



Nautilus
Società Cooperativa

*Servizi per l'Oceanografia
e la Gestione delle Risorse Ambientali*



***ESECUZIONE DI UNA CAMPAGNA DI INDAGINI BATIMETRICHE,
GEOMORFOLOGICHE E STRATIGRAFICHE RICHIESTE PER LA
REALIZZAZIONE DEL SEA-LINE MESSINA – PALMI DN 650 (26”)***

RELAZIONE TECNICA

Contratto n. 7300002094

SPC. 60-ZX-E-02009

Giugno 2010

1	Edizione definitiva	Morfea	Artusa	Passaniti	23/06/2010
0	Edizione preliminare	Morfea	Artusa	Passaniti	26/05/2010
Rev.	Descrizione	Preparato	Controllato	Approvato	Data

Giugno 2010

Relazione Tecnica Definitiva

SOMMARIO

SOMMARIO	2
Indice delle figure.....	3
Indice delle tabelle	4
1 INTRODUZIONE.....	5
2 DESCRIZIONE DELLE OPERAZIONI E METODOLOGIA	6
2.1 Generalità.....	6
2.2 Area d'indagine – Quantità di lavoro	6
2.3 Organizzazione del lavoro.....	7
2.4 Sintesi metodologica.....	8
3 IMBARCAZIONE E STRUMENTAZIONE.....	10
3.1 Mezzi impiegati.....	10
3.2 Mobilitazione	15
3.2.1 Installazione strumentazione sulla nave.....	15
3.2.2 Offset di installazione	16
3.2.3 Schema Strumenti.....	17
3.2.4 Software di acquisizione ed elaborazione dati a bordo	18
3.3 Calibrazioni e Sea Trials	18
3.3.1 Calibrazione strumentazione.....	18
3.3.1.1 Girobussola	18
3.3.1.2 Multibeam.....	18
3.3.1.3 Posizionamento acustico USBL.....	23
3.3.1.4 Velocità del suono (SVP)	24
4 METODOLOGIA DI ACQUISIZIONE DATI.....	25
4.1 Generalità.....	25
4.2 Datum di riferimento geografico	25
4.2.1 Posizionamento di superficie.....	25
4.2.2 Riferimento altimetrico.....	26
4.3 Multibeam	27
4.4 Side Scan Sonar	28
4.5 Sub Bottom Profiler.....	30
5 METODOLOGIA DI ELABORAZIONE DATI.....	31
5.1 Generalità.....	31
5.2 Controllo Qualità.....	31
5.3 Analisi ed elaborazione dati	32

Giugno 2010

Relazione Tecnica Definitiva

5.3.1	Posizionamento e navigazione.....	32
5.3.2	Multibeam	33
5.3.3	Side Scan Sonar	36
5.3.4	Sub Bottom Profiler	38

6 RISULTATI..... 39

6.1	Geomorfologia dell'area.....	39
6.2	Stratigrafia	44
6.2.1	Sezione dal KP 0.0 al KP 3.0	44
6.2.2	Sezione dal KP 3.0 al KP 5.0	45
6.2.3	Sezione dal KP 5.0 al KP 7.0	46
6.2.4	Sezione dal KP 7.0 al KP 11.5.....	47
6.2.5	Sezione dal KP 11.5 al KP 16	47
6.2.6	Sezione dal KP 16 al KP 21.....	48
6.2.7	Sezione dal KP 21 al KP 29,5	48
6.3	Conclusioni.....	51
6.4	Elenco allegati.....	52

Indice delle figure

Figura 1.	Inquadramento geografico generale dell'area, in blu il corridoio 6 e in rosso le condotte 1,2,3,4,5,6.....	7
Figura 2.	Schema delle rotte Multibeam (in fucsia tratteggiato). La rotta centrale corrispondente alla rotta base, le altre rotte parallele a quest'ultima e distanziate di 150m. L'overlap è maggiore del 100%.....	8
Figura 3.	Schema delle rotte Side Scan Sonar (in blu). Le varie rotte sono distanziate di 150m e sfalsate di 75m rispetto alla rotta base. Il range impostato è di 150m e l'overlap del 100%.....	9
Figura 4.	Geometria della nave oceanografica "Coopernaut-Franca" con la posizione (offset) dei vari sensori.....	16
Figura 5.	Finestra degli offset nel Software di acquisizione dati PDS2000 (Reson BV®)	16
Figura 6.	Schema logico dei collegamenti tra i vari strumenti	17
Figura 7.	Ubicazione del sito di Calibrazione multibeam al largo di Capo Vaticano.....	20
Figura 8.	Modello 3D del terreno nel sito di calibrazione con in evidenza il pendio con l'affioramento roccioso utilizzato come target e le relative linee di calibrazione in overlay.....	20
Figura 9.	Time calibration = 0 sec il risultato della calibrazione di latenza conferma che non vi è alcun ritardo 'sistematico' residuo infatti il sistema è sincronizzato dinamicamente con l'orologio GPS tramite il segnale 1PPS.....	21
Figura 10.	Pitch calibration = -1.50 ° PDS2000, risultato della calibrazione del Pitch.....	21
Figura 11.	Roll calibration = 0.13 ° PDS2000, risultato della calibrazione del roll.....	22
Figura 12.	Heading calibration = -5.8 ° PDS2000, risultato della calibrazione di heading*. *Tale valore complessivo comprende anche eventuali disallineamenti residui della gyro.....	22
Figura 13.	Modulo di calibrazione USBL con i risultati grafici e numerici.....	23
Figura 14.	Profili di velocità del suono utilizzati per le calibrazioni (sx) e i rilievi (centro e dx).....	24
Figura 15.	Triangolazione usata per il caposaldo di Favazzina, a partire dai due capisaldi IGM di Reggio Calabria e Scilla-Porticello.....	26
Figura 16.	Grafico e Tabella della copertura del multibeam Reson 7111 in funzione della profondità.....	27
Figura 17.	Schema delle rotte Multibeam (in fucsia tratteggiato). La rotta centrale corrispondente alla rotta base, le altre rotte parallele a quest'ultima e distanziate di 150m. La copertura (coverage) della singola rotta è sempre maggiore di 400m per cui l'overlap tra le linee è maggiore del 100%. Sullo sfondo è visibile la copertura totale multibeam (shaded relief map).....	27
Figura 18.	Forma del lobo acustico e geometria delle riflessioni dei target (da J.P. Fish 1996, modificato). La porzione centrale del lobo laterale ha la massima quantità di energia e garantisce riflessioni dalla migliore geometria.....	28
Figura 19.	Overlap tra linee adiacenti pari al 100%, ogni porzione di fondo è ricoperta 2 volte, una volta per ogni linea di navigazione.....	28
Figura 20.	Mosaico Side Scan Sonar, disposizione delle linee di rilievo e le relative coperture.....	29

Figura 21. Finestra di acquisizione dati SBP con sw DISCOVER Sub Bottom	30
Figura 22. Modulo di editing della navigazione PDS2000 con la traccia di navigazione grezza ed elaborata.	32
Figura 23. Modulo processing dati Multibeam in PDS2000, con finestra filtri, navigazione e soundings.	33
Figura 24. Modello di geoidi dell'area, le isolinee indicano gli scostamenti dall'ellissoide WGS84 (ITALGEO 2005 – IGMI).....	34
Figura 25. Andamento del geoidi lungo la rotta 6 (ITALGEO 2005 – IGMI).....	34
Figura 26. Modello digitale del terreno (DTM) finale con le statistiche calcolate all'interno del corridoio (riquadro), in alto la sezione lungo la rotta base della sesta linea.....	35
Figura 27. Software di elaborazione dati SSS - CODA GEOSURVEY. Particolare della fase di bottom tracking e applicazione Gain.	37
Figura 28. CODA GEOSURVEY. Particolare della generazione dell'immagine corretta per slant range. In seguito esportata come GEOTIFF.	37
Figura 29. DISCOVER SUBBOTTOM per l'elaborazione dei profili sismici SBP.	38
Figura 30. Elaborazione della mappa degli spessori di sedimenti. Le isolinee (isopache) uniscono punti di uguale spessore di sedimenti.	38
Figura 31. Visione tridimensionale d'insieme dell'intero corridoio.....	39
Figura 32. Particolare della scarpata di Messina caratterizzata da incisioni alla base delle quali sono presenti accumuli di sedimenti.	40
Figura 33. Zona centrale del corridoio caratterizzata da una estesa ma poco profonda depressione (rosso).....	40
Figura 34. Base della scarpata continentale Calabrese, che si presenta con andamento più regolare.	41
Figura 35. Profilo batimetrico tra Mortelle (sx) e Palmi (dx), con l'andamento a gradoni e i cambi di pendenza.....	41
Figura 36. Mosaico SSS della zona centrale del corridoio (KP 11.5) che mostra gli unici affioramenti rocciosi.	42
Figura 37. Relitto del Viminale, immagine SSS e modello 3D.....	42
Figura 39. Profilo sismico della rotta centrale "Mb_CENTER_LINE" fino al KP 3.0.	44
Figura 40. Profilo sismico della rotta sinistra "Mb_LEFT" fino al KP 3.0.	45
Figura 41. Profilo sismico della rotta destra "MB_RIGHT" fino al KP 3.0.	45
Figura 42. Profilo sismico della rotta centrale tra KP 3 e 5.	46
Figura 43. Profilo sismico della rotta centrale tra KP 5 e 7.	46
Figura 44. Profilo sismico della rotta centrale tra KP 7 e 11.5.	47
Figura 45. Profilo sismico della rotta centrale tra KP 11.5 e 16.	47
Figura 46. Particolare della Sezione compresa tra il KP 16 e il 21 con discordanze angolare "Top-Lap" tra diversi strati.	48
Figura 47. Porzione finale del corridoio dove si nota il grosso spessore di sedimenti poco stratificati alla base della scarpata e l'assenza di copertura incoerente lungo quest'ultima. La stratificazione riappare sulla zona di piattaforma.....	49
Figura 48. Particolare della base della scarpata caratterizzato da scarsa stratificazione e da una zona di corrugamento.	50
Figura 49. Interpretazione del profilo alla base della scarpata riportato in Figura 47, con la scomparsa della stratificazione e della zona di corrugamento (in giallo) tra due allineamenti tettonici. Il tutto poggia sul basamento litoide (in rosso).....	50

Indice delle tabelle

Tabella 1. Corridoio di posa e aree da rilevare.	6
Tabella 2. Report di calibrazione USBL.....	24
Tabella 3. Caratteristiche del corridoio di posa, quantità di lavoro effettuate in termini di linee di navigazione acquisite.	25
Tabella 4. Report di elaborazione del rilievo GPS statico del caposaldo di Favazzina.	26
Tabella 5. Statistiche relative al modello digitale del terreno. Le due colonne si riferiscono al totale dei dati ottenuti e a quelli all'interno del poligono del corridoio 6.	35

 <p>Nautilus Società Cooperativa Servizi per l'Oceanografia e la Gestione delle Risorse Ambientali</p>	<p>ESECUZIONE DI UNA CAMPAGNA DI INDAGINI BATIMETRICHE, GEOMORFOLOGICHE E STRATIGRAFICHE PER LA REALIZZAZIONE DEL SEA-LINE MESSINA-PALMI DN 650 (26'')</p> <p><i>Giugno 2010</i></p> <p><i>Relazione Tecnica Definitiva</i></p>	
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------

1 INTRODUZIONE

Snam Rete Gas intende incrementare la capacità di trasporto di gas attraverso lo Stretto di Messina per mezzo di una nuova condotta da 26 pollici da posare tra gli attuali terminali di Mortelle (ME) e Palmi (RC). Il presente schema di trasporto attraverso lo Stretto, consiste di 5 condotte situate a Nord dell'imboccatura settentrionale dello Stretto e precisamente, le linee 1, 2 e 3 (da 20'') che giacciono lungo il corridoio SUD Mortelle - Favazzina (RC) mentre le linee 4 e 5 (da 26'') si trovano lungo il corridoio NORD Mortelle - Palmi.

Il presente documento descrive il complesso delle tecnologie, metodologie e delle risorse impiegate per l'esecuzione della **“Campagna di indagini batimetriche, geomorfologiche e stratigrafiche richieste per la realizzazione del Sea-Line Messina-Palmi DN 650 (26'')”**. Tali indagini hanno avuto lo scopo di acquisire tutte le informazioni morfologiche e geologiche utili e necessarie sia per confermare la fattibilità della rotta di posa, individuata all'inizio degli anni '90 tra gli approdi di Mortelle e di Palmi (RC), sia come base per la progettazione di dettaglio dell'opera stessa.

Nel documento sono quindi descritte le attività di acquisizione, elaborazione, interpretazione e restituzione dei dati richieste e regolarizzate nell'ambito del contratto n. 7300002094 e della specifica tecnica SPC 60-ZX-E-02009. Le attività di campo sono state eseguite nel mese di Aprile 2010 mentre l'elaborazione e restituzione dei dati nel mese di Maggio 2010.

2 DESCRIZIONE DELLE OPERAZIONI E METODOLOGIA

2.1 Generalità

I rilievi sono stati eseguiti secondo le indicazioni della specifica tecnica SPC 60-ZX-E-02009 e le procedure operative concordate con il Committente. In dettaglio sono state effettuate le seguenti indagini:

- Indagine batimetrica con metodologia *multibeam* lungo il corridoio di posa nella fascia compresa tra le batimetriche -15m e -410m, seguendo 3 rotte più altre 2 supplementari nelle sezioni di corridoio più larghe.
- Indagine morfologica con metodologia *Side Scan Sonar* lungo 4 rotte alternate rispetto a quelle *multibeam*.
- Indagine stratigrafica con *SubBottom Profiler* lungo le stesse rotte seguite con *multibeam* e *Side Scan Sonar*.

Tutti i rilievi sono stati compiuti con l'ausilio dell'imbarcazione "Coopernaut-Franca" e la strumentazione indicata nel Capitolo 3.

2.2 Area d'indagine – Quantità di lavoro

L'area d'indagine è indicata in Figura 1 ed in particolare è costituita da un corridoio centrato sulla rotta teorica fornita dal Committente che si estende per circa 30 Km e avente larghezze variabili per come indicato nella tabella seguente.

Area	Kp (km)	Depth Range (m)	Corridor width (m)	Area (kmq)
Coastal Area Sicily	from 0.6 to 1.5	15m <WD<80m	300m	0.304
Slope Sicily	from 1.5 to 3.7	80m<WD<200m	800m	1.669
Deep Area	from 3.7 to 24.5	Up to 400m	300m	6.215
Slope Calabria	from 24.5 to 28.1	250m<WD<100	800m	2.916
Coastal Area Calabria	From 28.1 to 29.4	100m <WD<15m	300m	0.417
Totale area				11.521

Tabella 1. Corridoio di posa e aree da rilevare.

Il corridoio di indagine con larghezze variabili tra i 300 m e gli 800 m ha una'area complessiva di 11.5 Km². Il rilievo batimetrico ha consentito di coprire comunque con lo stesso dettaglio un'area di circa 30 Km², mentre il rilievo morfologico ha consentito di mappare una superficie di circa 21 km² per cui la fascia globalmente indagata è larga ben oltre gli 800m per tutta la lunghezza del corridoio.



