Chirp della Datasonics. Ha il vantaggio di essere di immediata comprensione (e' un punto nella colonna d'acqua al quale comincia la registrazione) ma lo svantaggio di aumentare, in modo spesso inaccettabile, la distanza tra un ping e' il successivo (quindi l'esagerazione verticale). Il Multiping funziona in modo diverso: anziche' aspettare senza far nulla che ritorni l'eco del primo impulso generato, se ne generano altri in successione, equispaziati tra loro, di un tempo pari alla finestra di acquisizione. Fornendo al sistema una stima grossolana della profondita', e' possibile sintonizzare la ricezione sulla finestra che include il fondo e il sottofondo all'interno del nostro target. Per fare questo e' necessario inserire dentro l'apposita finestrina di dialogo (Estimated Water Depth) nel Form di controllo del sistema Datasonics, il valore della profondita' in metri (considerando una velocita' del suono dichiarata precedentemente nel setup del programma). E' sufficiente che questo valore sia dentro la finestra che contiene il fondo per avere registrata la profondita' corretta nella header del file e nelle grid di scorrimento della finestra di acquisizione. E' bene, anche se non obbligatorio, che ogni volta che si cambia questo valore si cominci un nuovo file di acquisizione. A questo punto, utilizzando i TRIGGER-RATE standard (500, 1000 msec, ecc..) si puo' dare il problema di un fondo troppo vicino ai limiti superiore e inferiore della finestra. Per ovviare a questo si possono utilizzare, e cambiare al bisogno, gli SPECIAL-TRIG-RATE, spostando il fondo al centro della finestra. Anche qui e' bene cambiare il file di acquisizione ogni volta che si cambia il TRIGGER-RATE.

## GUADAGNO degli Amplificatori e Potenza degli impulsi

Sebbene limitata, la dinamica del sistema di registrazione e' sufficiente a garantire una buona registrazione del segnale. Ogni campione e' rappresentato attraverso un numero intero codificato con 2 bytes (da 0 a 16383). Tutta questa dinamica pero' non e' percepibile dall'operatore, che dispone solo di 256 livelli di grigio (dei quali ne discrimina solo molto meno) che regola i guadagni dell'amplificatore e la potenza dell'impulso sulla base del fatto di vedere o non vedere un determinato

orizzonte. Vi e' quindi la tendenza ad esagerare, provocando quasi sempre una saturazione dell'impulso, soprattutto in prossimita' del fondale, che si traduce in un deterioramento della qualita' dei dati. Se il segnale e' saturato, per esempio, e' impossibile determinare variazioni laterali di riflettivita' che sono importanti per determinare le caratteristiche fisiche del fondale. Una regola aurea in questo senso e' tenere il guadagno degli amplificatori al minimo e agire eventualmente sulla LUT per ottenere sezioni accettabili a video. Un valore di 4 dell'amplificazione a video (LUT) e' considerabile un optimum.

### **VARIE regole importanti**

-E' meglio registrare i dati in formato XTF piuttosto che SEG-Y. Quest'ultimo formato e' infatti un po' vecchiotto e non contiene tutti i campi dell'XTF. Se dovete convertire da SEG-Y a XTF usate SwanPro e non altri software (funzione Export nel menu file).

-E' meglio disabilitare il TVG per rendersi conto meglio della qualita' dei dati registrati e del fatto che siano o meno saturati i livelli di ampiezza.

-E' meglio non eccedere nella POWER di trasmissione per evitare lo stesso problema. Occorre tenere presente che la penetrazione massima dello strumento e' 40-50 metri nelle condizioni migliori. Aumentare il TRANSMIT POWER per penetrare di piu' spesso non serve, ma sempre degrada la qualita' della parte alta della registrazione. Operare sempre verso una diminuzione di GAIN e POWER fino a raggiungere il minimo che mantenga ancora le informazioni necessarie: se si vedono giaa' a video avete ancora molta dinamica da sfruttare in fase di elaborazione.