Giugno 2010

Relazione Tecnica Definitiva

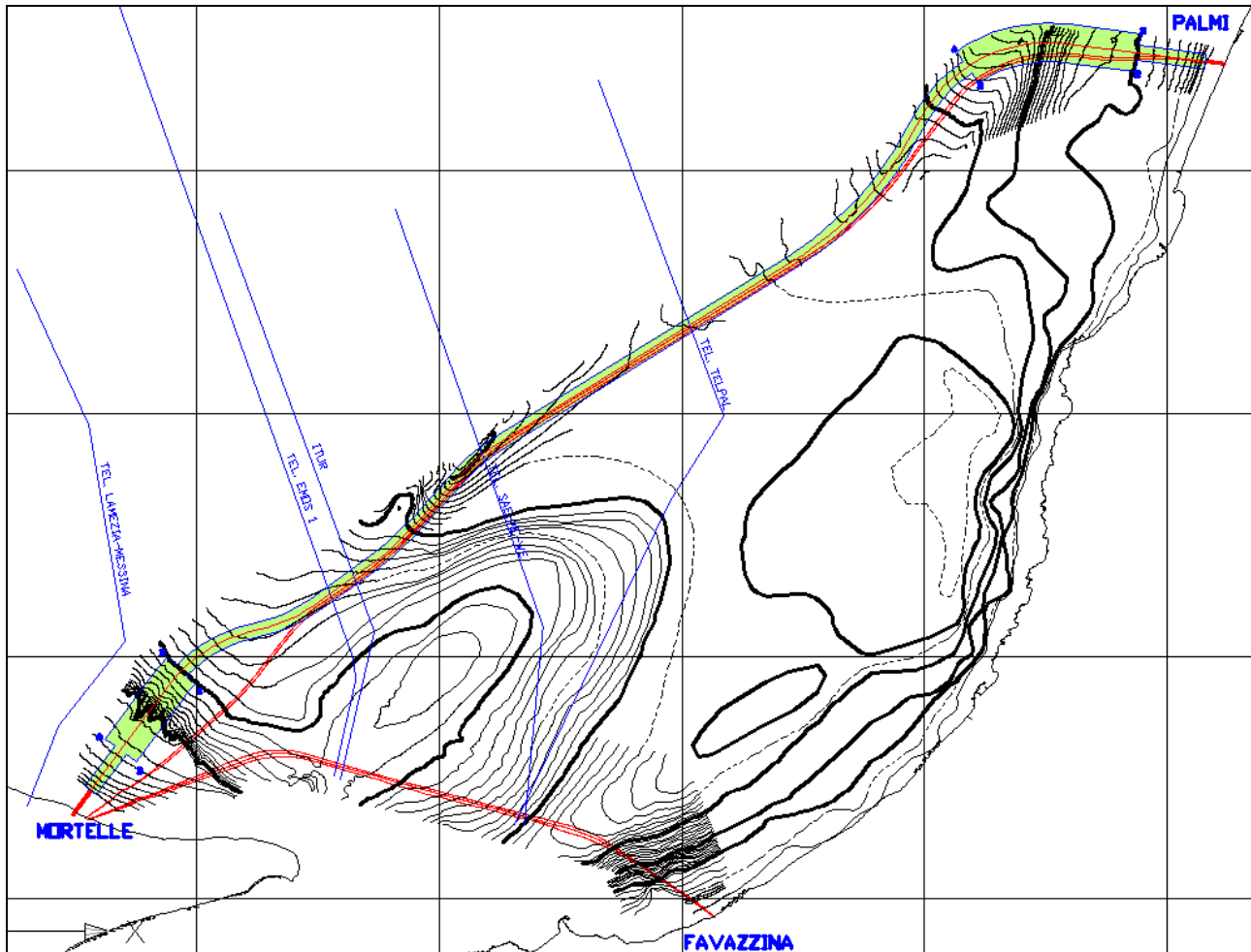


Figura 1. Inquadramento geografico generale dell'area, in blu il corridoio 6 e in rosso le condotte 1,2,3,4,5,6.

2.3 Organizzazione del lavoro

L'attività è stata condotta secondo la seguente sequenza cronologica e metodologica:

- Desktop Study per l'inquadramento geografico, l'individuazione del/i capisaldi di riferimento geodetico di appoggio e la preparazione del piano d'indagine per l'acquisizione dei dati in mare (rotte di navigazione). Tale fase è intercorsa tra l'aggiudicazione della gara e l'invio al Committente delle procedure operative.
- Attività di campo consistita in:
 - mobilitazione dell'imbarcazione e della strumentazione presso il porto di Vibo Marina (VV). Esecuzione delle calibrazioni in porto e in mare;
 - esecuzione del rilievo batimetrico con *Multibeam* installato a murata e stratigrafico con *SubBottom Profiler* trainato dalla poppa;
 - esecuzione del rilievo morfologico con *Side Scan Sonar*;

Giugno 2010

Relazione Tecnica Definitiva

- emissione della cartografia preliminare on-site sulla base dei dati di campo elaborati a bordo;
- **Attività di elaborazione e restituzione dati in ufficio:**
 - elaborazione ed interpretazione dei dati geofisici;
 - predisposizione della cartografia;
 - preparazione del rapporto tecnico finale;
 - invio degli elaborati in veste preliminare per approvazione;
- **Consegna definitiva;**

2.4 Sintesi metodologica

La metodologia adottata per l'indagine è consistita nell'esecuzione di rotte parallele alla rotta base teorica della linea 6 ed equidistanziate tra di loro in modo da ottenere una mappatura completa del fondo con una sovrapposizione dei dati di almeno il 100%. Per una descrizione più approfondita si rimanda al Capitolo 4.

Rilievi Multibeam

Il rilievo multibeam è stato effettuato a ricoprimento totale dell'area in contemporanea al rilievo stratigrafico SBP. Il posizionamento del mezzo navale è stato eseguito con tecnologia satellitare GPS in modalità RTK e con l'ausilio di appropriati software di navigazione, con conseguente misurazione della marea in tempo reale.

Le rotte seguite sono state 3 nelle sezioni di corridoio largo 300m mentre in quelle larghe 800m sono state 5.

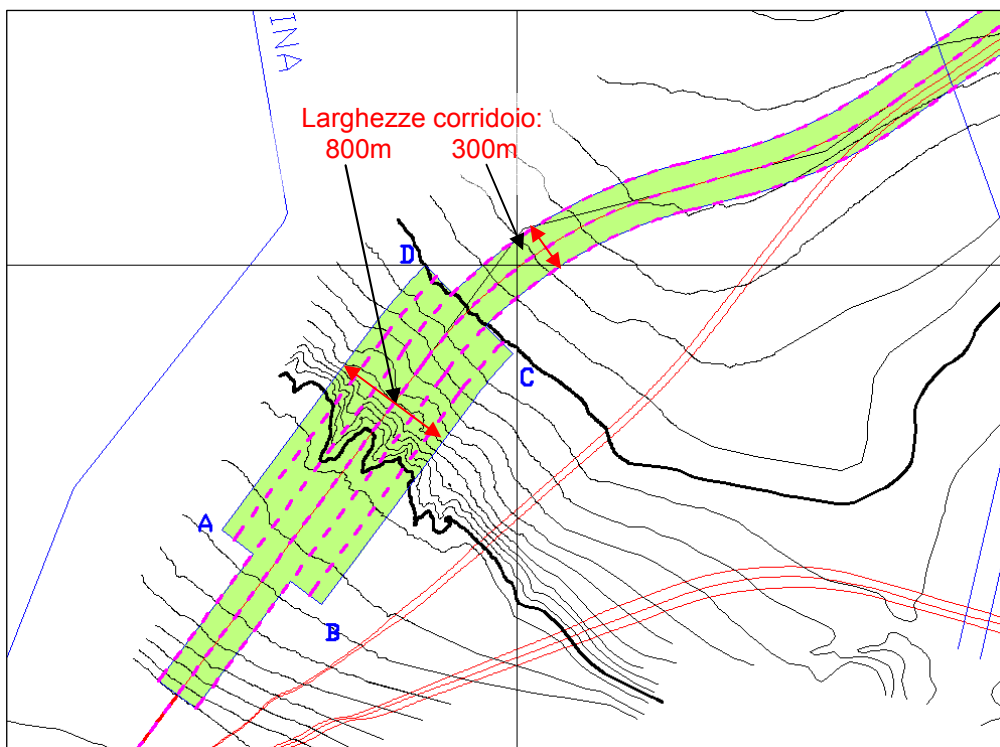


Figura 2. Schema delle rotte Multibeam (in fucsia tratteggiato). La rotta centrale corrispondente alla rotta base, le altre rotte parallele a quest'ultima e distanziate di 150m. L'overlap è maggiore del 100%.

Giugno 2010

Relazione Tecnica Definitiva

Rilievi Side Scan Sonar

Il rilievo morfologico con *Side Scan Sonar* è stato effettuato lungo 4 rotte parallele (più altre 2 nelle sezioni di corridoio da 800m) e tra loro sfalsate di 75m rispetto a quelle del *Multibeam*. Questo schema ha consentito di 'insonificare' la rotta base con la porzione centrale di un canale del SSS evitando quindi che lo stesso ricadesse nella colonna d'acqua. Il range è stato impostato a 150 metri (per lato). L'altezza del towfish è stata mantenuta tra il 10-20% del range quindi entro i 30m dal fondo, questo grazie ai 900m di cavo disponibili che venivano rilasciati o recuperati in funzione della profondità. La sovrapposizione tra due strisciate adiacenti è stata quindi del 100%. La posizione del Towfish è stato misurata con un sistema di posizionamento acustico USBL.

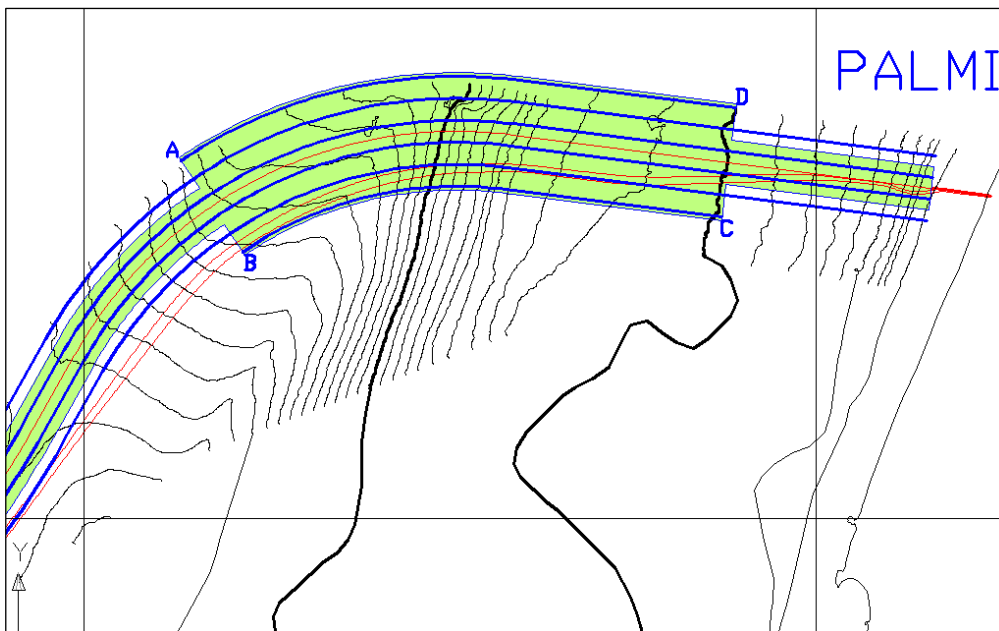


Figura 3. Schema delle rotte Side Scan Sonar (in blu). Le varie rotte sono distanziate di 150m e sfalsate di 75m rispetto alla rotta base. Il range impostato è di 150m e l'overlap del 100%.

Rilievo stratigrafico SBP

Il rilievo con il *SubBottom Profiler* è stato eseguito lungo le stesse rotte del MB e del SSS per un totale di oltre 215 km lineari di rilievo. Lo strumento è stato trainato dalla poppa della nave ad una distanza di circa 25m. La posizione è stata misurata attraverso USBL e anche calcolata col metodo del layback.

Elaborazione dati a bordo

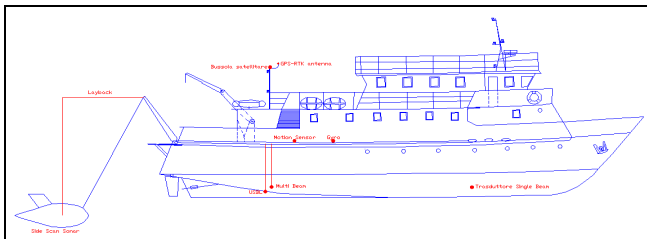
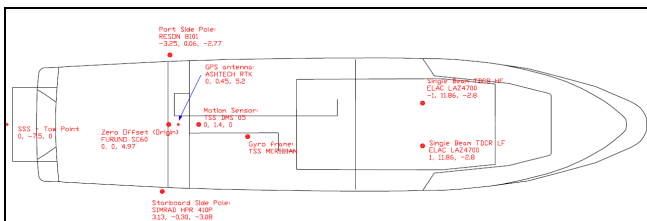
I dati sono stati elaborati con software specifici direttamente a bordo della M/N 'Coopernaut-Franca' con lo scopo di verificare la rotta di posa ed individuare eventuali criticità direttamente on-site. Prima della smobilizzazione è stata redatta una cartografia preliminare consegnata al committente. Il processing definitivo è stato eseguito presso il centro elaborazione dati della Nautilus con l'emissione del presente rapporto tecnico ed i relativi allegati cartografici. Per una descrizione specifica delle metodologie di processing si veda il Capitolo 5.

3 IMBARCAZIONE E STRUMENTAZIONE

3.1 Mezzi impiegati

Imbarcazione (Vessel)

M/N COOPENAUT FRANCA



Caratteristiche generali

Bandiera	italiana
Iscrizione	Vibo Marina N. 27
Classe	navigazione lunga nel Mediterraneo
Stazza lorda	165 ton
Lunghezza ft	29 m
Larghezza ft	6,00 m
Immersione max	2,00 m
Materiale di costruzione	Fe 42
Velocità max	12,0 knts
Velocità min.	1,0 knts
Autonomia operativa	10 giorni
propulsori	2 IVECO Aifo TD 441 CV
generatori	2 GE da 60 kVA, 380 V 1 GE da 5 kVA (emergenza)
bow thruster	Aifo Mannesmann
Gru e portale oleodinamici per alaggio strumentazione	
2 Verricelli oleodinamici con cavi armati coassiale e multipolare	

Strumenti di navigazione

- Giropilota Sperry AP10
- Girobussola Sperry SR 50
- Ricevitore satellitare GPS Garmin 100
- Ricevitore satellitare GPS rayteon 390
- Ricevitore meteofax Alden Marine TR/IV
- Radar Seatrack 1510/4 X (portata 72 miglia)
- Ecoscandaglio Furuno FCV
- Centralina meteo NKE (barometro, termometro, anemometro)
- Radiotelefono Sperry SSB HF RE 2100 400 W
- Radiotelefono Sperry VHF RT 2048
- Solcometro elettromagnetico Ben Phocca
- Bussola magnetica a riflessione Caim
- Cronometro T. Mercier



Giugno 2010

Relazione Tecnica Definitiva

Sistema di Posizionamento (Positioning Systems)

ASHTech Z-XTREME DGPS RTK (BASE + ROVER)



Specifications

- 12 channel all-in-view operation (Full-wavelength carrier on L1 and L2)
- Z-Tracking, Multipath mitigation
- Dual-frequency smoothing for improved code differential
- On The Fly RTK

Performance Figures Static, Rapid Static

- Horizontal: 0.005 m + 1 ppm (0.016ft+1ppm)
- Vertical: 0.010 m + 1 ppm (0.033ft + 1ppm)

Post-Processed Kinematic

- Horizontal: 0.010 m + 1 ppm (0.033ft + 1ppm)
- Vertical: 0.020 m + 1 ppm (0.065ft+1ppm)

Real-Time Code Differential Position

- <1 m (3.28 ft)

Real-Time Z Kinematic Position (Fine Mode)

- Horizontal: 0.010 m + 2 ppm (0.033ft + 2 ppm)
- Vertical: 0.020 m + 2 ppm (0.065ft + 2 ppm)
- Azimuth (arc sec): 0.4 + 2.0/baseline (km)

RTK Occupation Time

- 2 seconds (typical sub-centimeter accuracy with longer occupation time)

Instant-RTK Initialization

- 99.9% reliability, Typically <2 seconds with 6 or more satellites, PDOP <5

RTK Operating Range

- Recommended 10 km (6.21 mi) - Maximum: 40 km (24.85 mi)

Standard Features

- 16 MB PCMCIA removable memory card, NMEA 0183 output, Selectable update rate from 999 sec to 10 Hz, Event marker, Point positioning, 1 PPS timing signal, Session programming

MODEM RADIO UHF

Satellite 3as (by SATEL)

MODEM GSM/GPRS

GenPro 20e (by Erco&Gener)

Ecoscandaglio multi fascio (Multibeam)

RESON SEABAT 7111



Sonar head

- | | |
|--------------------------|-----------------------------------------------|
| Operating Frequency: | 100 kHz (nominal) |
| Depth resolution: | 3 cm |
| Swath Coverage: | 150° |
| Max Range: | 1000 m |
| Number of Beams: | 101, 201 (equi-angle), 301 (equi-distant) |
| Along-Track Beamwidth: | 1.5° (nominal), 3°, 4.5°, 6 (user selectable) |
| Across-Track Beamwidth: | 1.9° (nominal) |
| Pulse length: | 0.08 to 3.048 ms |
| Bottom detection method: | Center of energy and phase-zero-crossing |
| Pitch Stabilization: | ± 10° (motion sensor required) |
| Max. Update Rate: | 20 Hz (ping/sec) |

Sonar Processor

- Windows Based PC with Sonar Data Processing hardware
- Data Uplink: High-speed digital coax with fiber-optic option
- PC Interface: Gigabit Ethernet and RS232C



Nautilus
Società Cooperativa
Servizi per l'Oceanografia
e la Gestione delle Risorse Ambientali

**ESECUZIONE DI UNA CAMPAGNA DI INDAGINI BATIMETRICHE,
GEOMORFOLOGICHE E STRATIGRAFICHE PER LA
REALIZZAZIONE DEL SEA-LINE MESSINA-PALMI DN 650 (26'')**

Giugno 2010

Relazione Tecnica Definitiva



SubBottom profiler

EDGETECH MODEL 670C FULL SPECTRUM CHIRP SUBBOTTOM PROFILER & SIDE SCAN SONAR



Side Scan Sonar Specifications

Frequency: 100 / 400 kHz (simultaneous)
Horizontal Beam Width: 100 kHz = 1.08° or 1.90 m @ 100 m
400 kHz = 0.56° or 0.96 m @ 100 m
Operating Range (maximum): 100 kHz = 25 - 500 meter swath,
400 kHz = 25 - 150 meter swath
Resolution: 6.3 cm (100 kHz) 1.8 cm (400 kHz)
Maximum Operating Depth: 350 meters.

SubBottom Profiler (CHIRP) Specifications

Frequency Band: 2 - 16 kHz
Resolution: 6 - 10 cm
Penetration (in soft sediment) 20 - 40 m

Sonar a Scansione Laterale (SideScan Sonar)

EDGETECH 272TD (Dual frequency) + SONARLINK SL1 interface



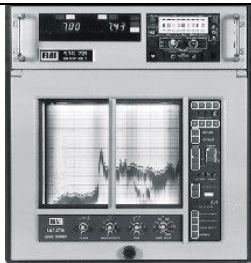
Frequency: 100 kHz (105 ± 10 kHz), 500 kHz (390 ± 20 kHz)
Horizontal Beam Width: 100 kHz - 1.2° (3 dB points),
500 kHz - 0.5° (3 dB points)
Operating Range (maximum): 100 kHz - 500 meter,
500 kHz - 100 meter
Resolution: 0.09m (50m range) to 1.5m (500m range)
Maximum Operating Depth: 1000 meters
Tow Cable Type: 7 conductor
Tow Fish Diameter: 11.4 cm (4.5")
Tow Fish Length: 140 cm (55")
Weight : 25 kg (55 lbs) in air, 12 kg (26 lbs) in water



Tow-Fish Compatibility: Edgetech (EG&G) 272T and 272TD
Signal Outputs: Variable 0-10 Volts
Output to Towfish: High Voltage 750 Volts DC
Trigger Length: 100 kHz - 0.1 ms; 500 kHz - 0.05 ms
Internal Ranges: 50,100,125,150,200,250,300 & 500 m
Gain Controls: Port & Stbd variable independent

Ecoscandaglio single beam (Single beam echosounder)

ELAC LAZ 4700 + STG721 DIGITIZER DOPPIA FREQUENZA



Frequencies: 30 KHz - 200 KHz
Power Supply: 24 Vdc - 55 W
Range: 20-5000m
Resolution: max ± 0.25% or 5 cm of the measuring range
Sounding rate: 451/min - 3.5/min (range-dependent)
Heave or tide adjustment: connection available as standard (1 v/m; max. ± 8 v = ± 8 m)
Sound velocity correction: adjustable in steps of 1 m/s from 1400 to 1599 m/s
Transducer draft correction: adjustable in steps of 1 cm from 0 TO 29.99 M



Nautilus
Società Cooperativa
Servizi per l'Oceanografia
e la Gestione delle Risorse Ambientali

**ESECUZIONE DI UNA CAMPAGNA DI INDAGINI BATIMETRICHE,
GEOMORFOLOGICHE E STRATIGRAFICHE PER LA
REALIZZAZIONE DEL SEA-LINE MESSINA-PALMI DN 650 (26'')**



Giugno 2010
Relazione Tecnica Definitiva

Girobussola (GyroCompass)

TSS – TELEDYNE MERIDIAN SURVEYOR



Specifications

Display type: 360° Compass Card and VFD Display
Settle point: 0.1° secant latitude
Static accuracy: 0.05° RMS secant latitude
Dynamic accuracy: 0.2° secant latitude
Follow up speed: 200°/sec.
Settling time: <40 minutes, to within 0.7°
Latitude Input: Automatic - via RS232 or RS422, NMEA 0183 from GPS or Manual
Speed Input: Automatic - via RS232 or RS422, NMEA 0183 from Log, GPS or manual
Latitude Compensation: 80°N to 80°S
Speed Compensation: 0 - 90 knots
Gimbal Limits: ± 45° Pitch and Roll
Shock: 10g
Mean Time Between Failure 30,000 hours
Service intervals No scheduled maintenance, Calibration recommended every 2 years
Input Voltage 24VDC (18 - 36VDC)

Sensore di moto (Motion Sensor)

TSS DMS 05

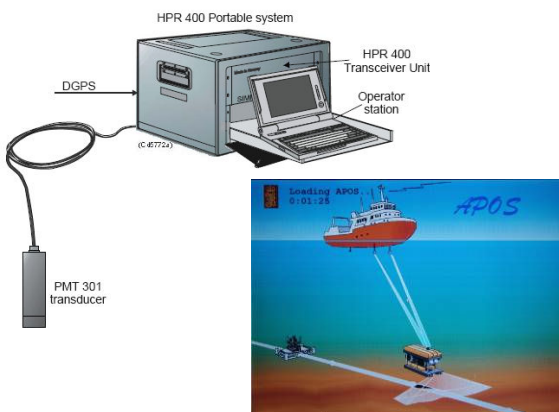


Specifications

Heave accuracy: ± 5cm o 5%
Pitch/Roll accuracy: ± 0.05° dynamic
Range: ± 10 m (heave) - ± 30° (pitch e roll)
Resolution: 1 cm (heave) - 0.01° digital / 0.0003° analog (pitch e roll)
Beamwidth: 0.05 - 10 Hz (heave) - 0 - 10 Hz (pitch e roll)
Speed Input corr.: NMEA 183, TSIP

Posizionamento acustico subacqueo 1 (Acoustic Positioning – SSBL/Super Short Baseline)

SIMRAD HPR400P



Specifications

Frequencies: Medium Frequency (MF) 21,000 Hz - 32,500 Hz
Low Frequency (LF) 9,500 Hz - 15,750 Hz
Mains supply 230 Vac
Transducer type PMT 301
Beam pattern: 160° hemisphere (±80 °)
Accuracy: = 2 % of slant range
Transmission response -173 dB rel 1mPa/W rel 1m
Transponder MST 319/N
Reply Frequency 27 to 32.5 kHz
TX pulse length 10ms
RX bandwidth (-3dB) 20 to 26.5 kHz
Beam width ±90°
Depth rating 1000m



Giugno 2010

Relazione Tecnica Definitiva

Posizionamento acustico subacqueo 2 (Acoustic Positioning – SSBL/Super Short Baseline)

SIMRAD HPR300P



Specifications:

System accuracy better than 2% of slant range
Frequencies: 20 – 26 kHz
Power Output 2 – 80 W
Pulse length 10 msec
Mains supply 230 Vac
Transducer type PMT 301
 Beam pattern: 160° hemisphere (±80 °)
 Accuracy: = 2 % of slant range
 Transmission response -173 dB rel 1mPa/W rel 1m
Transponder MST 319/N
 Reply Frequency 27 to 32.5 kHz
 TX pulse length 10ms
 RX bandwidth (-3dB) 20 to 26.5 kHz
 Beam width ±90°
 Depth rating 1000m

Sonda SVP (Sound Velocity Profiler)

VALEPORT MINI SVP



Specifications

Sound Velocity
 Range: 1375 – 1900 m/s
 Resolution: 0.001 m/s
 Accuracy: ±0.002 m/s
Temperature
 Range: -5°C to +35°C
 Resolution: 0.001°C
 Accuracy: ±0.01°C
Pressure
 Range: 600 Bar (600m)
 Resolution: 0.001 % range
 Accuracy: ±0.05 % range
Sampling Modes: Continuous or Profile

Girobussola 2 (GyroCompass)

FURUNO SC-60



Features

- Maintenance free, No influence by geomagnetism, No need for speed correction
- Tri-antenna system reduces effect of pitching, rolling and yawing
- Heading accuracy complying with IMO MSC.116(73) as a THD
- Excellent follow-up rate of 25°/s exceeding requirements of high speed craft (20°/s)
- Provides GPS positioning

Specification

- Heading: ±1.0° (95 % static accuracy) (IMO THD MSC.116(73))
- Static accuracy: ±1.0° x secant Lat.)
- Follow-up 25°/s rate-of-turn
- Settling time 3 min
- Heading Output: 3 ports AD-10 or IEC 61162-1, 1 port: NMEA 0183 (Ver 1.5/2.0)
- COG, SOG, L/L Output: 1 port IEC 61162-1, 1 port: NMEA 0183 including attitude
- Log Output 1 port: 200/400 p/nm (closure)
- Alarm Output 1 port: Alarm signal (closure signal)

3.2 Mobilitazione

La mobilitazione della strumentazione è avvenuta nel porto di Vibo Marina (VV) nel periodo 12-14 aprile 2010. Alle 13.00 del 14 aprile la “Coopernaut-Franca” si è trasferita dal porto di Vibo Marina verso l’area lavori dove ha proceduto alla calibrazione del *Multibeam* nella zona della secca di Capo Vaticano. Dopo la calibrazione è iniziato il rilievo lungo il corridoio Palmi-Mortelle.

3.2.1 Installazione strumentazione sulla nave

GPS Positioning System: ASHTECH Z-XTREME

L’antenna geodetica doppia frequenza del GPS ASHTECH è stata fissata su apposito supporto sulla verticale del centro di riferimento geometrico della nave.

Posizionamento acustico USBL: SIMARD HPR 400P (HPR 300P)

Il trasduttore del sistema è stato installato a palo, sul lato destro della nave, su apposito supporto fisso che una volta calibrato consente lo smontaggio e il montaggio rapido senza necessità di ricalibrazione durante la stessa campagna. Durante la campagna è stato necessario sostituire il sistema con uno simile e che utilizza lo stesso trasduttore, il modello SIMRAD HPR 300P, a causa di un guasto sul primo sistema. Tutta la fase del rilievo Side Scan Sonar è stata effettuata con il modello HPR 300 P che è stato preventivamente calibrato presso l’approdo di Palmi (si veda il paragrafo 3.3.1.3)

Multibeam: RESON SEABAT 7111

Il Multibeam è stato installato in porto su apposito palo fisso sulla fiancata sinistra della nave ed è rimasto montato per tutta la fase del rilievo batimetrico. La calibrazione è stata effettuata prima dell’inizio dei rilievi presso la secca di Capo Vaticano su un pendio di profondità variabile tra i -100m e i -230m (si veda il paragrafo 3.3.1.2).

Girobussola e sensore di moto: TSS Meridian Surveyor e TSS DMS 05

La girobussola risulta fissa sulla nave nella *survey room*, su apposita piastra, pre-allineata all’asse prua-poppa. Il sensore di moto è anch’esso installato fisso sulla nave sull’asse prua-poppa pressoché sulla verticale al di sotto dell’antenna GPS, tale da minimizzare gli offset rispetto a GPS, multibeam e USBL. L’installazione non necessita, di per se, calibrazioni aggiuntive quanto piuttosto una verifica dell’allineamento. Tale verifica è stata effettuata all’interno della procedura di calibrazione del *Multibeam*.

SubBottom Profiler: EDGETECH SUBSCAN 670c

Il sistema integrato SSSS/SBP è stato trainato da poppa attraverso il verricello idraulico della nave, dotato di cavo

Giugno 2010

Relazione Tecnica Definitiva

coassiale a doppia armatura. Il sistema è dotato di puleggia contametri digitale con rilevazione del cavo filato in mare e display di lettura sia per l'operatore di poppa, sia in sala survey, sia interfacciato col sistema di navigazione per registrazione e calcolo del layback. Il Towfish è stato inoltre dotato di Trasponder per il posizionamento acustico tramite USBL.

3.2.2 Offset di installazione

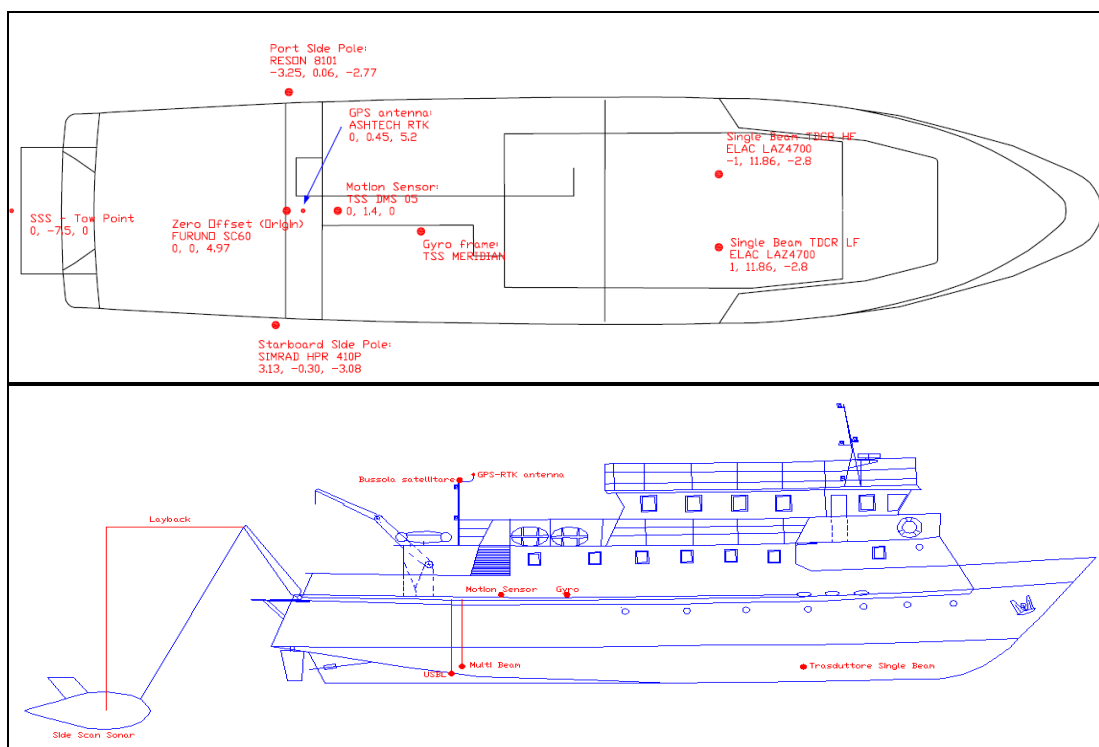


Figura 4. Geometria della nave oceanografica "Coopernaut-Franca" con la posizione (offset) dei vari sensori.

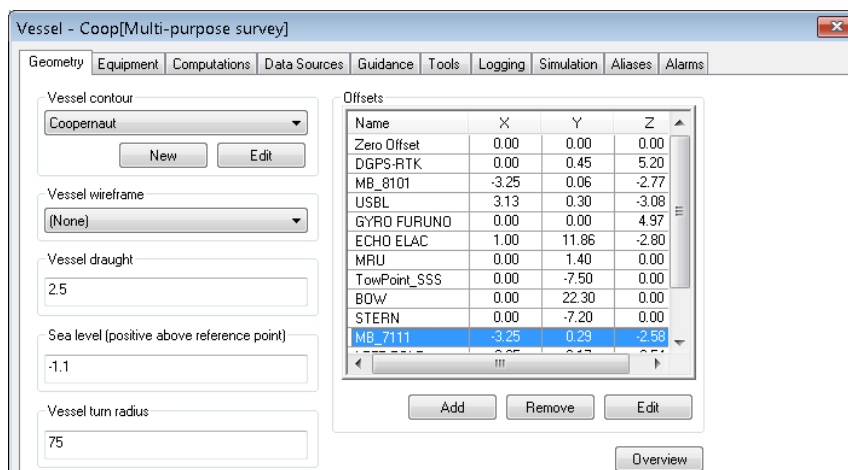


Figura 5. Finestra degli offset nel Software di acquisizione dati PDS2000 (Reson BV®)