### **ELABORAZIONE dei dati**

SwanPro consente di elaborare egregiamente i dati e fornire una rappresentazione finale sotto forma di immagine o stampa. Una alternativa che consente di lavorare con una filosofia diversa rispetto alla riproduzione in continuo, ma utilizza un approccio piu' simile a quello dei software di elaborazione sismica e SeisPrho, di ISMAR Bologna (Gasperini e Stanghellini, Computer&Geosciences, 2008), che mette a disposizione, oltre ad algoritmi di elaborazione, una serie di strumenti per la geo-referenziazione e l'interpretazione dei dati. A bordo e' presente una copia, da chiedere in caso ai tecnici di bordo.

per altre informazioni o chiarimenti:  
<http://software.bo.ismar.cnr.it/seisprho>

## **7.3 DIARIO OPERATORE SISMICA MULTICANALE**

CRUISE CALAMARE 2008

Resoconto attivita' sismica multicanale

Geometrie:

Sources: 2 Gi-Gun 105/105

Streamer 48 canali

Offset 112.5m

Group interval 12.5m

Shot interval 50m

Sampling rate 1 mSec.

Record length 12 Sec.

NOTA: Canali morti: 21, 26, 34.

NOTA: 50 Hz: 23, 24.

NOTA: Rumorosi: 43, 45.

NOTA: Filtro in acquisizione a 10 Hz

17/04/08

NOTA: Preparazione delle sorgenti e dei sistemi di controllo di sparo e di acquisizione.

18/04/08

NOTA: Assemblaggio dello streamer e cablaggio dei sistemi di acquisizione e delle sorgenti.  
 18/04/08 9:30 LT cannoni a mare  
 18/04/08 14:54:00 UTC(?) Linea CALA0801  
 PDS: 102

Geometrics: 101

baraccozzo:-

NOTA: mare mosso forza 3/4.

NOTA: 18:37 Stop acquisizione per problemi trasmissione event di sparo. Effettuato cambio di un in

NOTA: 18:44 ripristinata sincronia di sparo.

NOTA: 19:06 Interrotta acquisizione per continuazione malfunzionamento trasmissione eventi.

NOTA: 19:40 offset strumentale tra PDS2000, Multicanale, Chirp

NOTA: Deciso acquisizione di prosecuzione linea con nome diverso (101).

18/04/08 19:43 UTC Linea 101

PDS 102

Geometrics 101

Baraccozzo 1

shot persi:(R1) 119 123 125 144 176 232 237 301 329 345 375 379 380 //(R2) (sparo a tempo manuale)

//(R3) 1081 1223 1550 1592 1611 1618 1635 1645 1697 1700 1726 1738 1779 1903 1946 1954 1965

NOTA: shot 391 problemi sul trasformatore seriale TTL degli event dal PDS all' unita di sincronizz

NOTA: Dallo shot 458 acquisizione in manuale ogni 21.6 s circa. Stabilita tabella tempi di sparo p

19/04/08

NOTA: Prosegue acquisizione Linea 001

NOTA: Continuano problemi di trasmissione TTL. Si spara sempre in manuale.

NOTA: Nota imp: le prime due cassette della linea 101 sono state registrate su dat DDS2.

19/04/08 06:37 (ora PDS2000) cisono 18 shot di differenza tra navigazione (1733) e geometrics (165

19/04/08 10:10 UTC Linea 002

PDS 103

Geometrics 101

Baraccozzo 1

Shot falsi: (R1) 266 396 410 432 437 456 477 497 589 611 662 675 677 678 // (R2) 705 913 976 1072

1154 1179 1184 1276 1621 1685 // (R3)1962 2217 2247 2310 2505 // 2623 2804

Shot persi:(R1) 231 279 438 498 612 706 1029 1073 1125 1155 1180 1185 1277 1686 1687 1798 // (R2)

2248 2311 2461 2506 // (R3)2576

20/04/08 NOTA: 00:00 UTC Prosegue acquisizione Linea 002

20/04/08 01:55 UTC Reel 4 (Shot 2520)

ore 05:33

20/04/08~18:00 UTC Linea 003

PDS 101

Geometrics 101

Baraccozzo 2

Shot falsi: 556 721 741 743 775 786 787 791

Shot persi: 101 (Rosso) 303 319 557? 722?

NOTA: Problemi trasformatore TTL perdita 40 shot

NOTA: Test tra shot 967 e 979

NOTA: Ripartenza shot automatico shot 980

20/04/08 16:05 UTC REEL 3 Shot 1712

Shot falsi: (R2) 1245 // (R3) 2016 2057 2089 2099 2248 2258 2271 // (R4) 2514

Shot persi: (R2) 1246 // (R3) 2058 2100 2167 2189 2193 2241 2249 2272 // (R4) 2289 2293? 2302 2420