3.2.3 Schema Strumenti

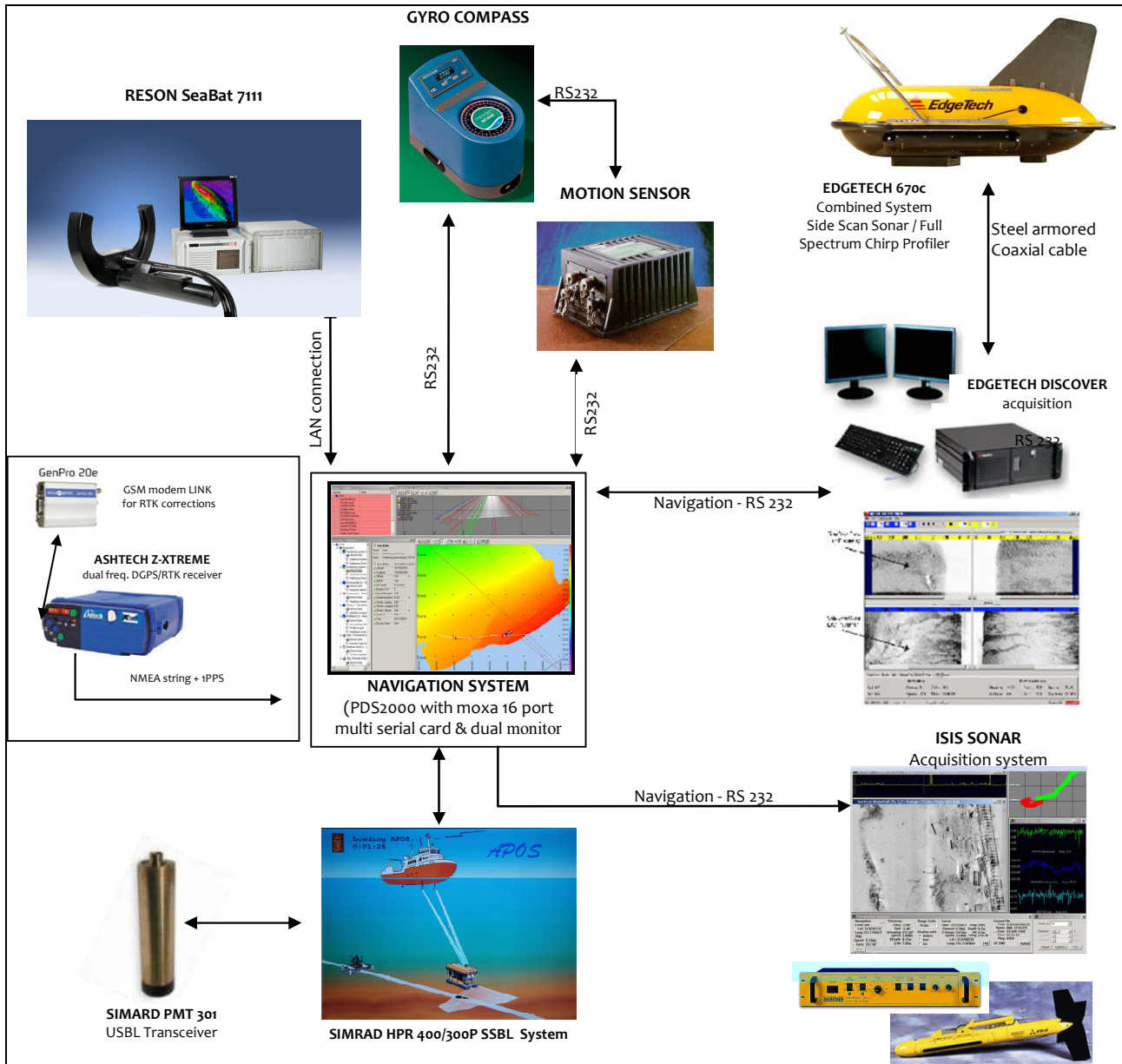


Figura 6. Schema logico dei collegamenti tra i vari strumenti

 <p>Nautilus Società Cooperativa Servizi per l'Oceanografia e la Gestione delle Risorse Ambientali</p>	<p>ESECUZIONE DI UNA CAMPAGNA DI INDAGINI BATIMETRICHE, GEOMORFOLOGICHE E STRATIGRAFICHE PER LA REALIZZAZIONE DEL SEA-LINE MESSINA-PALMI DN 650 (26'')</p> <p>Giugno 2010</p> <p>Relazione Tecnica Definitiva</p>	 
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

3.2.4 Software di acquisizione ed elaborazione dati a bordo

I Software utilizzati per l'acquisizione dati sono stati quelli indicati nei documenti di gara e accettati dal committente, in particolare:

- Sistema di Navigazione: **PDS2000** (Reson BV®), dotato di scheda multi seriale MOXA a 16 porte RS232.
- Sistema di Acquisizione dati MB: **PDS2000** (Reson BV®).
- Sistema di acquisizione dati Sub Bottom Profiler: **Discover** (Edgetech®).
- Sistema di acquisizione dati Side Scan Sonar: **Isis Sonar** (Triton-Imaging®).
- Software di gestione sistema di posizionamento acustico: **APOS** (Kongsberg®).
- Elaborazione sonogrammi SSS e creazione mosaico: **CODA GeoSurvey 3.8.7** (CodaOctopus Ltd®).
- Software di elaborazione dati multibeam: **PDS2000** (Reson BV®) con 3D swath editor.
- Software trattamento datum e trasformazioni geodetiche: **VERTO 3K** (IGMI®).
- Elaborazione e Restituzione cartografica: **Surfer 9** (Golden Software Inc.®) **AutocadMap 2009** (Autodesk®).

3.3 Calibrazioni e Sea Trials

Prima di iniziare il rilievo, in fase di mobilitazione, sono stati eseguiti tutti i test di funzionamento dei singoli strumenti, dell'interfacciamento e le corrette comunicazioni logiche tra i vari dispositivi. Tali verifiche sono state effettuate su: Girobussola, GPS, Sensore di moto, Multibeam, Posizionamento acustico (USBL), Sonar (SSS/SBP), in area lavori invece è stato calibrato il *Multibeam* e il posizionamento acustico.

3.3.1 Calibrazione strumentazione

3.3.1.1 Girobussola

La girobussola, come già detto, risulta installata su apposita piastra presente sulla M/N 'Coopernaut-Franca' preallineata in fase di realizzazione all'asse prua-poppa. Tale sistemazione evita di effettuare la procedura di calibrazione dello strumento ex-novo. In ogni caso la procedura di calibrazione del *Multibeam*, nel determinare gli offset angolari di quest'ultimo, ingloba in tali correzioni eventuali piccoli disallineamenti che potrebbero essere sopravvenuti nella Gyro.

3.3.1.2 Multibeam.

Premesso che il *Multibeam* è uno dei sistemi più avanzati per le indagini idrografiche ed assicura una risoluzione ed una copertura nettamente superiore a qualsiasi altra metodica precedente, occorre precisare che tale incremento di prestazioni necessita un grandissimo controllo su tutti i parametri ed una precisa calibrazioni dei vari strumenti affinché ogni *sounding* sia registrato alla corretta posizione sul fondo del mare (georiferito). Questo geo-

posizionamento è ottenuto dalla combinazione di vari strumenti che lavorano strettamente interconnessi e gestiti dal software di acquisizione dati. Questi sono: il sistema di posizionamento GPS differenziale (DGPS) in questo caso, come noto, è stato usato un sistema RTK (*Real Time Kinematic*) dotato di precisione centimetrica; Il sensore di moto *heave-pitch-roll* e la girobussola. In aggiunta è fondamentale la sincronizzazione temporale di tutte queste componenti. Per queste ragioni si parla di accuratezza totale del sistema e non solo delle singole componenti. Questo controllo globale di qualità necessita di una accurata installazione fisica (scelta della posizione degli strumenti e accurata misura degli offset) e da una procedura di calibrazione sul campo con l'acquisizione di dati empirici da validare.

Sorgenti d'errore. Innanzitutto sono state individuate le possibili sorgenti di errore (sistematici o dinamici) che influenzano la precisione dei dati multibeam. Queste sono:

- *Offset lineari dei sensori.* Sono le distanze tra i sensori e il centro di riferimento della nave e l'immersione del traduttore (*transducer draft*) sotto la superficie del mare. MISURATI DURANTE L'INSTALLAZIONE.
- *Offset angolari dei sensori.* Sono gli angoli con cui i sensori sono installati tra di loro e rispetto al piano di riferimento nave. VENGONO CALCOLATI CON LA CALIBRAZIONE
- *Ritardo temporale tra il sistema di posizionamento e gli altri sensori.* Deve essere determinato con accuratezza e compensato dal software di acquisizione dati. VIENE CALCOLATO CON LA CALIBRAZIONE O CON IL SEGNALE 1PPS (1 Pulse per Second) DEL GPS
- *Misure di velocità del suono.* E' la velocità di propagazione delle onde acustiche nella colonna d'acqua, ed è fondamentale per il corretto calcolo delle profondità. VIENE MISURATA CON LA SONDA SVP .
- *Accelerazioni angolari e lineari del sensore di moto e della girobussola.* Queste misure sono fondamentali per compensare gli errori di misura dei sensori durante le virate e le accelerazioni e garantire quindi qualità dei dati di rollio, beccheggio e direzione. VENGONO CORRETTE DAI SENSORI STESSI QUANDO SONO OPPORTUNAMENTE INTERFACCIATI TRA DI LORO E CON IL GPS.

Patch Test. La calibrazione vera e propria del Multibeam è stata condotta secondo le procedure e le raccomandazioni della RESON e descritte nel manuale del software PDS2000, per determinare gli offset angolari di installazione tra il trasduttore MB, del sensore di moto e della girobussola. Oltre a tali valori la calibrazione verifica anche il ritardo (*time delay* o *latency*) del sistema di posizionamento DGPS che di solito è dinamica.

In questo caso, poiché si è utilizzato un sistema RTK provvisto di segnale 1PPS (*one pulse per second*), la latenza è stata misurata in tempo reale dal software di navigazione che sincronizza l'orologio del PC di acquisizione con l'orario GPS e misura, quindi, ad ogni dato in arrivo, il ritardo tra l'orario indicato nella stringa e il tempo PC/GPS.

L'efficacia della calibrazione è funzione della qualità del target usato sul fondo. Esso deve essere il più possibile definito e riconoscibile per forma e dimensione, tale può essere un pendio (*'slope'*), un gradino (*'ridge'*), una depressione, un affioramento roccioso ecc.

La zona prescelta per la calibrazione è stata un pendio situato presso la secca di Capo Vaticano, esso è particolarmente indicato in quanto varia tra i -80 e i -230m di profondità (quindi più della metà delle profondità massime oggetto di indagine) e presenta un affioramento roccioso ben marcato sulla sommità.

Giugno 2010

Relazione Tecnica Definitiva

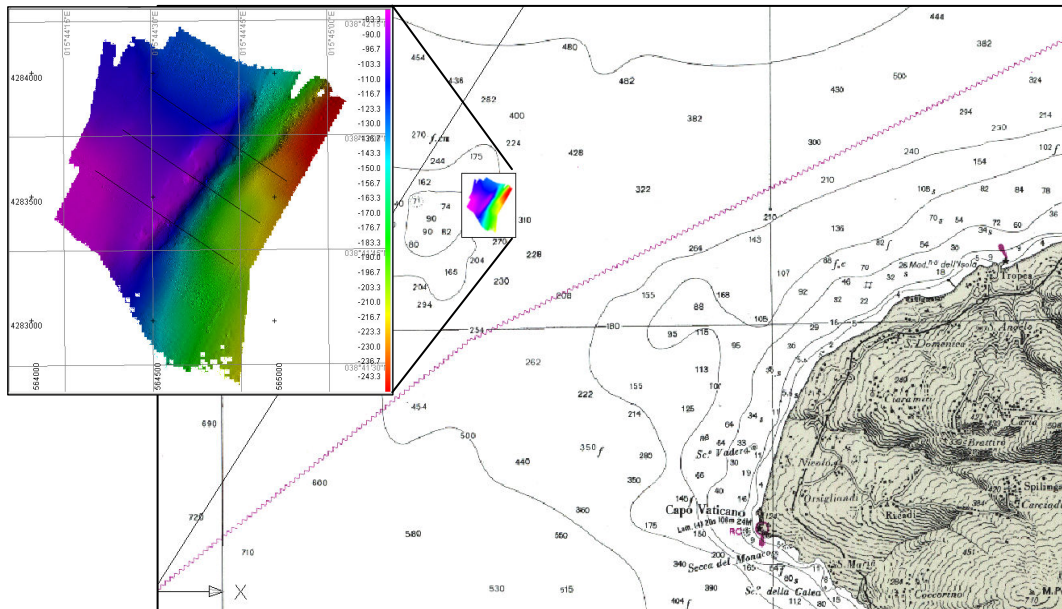


Figura 7. Ubicazione del sito di Calibrazione multibeam al largo di Capo Vaticano

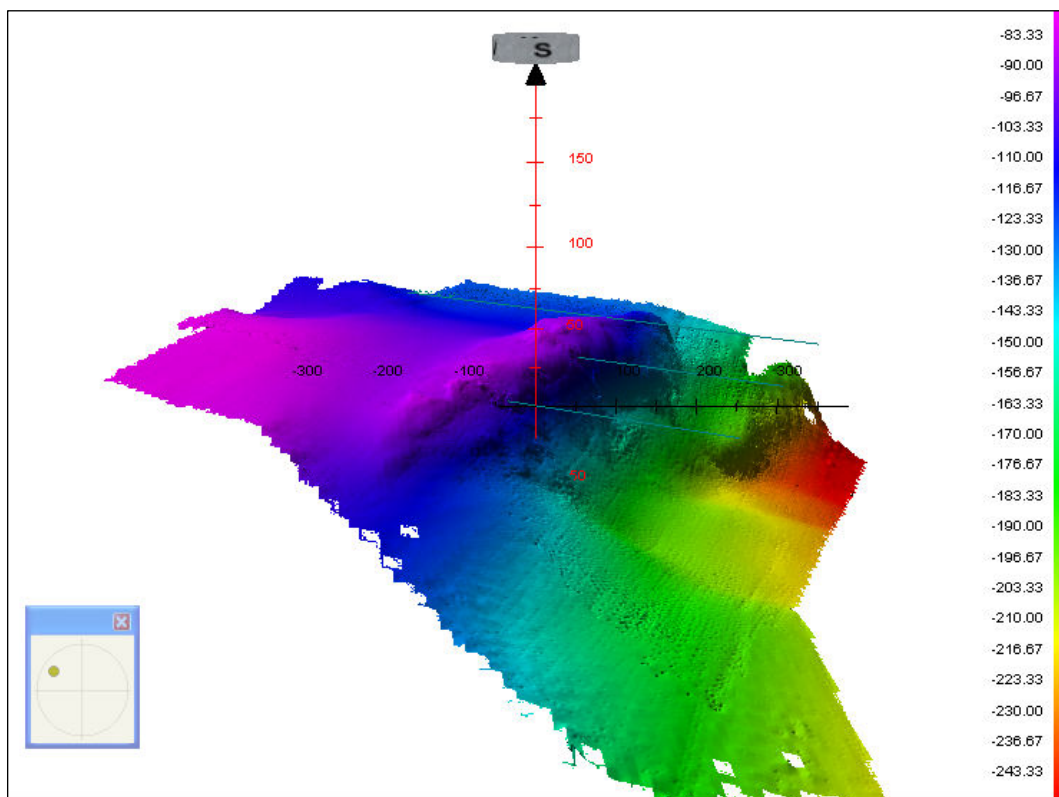


Figura 8. Modello 3D del terreno nel sito di calibrazione con in evidenza il pendio con l'affioramento roccioso utilizzato come target e le relative linee di calibrazione in overlay.

La procedura prevede di effettuare sul target un certo numero di linee in direzione opposta e parallela così come di seguito specificato:

Latency

2 linee coincidenti navigate sul target nella stessa direzione a velocità molto diverse (minima e massima)

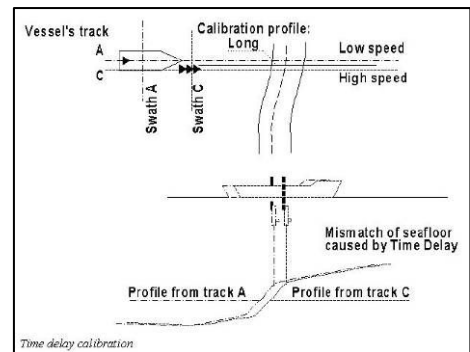
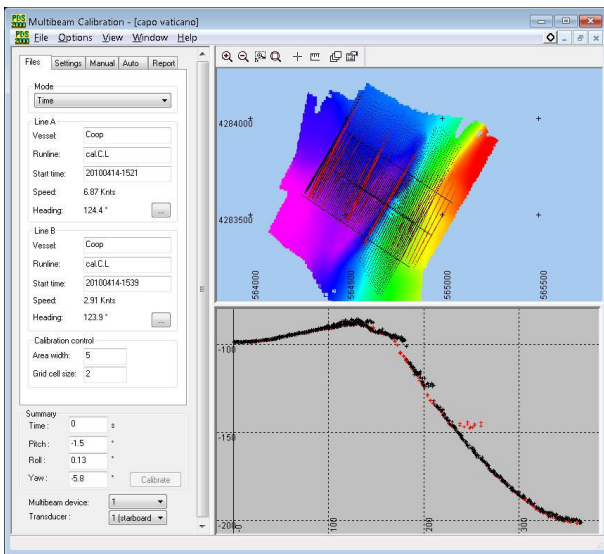


Figura 9. Time calibration = 0 sec

il risultato della calibrazione di latenza conferma che non vi è alcun ritardo 'sistemico' residuo infatti il sistema è sincronizzato dinamicamente con l'orologio GPS tramite il segnale 1PPS.

Pitch

2 linee coincidenti navigate in direzione opposta sul target alla velocità normale di rilievo (2-3 nodi).

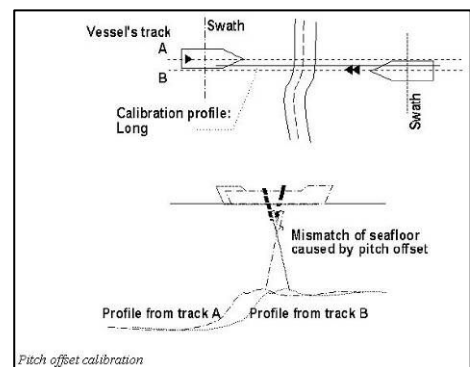
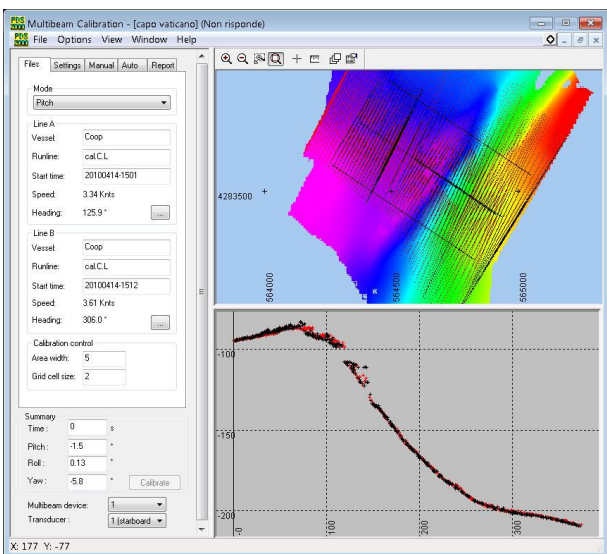


Figura 10. Pitch calibration = -1.50°

PDS2000, risultato della calibrazione del Pitch.

Roll

2 linee coincidenti navigate in direzione opposta su fondo piatto alla velocità media di rilievo (2-3 nodi).

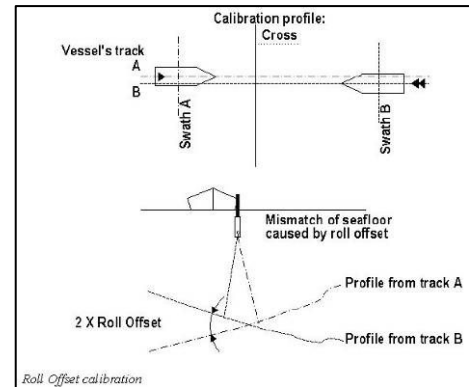
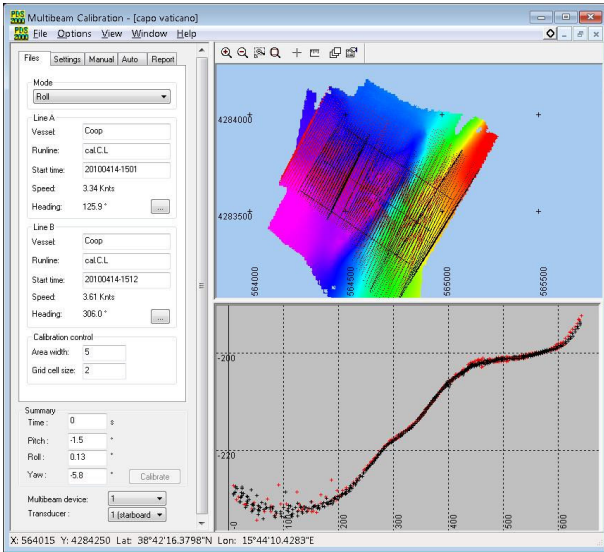


Figura 11. Roll calibration = 0.13°
 PDS2000, risultato della calibrazione del roll.

Heading (Yaw)

2 linee navigate nella stessa direzione (eventualmente opposta) ma disposte parallelamente ad una distanza proporzionale alla copertura laterale (swath), alla velocità media di rilievo (3-4 nodi).

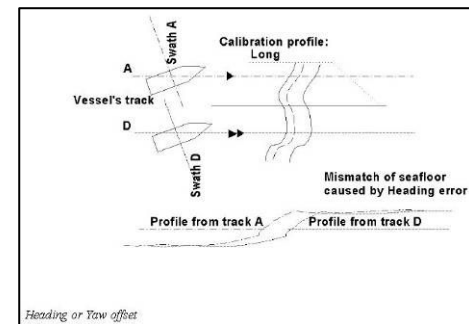
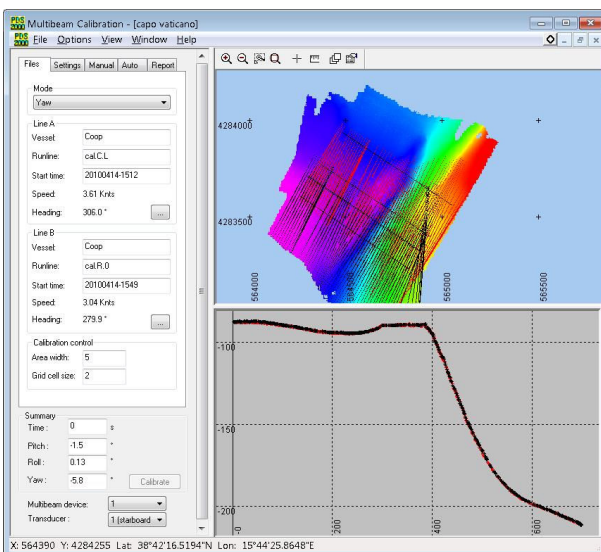
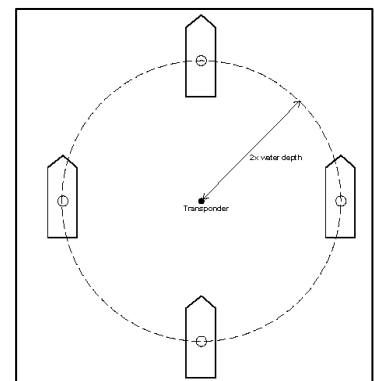


Figura 12. Heading calibration = -5.8°
 PDS2000, risultato della calibrazione di heading*.
 *Tale valore complessivo comprende anche eventuali disallineamenti residui della gyro.

3-3.1.3 Posizionamento acustico USBL

Come già spiegato il trasduttore del sistema USBL è stato installato su un palo dedicato che è stato realizzato minimizzando gli offset angolari di installazione.

Il sistema è stato oggetto di un test statico in porto a Vibo Marina e poi calibrato in mare nei pressi dell'approdo di Palmi. La procedura utilizzata è conosciuta come "CIRCLE CALIBRATION" ed è uno degli schemi standard di calibrazione tra i più raccomandati. Questa procedura è inoltre descritta nel manuale del software PDS2000 e prevede di posare sul fondo marino ad una profondità di circa 50m un *transponder* e poi di stazionare con la nave ai 4 punti cardinali attorno ad un cerchio centrato sulla posizione del *Transponder* ed avente raggio 2 volte circa la profondità. La nave, durante ogni stazionamento deve mantenere la stessa direzione e registrare una sessione di dati di almeno 200 fix.



Terminata questa fase di acquisizione dati lo specifico modulo del PDS2000 effettua una iterazione ai minimi quadrati per determinare le correzioni di: *Roll*, *Pitch*, *Heading* e fattore di scala.

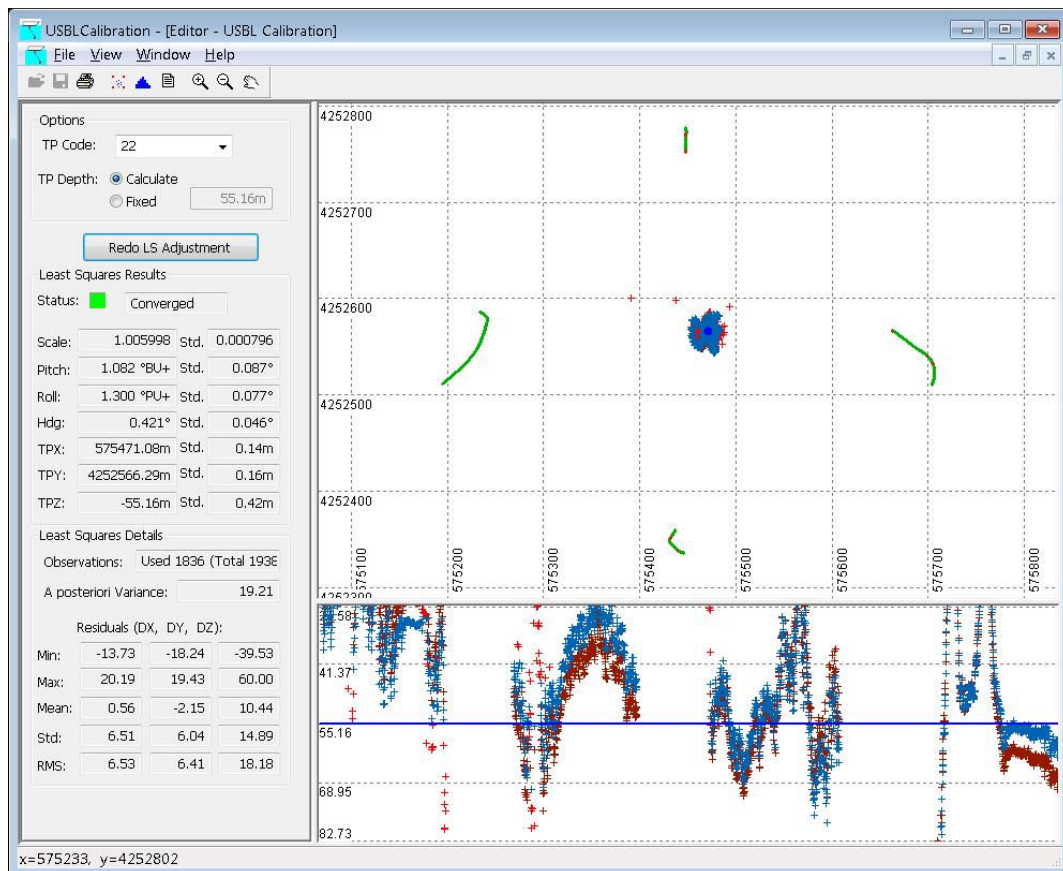


Figura 13. Modulo di calibrazione USBL con i risultati grafici e numerici.

Giugno 2010

Relazione Tecnica Definitiva

Risultati

USBL Calibration Report					
Transponder Coordinates (Unit: m)					
TP Code:	22				
Northing:	4252566.29	Std. Dev.:	0.16		
Easting:	575471.08	Std. Dev.:	0.14		
Depth:	55.16	Std. Dev.:	0.42		
Calibration Results (Corrections)					
Scale:	1.005998	Std. Dev.:	0.001		
Roll:	1.300184°PU+	Std. Dev.:	0.077°		
Pitch:	1.081677°BU+	Std. Dev.:	0.087°		
Heading:	0.420914°	Std. Dev.:	0.046°		
Least-Squares Details:					
Depth Mode:	Depth Calculate				
Observations:	Total(646); Used(612)				
A posteriori Variance:	19.211				
USBL Data Residuals (Unit: m)					
Value	Min	Max	Mean	Std. dev.	RMS
Res (DX)	-13.73	20.19	0.56	6.51	6.53
Res (DY)	-18.24	19.43	-2.15	6.04	6.41
Res (DZ)	-39.53	60.00	10.44	14.89	18.18

Tabella 2. Report di calibrazione USBL

3.3.1.4 Velocità del suono (SVP)

Il profilo di velocità del suono è stato registrato sia per le calibrazioni che per ogni giorno di attività.

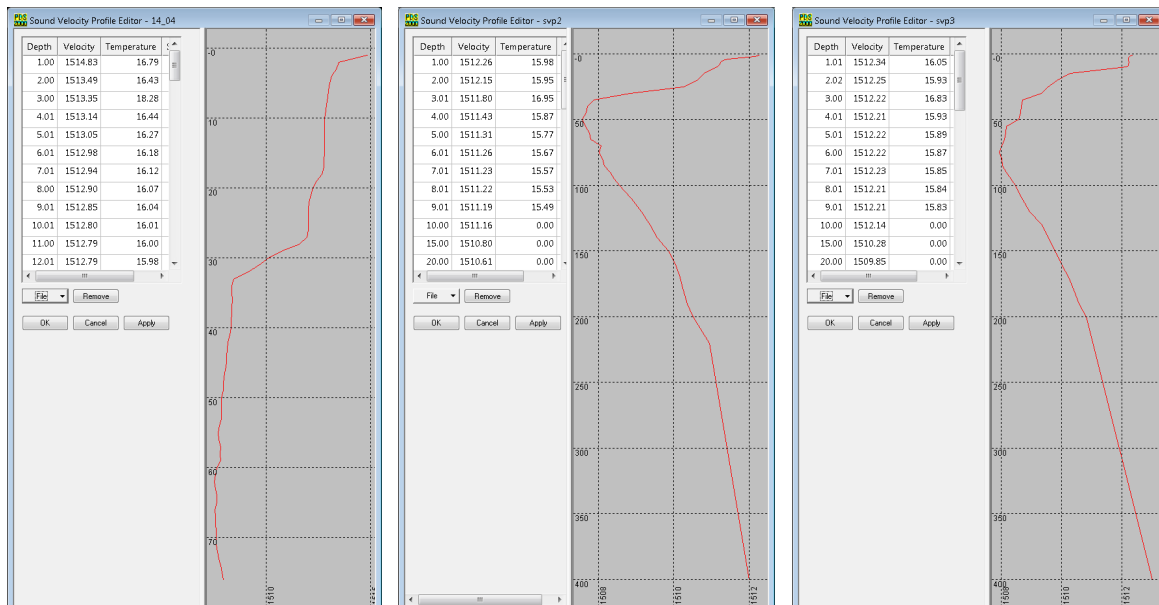


Figura 14. Profili di velocità del suono utilizzati per le calibrazioni (sx) e i rilievi (centro e dx).

4 METODOLOGIA DI ACQUISIZIONE DATI

4.1 Generalità

I rilievi geofisici sono stati effettuati secondo la specifica tecnica prevista dal Committente e le procedure operative concordate tenendo conto degli scopi del lavoro già indicati nei Capitoli 1 e 2.

La metodologia d'indagine prevedeva una serie di rotte parallele alla rotta base teorica di posa della linea 6. In particolare per l'indagine batimetrica sono state eseguite 3 rotte principali, più 2 aggiuntive nelle sezioni di corridoio larghe 800m, l'indagine morfologica con *Side Scan Sonar* ha previsto l'esecuzione di 4 linee principali, più altre 2 nelle sezioni più larghe. Per l'indagine stratigrafica sono state acquisiti i dati SBP sia sulle linee *Multibeam* che su quelle SSS. Il tutto è sintetizzato nella tabella seguente.

Area	Kp (km)	Depth Range (m)	Corridor width (m)	SBP lines	SSS lines	MB lines
Coastal Area Sicily	from 0.6 to 1.5	15m <WD<80m	300m	7	4	3
Slope Sicily	from 1.5 to 3.7	80m<WD<200m	800m	9	6	5
Deep Area	from 3.7 to 24.5	Up to 400m	300m	7	4	3
Slope Calabria	from 24.5 to 28.1	250m<WD<100	800m	9	6	5
Coastal Area Calabria	From 28.1 to 29.4	100m <WD<15m	300m	7	4	3

Tabella 3. Caratteristiche del corridoio di posa, quantità di lavoro effettuate in termini di linee di navigazione acquisite.

4.2 Datum di riferimento geografico

4.2.1 Posizionamento di superficie

Il posizionamento è stato ottenuto con l'utilizzo di un ricevitore GPS RTK doppia frequenza collegato con la stazione base tramite modem GSM. La stazione base è stata posta su un caposaldo precedentemente realizzato a Favazzina tramite triangolazione dai due capisaldi IGMI di Reggio Calabria (254806 - Ist. Tecnico. RIGHI) e di Scilla (254801 - Porticello) in modalità di registrazione statica con sessioni di 1 ora ciascuna (vedi Figura 15 e Tabella 4).

Il Datum geografico di riferimento utilizzato è stato, come da richiesta, il sistema WGS84 con proiezione UTM nel fuso di appartenenza 33, avente i seguenti parametri:

- Datum: WGS84
- Ellissoide: WGS84
- Semiasse maggiore: 6378137 m
- Schiacciamento: 1/ 298.2572235693
- Proiezione: Universale Trasversa di Mercatore (U.T.M.) fuso 33
- Meridiano centrale: 15°00'00" Est
- Falso Est: 500.000 m
- Falso Nord: 0
- Fattore di scala: 0.9996

4.2.2 Riferimento altimetrico

Il riferimento altimetrico è stato ricavato attraverso l'utilizzo della metodologia di rilievo cinematico GPS-RTK che, avendo precisione plano-altimetrica di pochi centimetri, consente una misura dell'altezza dell'antenna sull'ellissoide di precisione tale (3-4cm) da rilevare l'altezza di marea in tempo reale. La riduzione delle quote ellissoidiche acquisite in tempo reale a quelle geoidiche è stata ottenuta in post-processing attraverso l'applicazione del geoide locale calcolato con il software VERTO 3K dell'istituto Geografico Militare (IGMI). Il geoide usato è la versione 2005 del modello ITALGEO ricadente nei grigliati di trasformazione IGMI al 50.000: 588.gk2 – Villa S. Giovanni e 589.gk2 – Palmi.