21/04/08 Fine Linea 003

21/04/08 23:02 UTC Linea 004 Ore 23:02 UTC (Controllo olio compressore ok)  
Shot falsi: (R2) 938 1193 1255 1315 1395 1676 // (R3) 2547 // (R4) 2615 2638 2806 2835 2840 //  
Shot persi: (R1) 101 663 722 851 // (R2) 1194 1256 1310 1316 1319 1366 1396 1492 1805 // (R3) 2187  
21/04/08 ~20:37 UTC Fine Linea 004 shot 3412

22/04/08 12:40 UTC Linea 005  
Geometrics 101  
Shot falsi: (R1) 261 350 693 898 // (R2) 1132 1343 // (R3) 1776 1582 2025 2060 2168 2227 2420 // (R4) 2615 2638 2806 2835 2840 //  
Shot persi: (R1) 694 899 // (R2) 983 990 1133 1291 1344 1459 1460 1479 1493 1494 1507 1517 1518 11  
22/04/08 11:52 UTC REEL 3 shot~1770  
23/04/08 00:00 UTC end reel 4  
23/04/08 10:00 UTC Fine Linea 005  
NOTA: Manutenzione cannoni.  
NOTA: trasferimento Siracusa, ~14 UTC sbarco Marco Ligi, rotta sud verso linea 6, mare grosso tras

24/04/08 5:32 UTC Linea 006 shot 101 ch21 sembra buono, ch7 50Hz  
Shot falsi: (R1) 647 // (R2) 1003 1047 1062 1111 1124 1681?  
Shot persi: (R1) 502 518 544 626 636 662 680 703 709 731 732 742 754 759 790 805 815 850 // (R2) 9  
NOTA: dopo lo shot 1290 aumento pressione a 160 bar  
24/04/08 15:38 UTC fine linea 006 shot 1681 non funzionamento unita DAT 90 n 4  
NOTA: prova con linea 106 fallito, reboot geometrics (~1772 PDS),  
NOTA: pulizia unita nastro, ora geometrics vs UTC offset -22 Sec, sincronizzazione geometrics vs

24/04/08 15:51 UTC Linea 007 REEL 1  
PDS: shot 101  
Geometrics: shot 101  
baraccozzo: shot 2  
Shot persi: 101  
Shot falsi: -  
24/04/08 19:44 UTC FINE Linea 007

25/04/08 03:13 UTC Linea 008 REEL 1  
PDS: shot 101  
Geometrics: 101  
baraccozzo: 2  
25/04/08 08:14 UTC Linea 008 REEL 2  
25/04/08 10:00 UTC Linea 008 REEL 3  
Shot persi: (R3) 1596  
Shot falsi: (R1) 262 284 336 503 // (R2) 907 987  
25/04/08 15:38 UTC FINE Linea 008

25/04/08 16:19 UTC Linea 009 REEL 1  
PDS: 101  
Geometrics: 101  
baraccozzo: 2  
25/04/08 16:19 UTC Linea 009 REEL 3  
26/04/08 02:35 UTC Linea 009 REEL 4  
Shot persi: (R1) 101 // (R2) 707 // (R3) 1581 1609  
Shot falsi: (R1) 257 308 // (R2) 706 733 // (R3) 1580 1608  
NOTA: mare NO 4-5  
NOTA: problemi REEL 1 tape 4 inizio linea solo 100 shot  
NOTA: persi 8 shot problemi con tape 4 cassetta diversa  
NOTA: problemi tape 4 tra REEL 3 e REEL 4  
26/04/08 06:22 UTC FINE Linea 009

26/04/08 07:15 UTC Linea 010 REEL 1

PDS: 101  
Geometrics: 101  
baraccozzo: 2  
NOTA: REEL 1 fine registrazione shot 163  
26/04/08 07:42 UTC Linea 010 REEL 2  
26/04/08 12:32 UTC Linea 010 REEL 3  
26/04/08 20:00 UTC Linea 010 REEL 4 ??????  
26/04/08 22:31 UTC Linea 010 REEL 5  
27/04/08 03:15 UTC Linea 010 REEL 6  
Shot persi: (R2) 329 697 // (R4) 1814? 2241?  
Shot falsi: (R2) 696 // (R3) 1120 1172 1588 1740 // (R4) 2109  
NOTA: shot 944 tape 4 non va controllare registrazione  
NOTA: 15:00 UTC op. D'Oriano problemi DGPS  
NOTA: 22:00 UTC op. Cuffaro nel turno precedente riscontrati problemi mous geometrics  
NOTA: 26/04/08 23:30 -----cambio quaderno appunti-----  
NOTA: 27/04/08 04:30 persa boa davanti asta cannoni  
27/04/08 ~05:00 UTC FINE Linea 010