Figura 15. Triangolazione usata per il caposaldo di Favazzina, a partire dai due capisaldi IGM di Reggio Calabria e Scilla-Porticello.

FILLNET - Ashtech Network Adjustment Package

Copyright © 2002 Thales Navigation. All rights reserved.

Site Positions

Horizontal Coordinate System: World Geodetic Sys. 1984 Date: 11/24/09
 Height System: Ellips. Ht. Project file: snam2.spr
 Desired Horizontal Accuracy: 0,020m + 1ppm
 Desired Vertical Accuracy: 0,040m + 2ppm
 Confidence Level: 95% Err.
 Linear Units of Measure: Meters

Site ID	Site Descriptor	Position	95% Error	Fix Status	Position Status
1	FAV1	Lat. 38° 15' 35,09678" N	0,004		Adjusted
		Lon. 15° 45' 24,29178" E	0,005		
		Elv. 53,833	0,006		
2	IGM0	Lat. 38° 06' 30,15060" N	0,000	Fixed	Adjusted
		Lon. 15° 39' 03,52540" E	0,000	Fixed	
		Elv. 138,325	0,000	Fixed	
3	IGM1	Lat. 38° 14' 42,04810" N	0,000	Fixed	Adjusted
		Lon. 15° 40' 50,68610" E	0,000	Fixed	
		Elv. 156,182	0,000	Fixed	

Site ID	Site Descriptor	Elevation Factor
1	FAV1	0,99999155
2	IGM0	0,99997830
3	IGM1	0,99997549

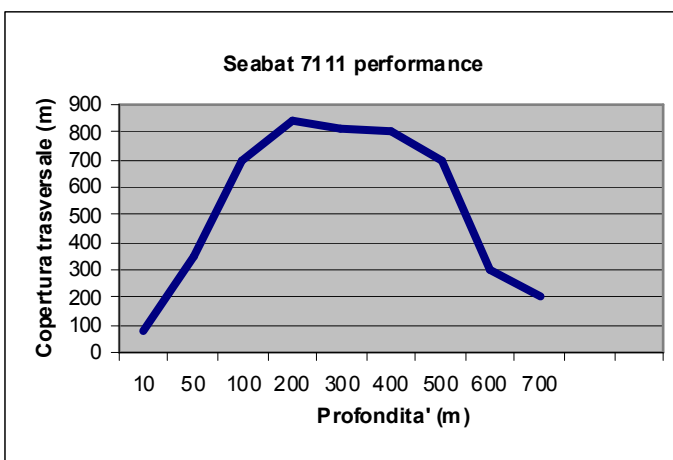
Tabella 4. Report di elaborazione del rilievo GPS statico del caposaldo di Favazzina.

Giugno 2010

Relazione Tecnica Definitiva

4.3 Multibeam

Come già specificato per il rilievo batimetrico sono state effettuate 3 rotte principali (*Center Line, Left.0 e Right.0*) più due aggiuntive nelle sezioni di 800m (*Left.1 e Right.1*). In base alle caratteristiche di copertura del Multibeam (Figura 16) le tre rotte pianificate hanno consentito di coprire, con il dettaglio richiesto nella specifica, una fascia di fondale più ampio del previsto e pari a poco oltre 800m per quasi tutto il tracciato (Figura 17).



Bottom Depth (m)	Swath Width in Meters
0.5 to 150	Up to 1110 (7.4 x water depth)
200	840 (4.2 x water depth)
300	810 (2.7 x water depth)
400	800 (2.0 x water depth)
500	500 (1.0 x water depth)
600	300 (0.5 x water depth)

Figura 16. Grafico e Tabella della copertura del multibeam Reson 7111 in funzione della profondità

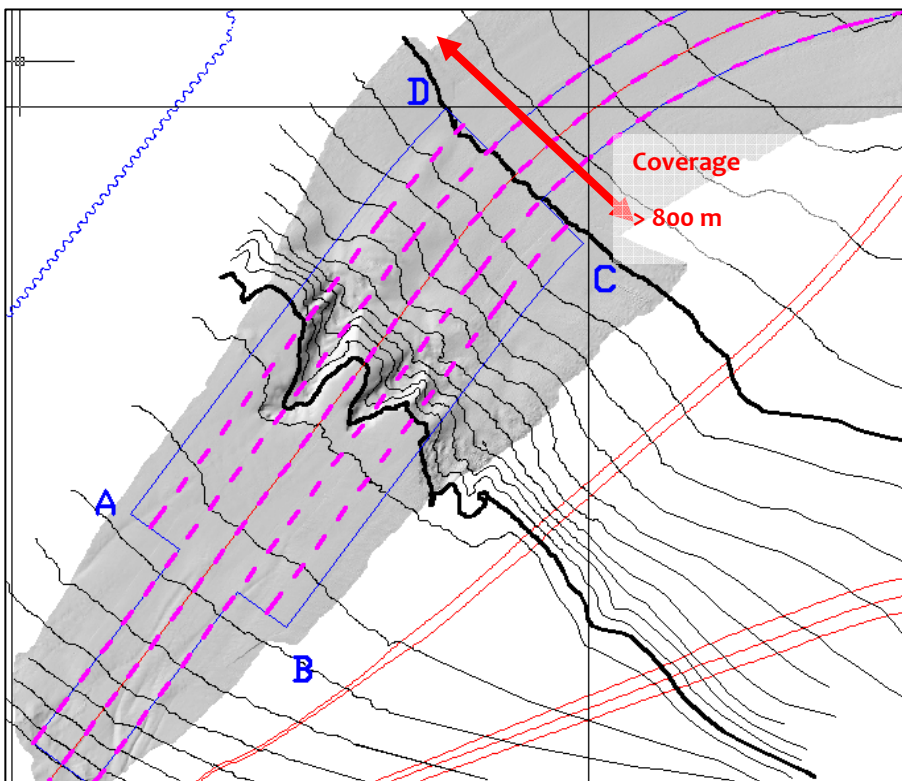


Figura 17. Schema delle rotte Multibeam (in fucsia tratteggiato). La rotta centrale corrispondente alla rotta base, le altre rotte parallele a quest'ultima e distanziate di 150m. La copertura (coverage) della singola rotta è sempre maggiore di 400m per cui l'overlap tra le linee è maggiore del 100%. Sullo sfondo è visibile la copertura totale multibeam (shaded relief map).

Giugno 2010

Relazione Tecnica Definitiva

4.4 Side Scan Sonar

Il rilievo Side Scan Sonar è stato fatto dopo quello batimetrico Multibeam e su linee diverse. Sono state progettate 4 linee parallele alla rotta base, sfalsate rispetto a questa di 75m e aventi interlinea di 150m. Il range di lavoro è stato anch'esso impostato a 150m. Ulteriori linee sono state aggiunte verso l'esterno nelle sezioni di corridoio larghe 800m. Questa impostazione ha garantito che la rotta base venisse coperta con la porzione centrale del canale acustico sinistro del SSS, cioè il lobo acustico ha 'insonificato' la fascia di fondo interessata dalla rotta base con la geometria migliore possibile (vedi Figura 18). Il range utilizzato (150m) e la distanza tra due rotte contigue (150m) ha garantito un sovrapposizione (overlap) del 100%.

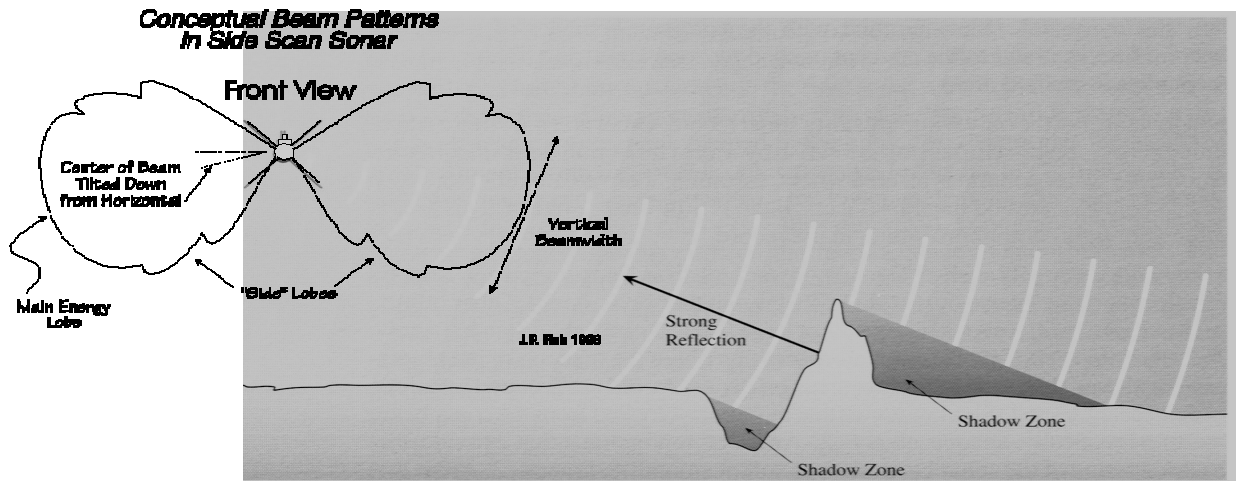


Figura 18. Forma del lobo acustico e geometria delle riflessioni dei target (da J.P. Fish 1996, modificato). La porzione centrale del lobo laterale ha la massima quantità di energia e garantisce riflessioni dalla migliore geometria.

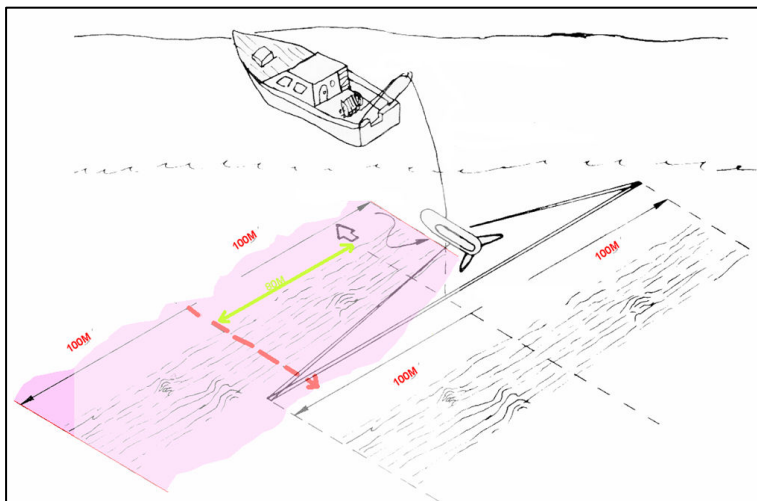


Figura 19. Overlap tra linee adiacenti pari al 100%, ogni porzione di fondo è ricoperta 2 volte, una volta per ogni linea di navigazione.

Giugno 2010

Relazione Tecnica Definitiva

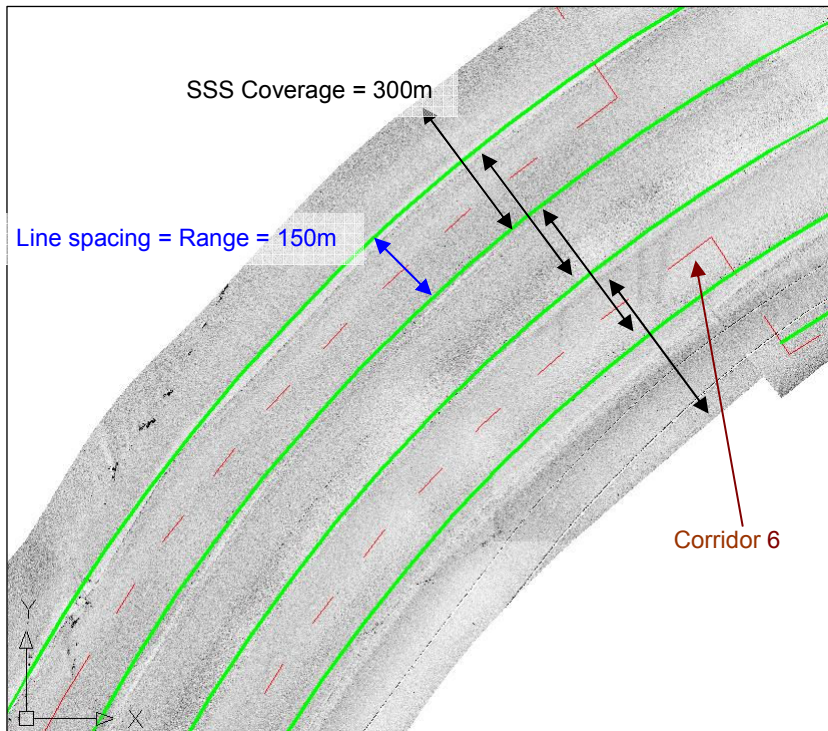
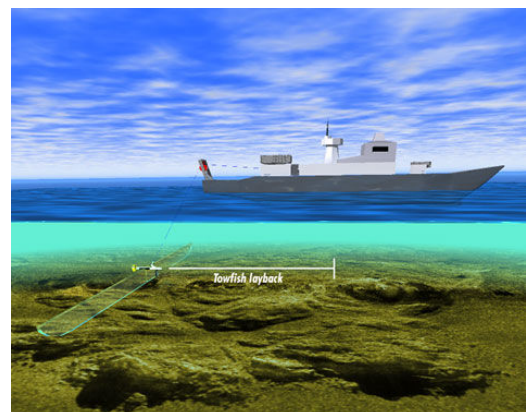


Figura 20. Mosaico Side Scan Sonar, disposizione delle linee di rilievo e le relative coperture.

Come visibile dalla Figura 20, la copertura dell'indagine morfologica ha consentito di mappare una porzione di fondo ben superiore ai 300m. Nella sezione di corridoio largo 300m la copertura rispondente alla specifiche tecniche (100% overlap) è pari a 600m. L'altezza dal fondo è stata mantenuta entro i 30m, regolando la lunghezza del cavo in tempo reale per adattare la profondità del towfish all'andamento del fondo marino. La risoluzione spaziale ottenuta è di 20cm/pixel quindi pari al 0.13% dello slant range (migliore rispetto alla richiesta minima del 0.2% = 30cm/pixel).

Il posizionamento del towfish è stato ottenuto in via principale con il sistema di posizionamento acustico USBL, il *Trasponder* installato sullo strumento è stato interrogato ogni 2 sec (*slant range max* = 1500m) tenendo conto che la lunghezza massima del cavo è stato di circa 900m. Le posizioni sono state filtrate in tempo reale con un filtro di *Kalman* per smorzare i salti di navigazione. In parallelo all'USBL la posizione è stata calcolata dal software di navigazione anche con il metodo del *layback* (distanza antenna - towfish) calcolato in funzione della lunghezza di cavo di



traiuto rilasciato in mare. Il metodo si basa su un modello empirico in percentuale della lunghezza di cavo (*Layback* = 85% of cable out). La percentuale applicata è stata ricavata empiricamente essendo in generale funzione della velocità della nave e delle caratteristiche dello strumento e del cavo (peso, forma).

4.5 Sub Bottom Profiler

L'indagine stratigrafica è stata eseguita sulle stesse linee del Multibeam e del Side Scan Sonar, lo strumento è stato trainato dalla poppa ad una distanza fissa dalla nave di circa 25 m Tale approccio risulta equivalente ad una installazione a palo ma rispetto a questo risente molto meno negativamente dei movimenti dell'imbarcazione (roll, swell ecc.). La posizione è stata anche in questo caso misurata con l' USBL.

In totale sono state acquisite 7 sezioni corrispondenti alle linee MB e 5 corrispondenti alle linee SSS.

I parametri di acquisizione sono stati scelti dopo alcune test in area lavoro prima dell'inizio dei rilievi per determinare i valori di frequenza e durata dell'impulso migliori.

- Frequenza = 2-10 kHz (Chirp)
- Pulse length = 20 ms
- Gain = impostato manualmente dall'operatore in funzione della risposta acustica.

Le penetrazioni ottenute sono state da un minimo di 5 m fino un massimo di 25 m.