NOTA: 27/04/08 06:00 fine operazione sostituzione boa

27/04/08 07:33 UTC Linea 011 REEL 1  
PDS: 101  
Geometrics: 101  
baraccozzo: 2  
27/04/08 12:10 UTC Linea 011 REEL 2  
Shot persi: -  
Shot falsi:(R1) 266 776 // (R3) 1250  
NOTA: REEL 3 passato prima delle 13:24 (???)  
27/04/08 15:09 UTC FINE Linea 011 REEL 3

28/04/08 FINE PRIMO LEG  
29/04/08 INIZIO SECONDO LEG  
NOTA: ripreso CH 21

29/04/08 16:52 UTC Linea 012 REEL 1  
PDS: 101  
Geometrics: 101  
baraccozzo: 2  
29/04/08 21:53 UTC Linea 012 REEL 2  
Shot persi: (R1) 101?  
Shot falsi: -  
NOTA: esclusione di tape 4 registrazione nastri solo su tape 5  
30/04/08 05:35 UTC FINE Linea 012 REEL 3

30/04/08 07:11 UTC Linea 013 REEL 1  
PDS: 101  
Geometrics: 101  
baraccozzo: 2  
30/04/08 14:11 UTC Linea 013 REEL 2  
30/04/08 17:12 UTC Linea 013 REEL 3  
Shot persi: (R2) 1655  
Shot falsi: (R2) 1268 // (R3) 2240  
30/04/08 21:46 UTC FINE Linea 013 REEL 3

01/05/08 03:35 UTC Linea 014 REEL 1  
PDS: 101

Geometrics: 101  
 baraccozzo: 2  
 01/05/08 08:38 UTC Linea 014 REEL 2  
 01/05/08 13:17 UTC Linea 014 REEL 3  
 Shot persi: -  
 Shot falsi: (R1) 109 499 //(R2) //(R3)  
 NOTA: pressione ~130 bar durante REEL 1  
 01/05/08 13:38 UTC FINE Linea 014 REEL 3  
  
 NOTA: 16:12 LT falsa partenza Linea 015  
  
 01/05/08 18:20 UTC Linea 015 REEL 1  
 PDS: 101  
 Geometrics: 101  
 baraccozzo: 16  
 01/05/08 21:17 UTC Linea 015 REEL 2  
 02/05/08 02:19 UTC Linea 015 REEL 3  
 Shot persi: -  
 Shot falsi: -  
 02/05/08 03:55 UTC FINE Linea 015 REEL 3  
  
 02/05/08 4:00 UTC alaggio streamer e cannoni.....ecc ecc

LINE	REEL	startshot	endshot
>			
cala0801	reel1	101	463
>			
line001	reel1	101	988
line001	reel2	989	1783
line001	reel3	1784	1972
>			
line002	reel1	101	905
line002	reel2	906	1710
line002	reel3	1711	2515
line002	reel4	2516	2817
>			
line003	reel1	101	904
line003	reel2	905	1710
line003	reel3	1711	2514
line003	reel4	2515	2600
>			
line004	reel1	101	892
line004	reel2	893	1694
line004	reel3	1695	2499
line004	reel4	2500	3303
line004	reel5	3304	3470
>			
line005	reel1	101	905
line005	reel2	906	1707
line005	reel3	1708	2505
line005	reel4	2506	3303
line005	reel5	3304	3354
line005	reel6	3355	4153
line005	reel7	4154	4959
line005	reel8	4960	4994
>			



---

line006	reel1	101	893
line006	reel2	894	1680
>			
line007	reel1	101	721
>			
line008	reel1	101	888
line008	reel2	889	1674
line008	reel3	1675	2000
>			
line009	reel1	101	184
line009	reel2	185	976
line009	reel3	977	1765
line009	reel4	1766	2363
>			
line010	reel1	101	157
line010	reel2	158	943
line010	reel3	944	1731
line010	reel4	1732	2521
line010	reel5	2522	3313
line010	reel6	3314	3621
>			
line011	reel1	101	889
line011	reel2	890	1067
line011	reel3	1068	1369
>			
line012	reel1	101	894
line012	reel2	895	1694
line012	reel3	1695	2149
>			
line013	reel1	101	905
line013	reel2	906	1711
line013	reel3	1712	2443
>			
line014	reel1	101	911
line014	reel2	912	1717
line014	reel3	1718	1780
>			
line015	reel1	101	909
line015	reel2	910	1722
line015	reel3	1723	1987
>			