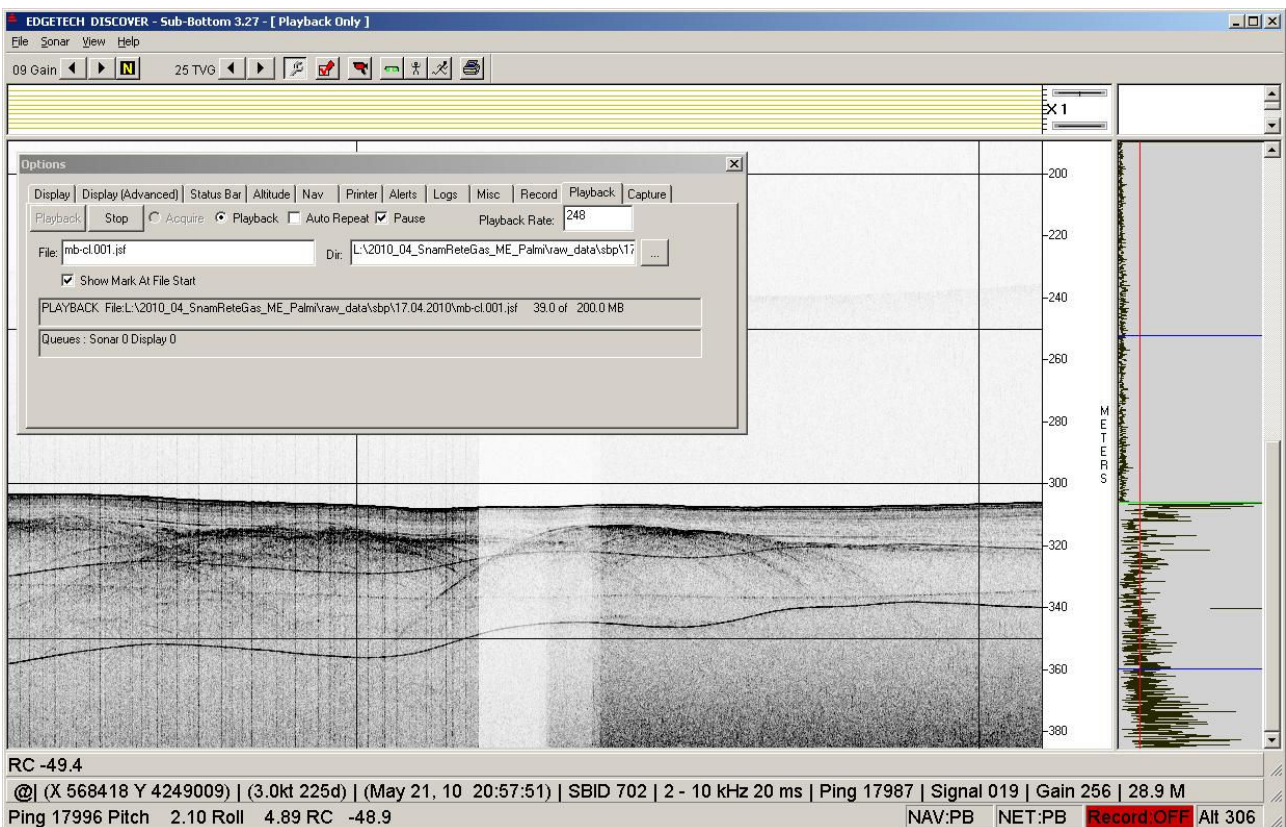


Figura 21. Finestra di acquisizione dati SBP con sw DISCOVER Sub Bottom

5 METODOLOGIA DI ELABORAZIONE DATI

5.1 Generalità

L'elaborazione dati finale è stata condotta presso il centro elaborazione dati della Nautilus da personale specializzato e con i software di seguito indicati:

- Elaborazione dati di navigazione e Multibeam: **PDS2000** (Reson BV®).
- Elaborazione dati Sub Bottom Profiler: **Discover SubBottom** (Edgetech®).
- Elaborazione sonogrammi SSS e creazione mosaico: **CODA GeoSurvey 3.8.7** (CodaOctopus Ltd®).
- Software trattamento datum e trasformazioni geodetiche: **VERTO 3K** (IGMI®).
- Elaborazione dati batimetrici e contouring: **Surfer 9** (Golden Software Inc.®).
- Elaborazione e restituzione cartografica: **AutocadMap 2009** (Autodesk®).

Il processo di elaborazione è stato condotto in maniera integrata, confrontando continuamente i risultati di ogni indagine tra di loro verificando la corrispondenza e la correlazione dei dati così come verrà descritto in seguito.

5.2 Controllo Qualità

Un primo controllo di qualità è avvenuto in tempo reale, in quanto il sistema di navigazione PDS2000 fornisce immediatamente, sia graficamente che numericamente, la posizione nave, la posizione del tow-fish, i valori di tutti i sensori interfacciati (in particolare qualità dei dati multibeam), lo scostamento dalla rotta di navigazione e le necessarie correzioni per mantenere l'allineamento, inoltre invia le informazioni di posizione del tow-fish al SW di acquisizione digitale dei dati acustici, e precisamente:

- Orario (per la corretta sincronizzazione dei dati di navigazione e sonar)
- Coordinata Est
- Coordinata Nord
- Velocità
- Angolo di rotta
- KP (chilometrica progressiva per individuare univocamente i punti lungo il riferimento asse condotta)

Sul sistema multibeam sono stati selezionati i vari parametri di acquisizione (*pulse length, range, TX power, Gain*) sia i filtri hardware (*depth filter*) che agiscono sul segnale acustico migliorando sensibilmente la copertura e la qualità. Sul software di acquisizione dati MB invece sono stati usati dei filtri statistici che agiscono sul dato digitale quali: *Nadir, statistic e Flying object filters*.

Sul sistema di acquisizione dati SSS *ISIS Sonar* è stato impostato il range operativo, il guadagno di segnale TVG

Giugno 2010

Relazione Tecnica Definitiva

(Time Varying Gain), i parametri per il Bottom Tracking che si basa su un algoritmo di 'amplitude detection' sul segnale acustico. I dati vengono salvati su disco fisso in formato digitale XTF (eXtended Triton Format), standard di fatto per i dati geofisici.

5.3 Analisi ed elaborazione dati

5.3.1 Posizionamento e navigazione

Il primo aspetto dell'elaborazione è costituito dal processing dei dati di navigazione che si concretizza nel determinare la presenza di dati spuri (*spikes*) e quindi eliminarli o correggerli, sia dal punto di vista planimetrico che altimetrico. Questa fase riguarda sia la posizione nave che i dati di posizione USBL del towfish. Quest'ultimo è maggiormente affetto da salti e oscillazioni e necessita quindi di uno *smoothing* della traiettoria per essere il più rispondente possibile alle reali condizioni fisiche del traino in acqua.

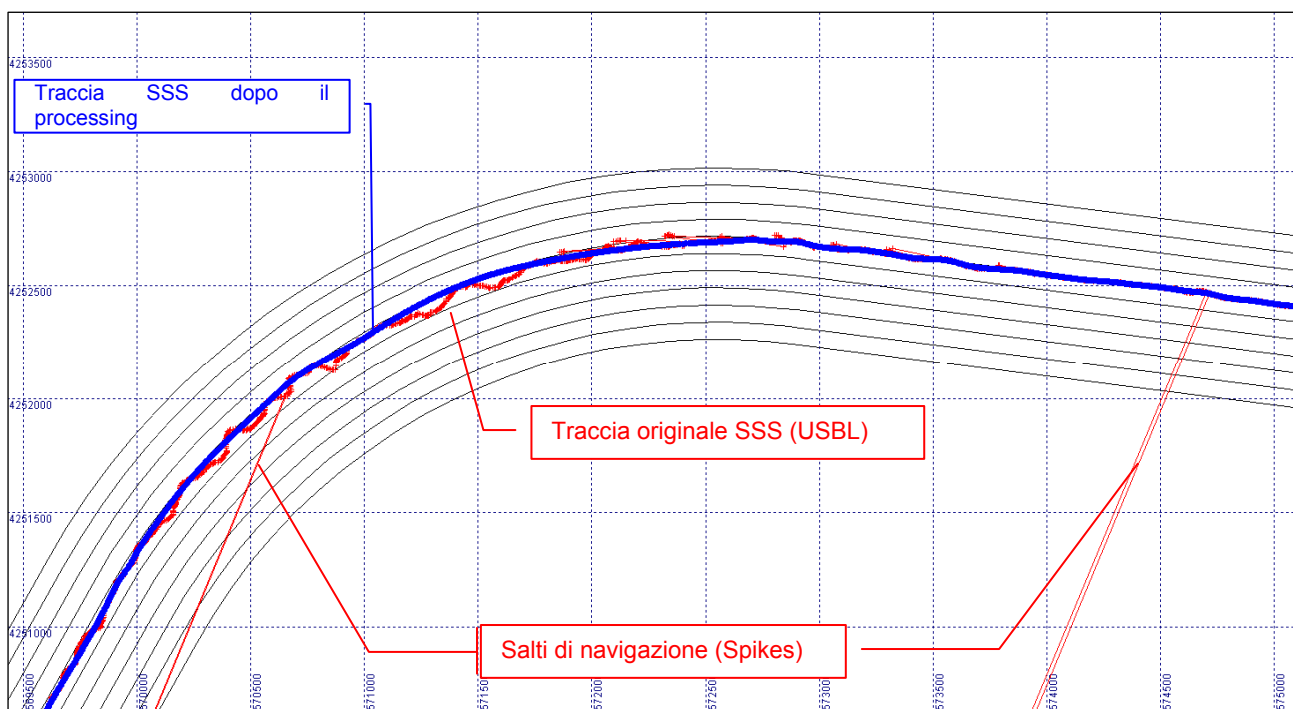


Figura 22. Modulo di editing della navigazione PDS2000 con la traccia di navigazione grezza ed elaborata.

5.3.2 Multibeam

L'elaborazione dei dati multibeam è costituita da diverse fasi sequenziali schematizzate nel diagramma seguente:

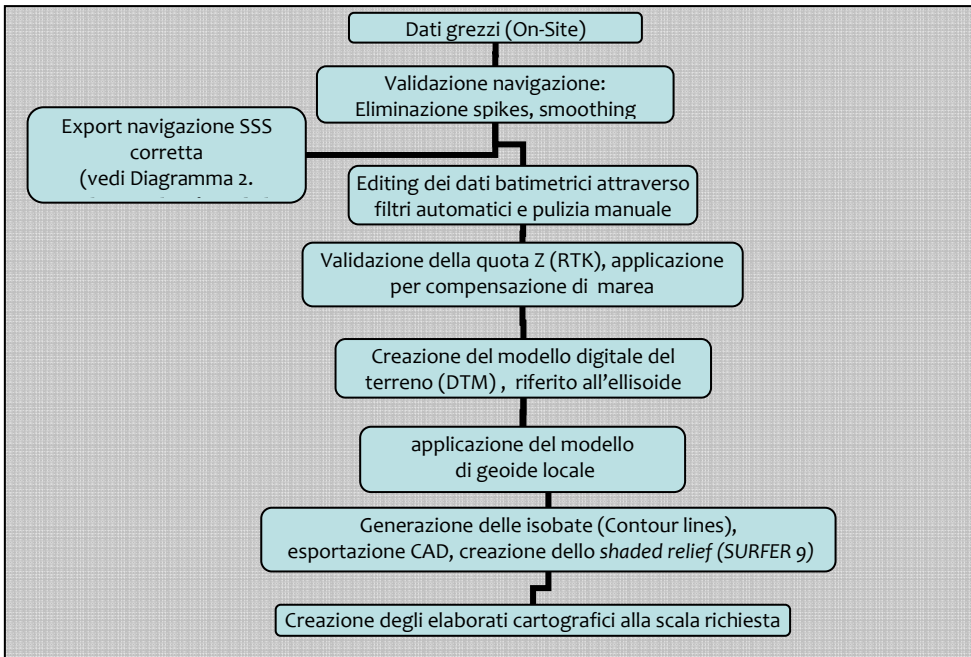


Diagramma 1. Schema logico del processo di elaborazione dei dati batimetrici Multibeam con PDS2000.

La fase di pulizia dei dati di profondità basata sull'applicazione di filtri statistici e di rilevazione di dati spuri e sulla pulizia manuale di dati spuri (*dot killing*).

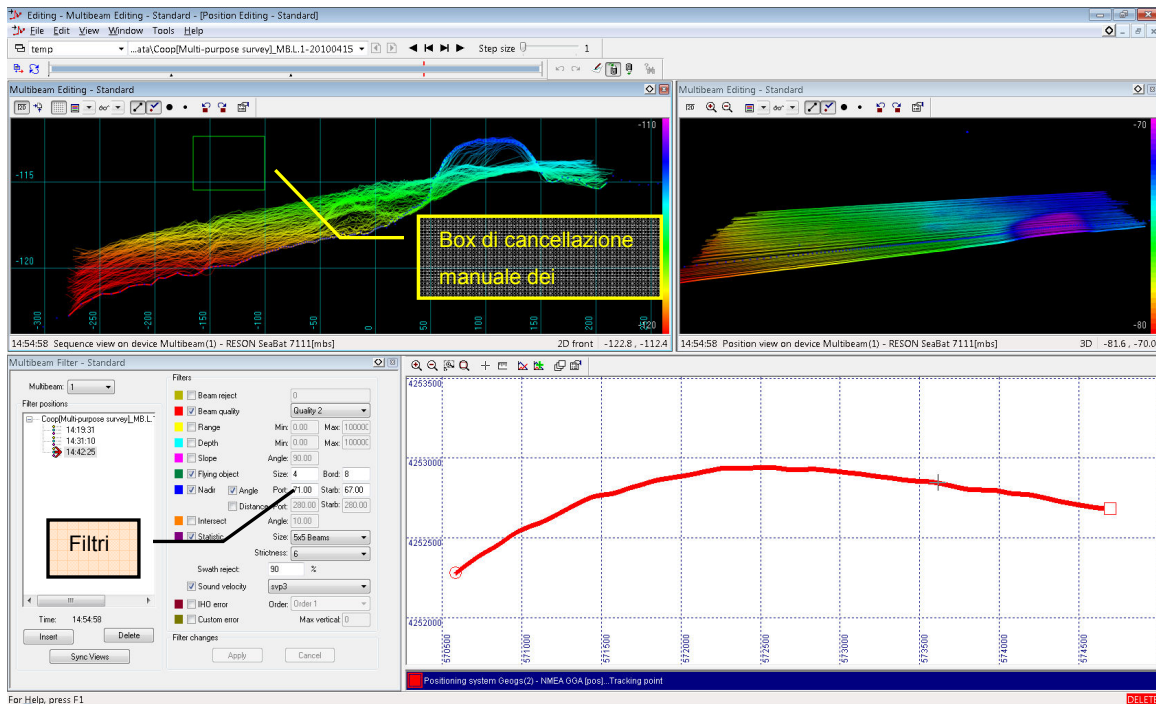


Figura 23. Modulo processing dati Multibeam in PDS2000, con finestra filtri, navigazione e soundings.

Giugno 2010

Relazione Tecnica Definitiva

Particolare attenzione è stata posta alla validazione della quota Z del GPS per ottenere una misurazione affidabile del livello di marea. Eventuali salti GPS sono stati rettificati o interpolati (fino a 2 sec). Dopo la pulizia di ogni singola linea MB viene generato il modello digitale del terreno dalla fusione di tutte le linee. In pratica dalla nuova totale dei punti (triplette X, Y, Z) viene prodotto un modello a maglia regolare in cui ogni cella assume come valore Z la media dei valori che ricadono in quella data cella. Il modello viene quindi visualizzato e si procede alla ricerca e correzione di eventuali celle anomale (*spikes*) o in cui il valore di deviazioni standard sia troppo alto.

Il modello così ottenuto è stato ridotto al geoidale locale. Il geoidale è stato calcolato con il software VERTO dell'Istituto Geografico Militare ed utilizzando le griglie di conversione piano altimetriche relative all'area di studio (fogli 50.000 588 e 589).

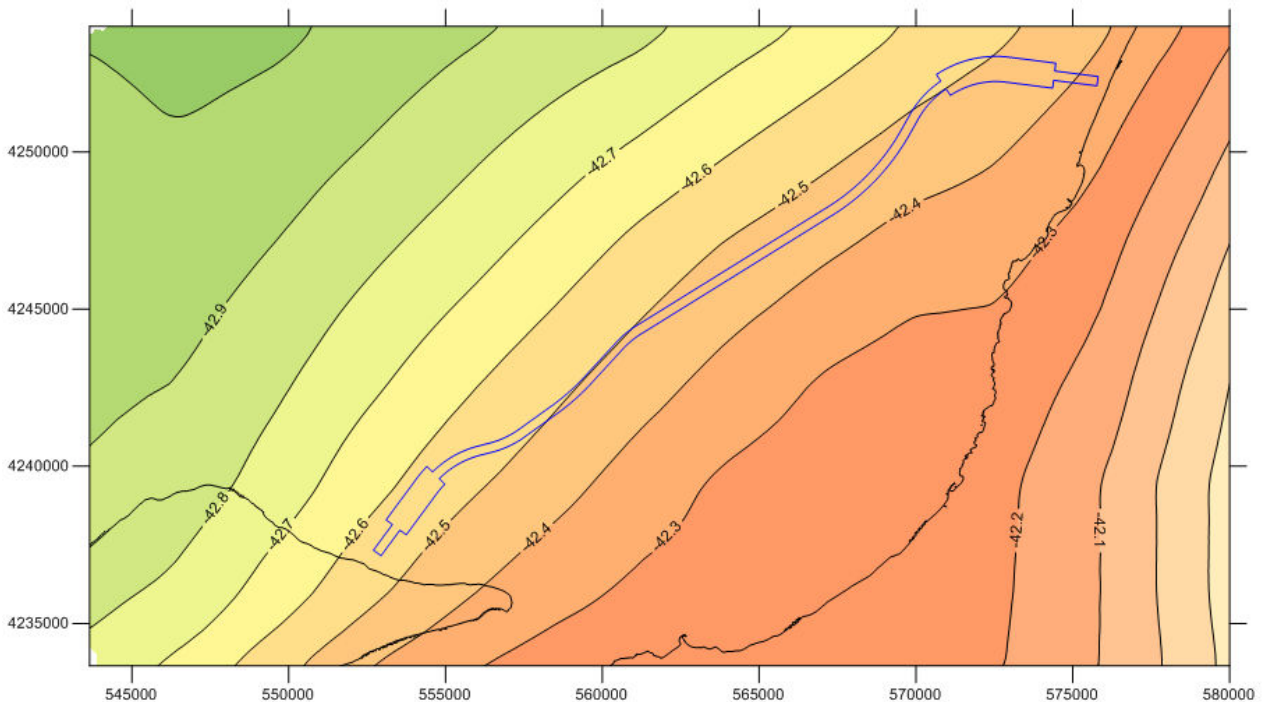


Figura 24. Modello di geoidale dell'area, le isolinee indicano gli scostamenti dall'ellissoide WGS84 (ITALGEO 2005 – IGMI)

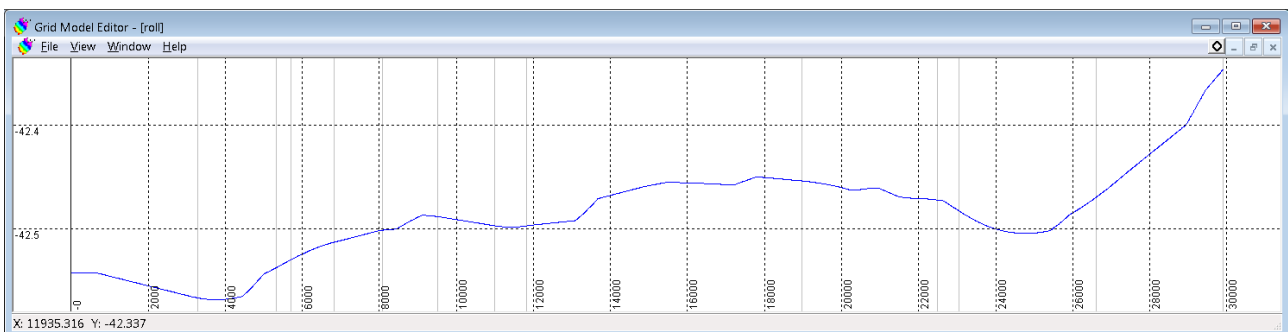


Figura 25. Andamento del geoidale lungo la rotta 6 (ITALGEO 2005 – IGMI)

Il risultato finale è un DTM con una cella di dimensioni di 2,5 × 2,5 m per tutto il corridoio avente le caratteristiche richieste dalla specifica (Figura 26). Il numero medio di soundings per metro quadrato è di 4,5 mentre per ogni singola cella (6.25 mq) è di oltre 28.

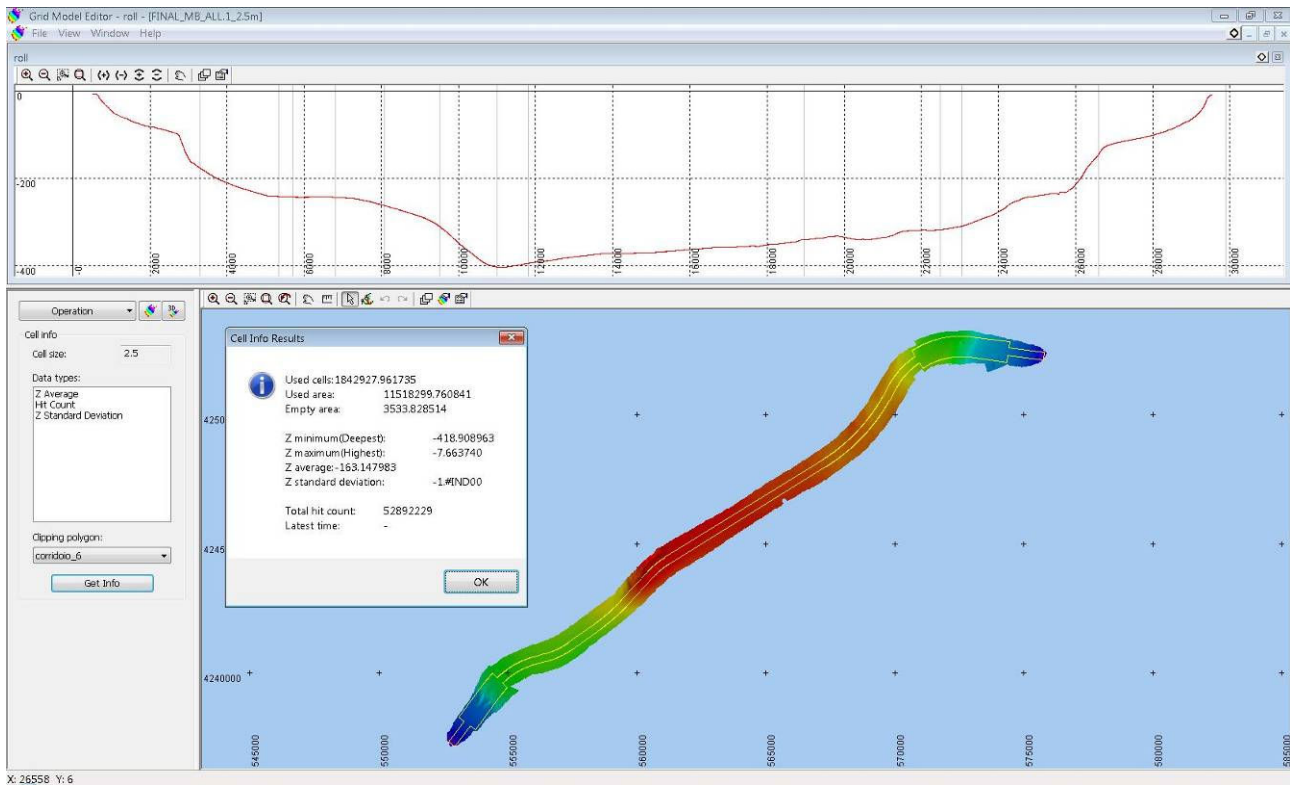


Figura 26. Modello digitale del terreno (DTM) finale con le statistiche calcolate all'interno del corridoio (riquadro), in alto la sezione lungo la rotta base della sesta linea.

STATISTICHE DTM	Totale	Corridoio 6
Dimensioni cella	2,5 × 2,5 m	2,5 × 2,5 m
Celle Usate (n°)	5.026.869	1.842.928
Area coperta (mq)	31.417.931	11.518.300
Profondità minima (m)	-7.11	-7.66
Profondità massima (m)	-433.45	-418.90
Soundings totali (n°)	89.514.098	52.892.229
Soundings medi x cella	17.81	28.7
Soundings medi x mq	2.85	4.59

Tabella 5. Statistiche relative al modello digitale del terreno. Le due colonne si riferiscono al totale dei dati ottenuti e a quelli all'interno del poligono del corridoio 6.

5.3.3 Side Scan Sonar

L'elaborazione dei dati Side Scan Sonar avviene anch'essa secondo una logica sequenziale (vedi Diagramma 2). Il primo step ha riguardato la validazione della navigazione, che dopo essere stata corretta per come descritto nel paragrafo 5.3.1, è stata applicata ai files. Quindi si è proceduto alla elaborazione del segnale acustico attraverso l'applicazione dei valori di guadagno e del corretto andamento del *bottom tracking*, passaggio essenziale per la chiusura della colonna d'acqua e quindi per la correzione geometrica dello *slant range*. Infine è stata esportata ogni singola 'strisciata' in formato raster georeferenziato (GeoTiff). Le singole strisciate sono state infine unite in un mosaico generale anch'esso georeferito nelle coordinate prescelte. Il mosaico è stato sovrapposto, in ambiente CAD, al dato batimetrico per la fase di interpretazione dei dati morfologici e la stesura di una carta geomorfologica.

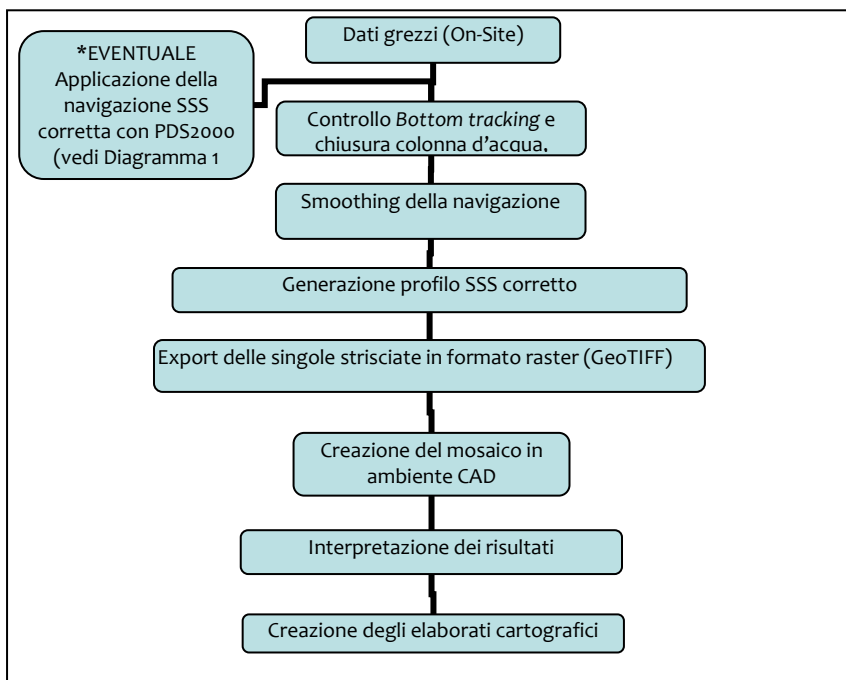


Diagramma 2. Schema logico del processo di elaborazione dei dati Side Scan Sonar con CODA GEOSURVEY.

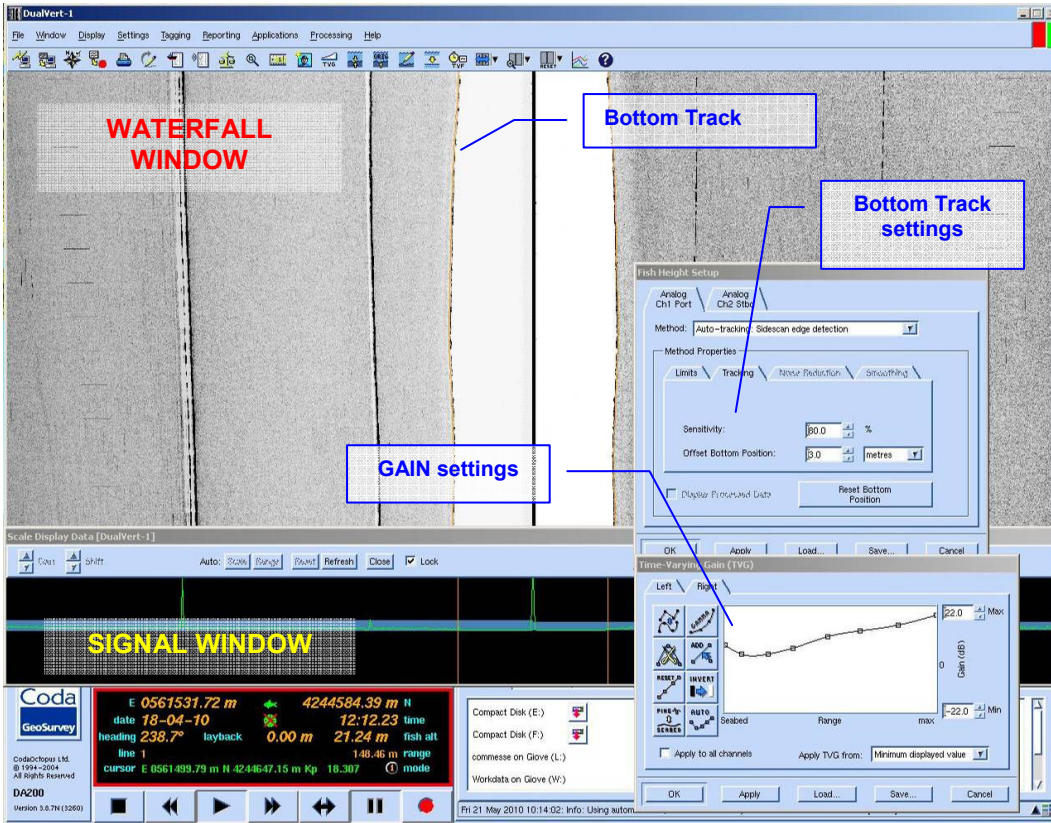


Figura 27. Software di elaborazione dati SSS - CODA GEOSURVEY. Particolare della fase di bottom tracking e applicazione Gain.

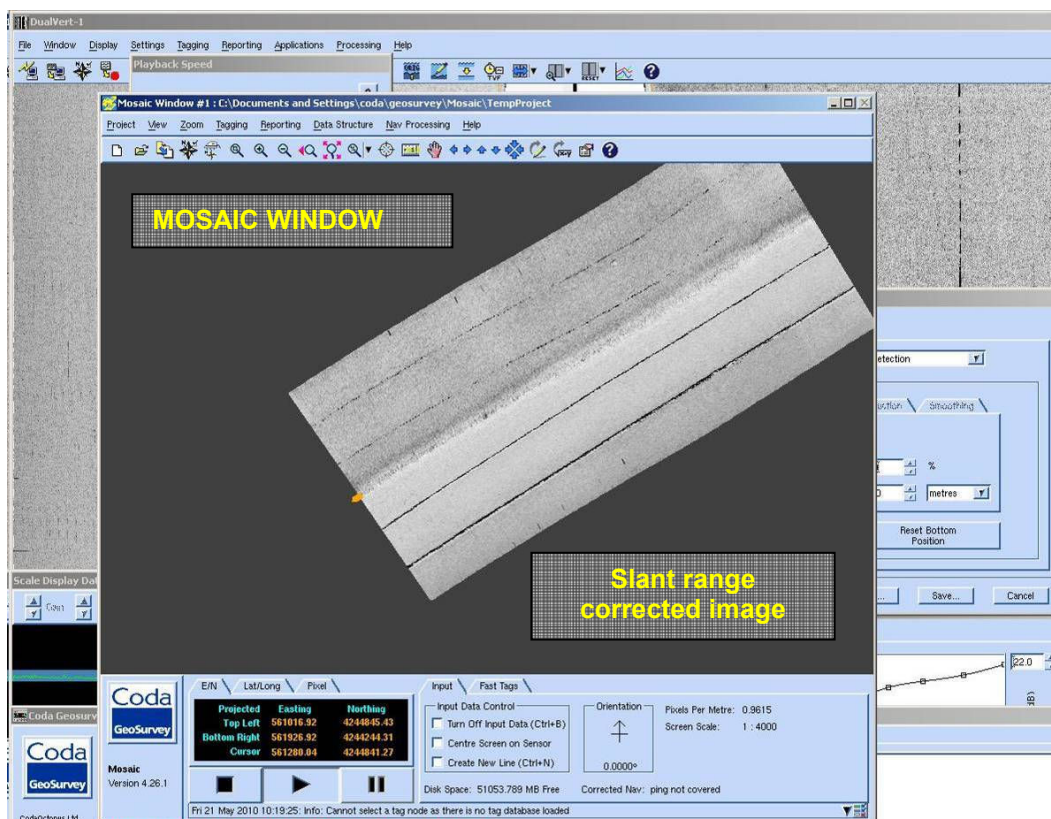


Figura 28. CODA GEOSURVEY. Particolare della generazione dell'immagine corretta per slant range. In seguito esportata come GEOTIFF.

5.3.4 Sub Bottom Profiler

I dati stratigrafici SBP sono stati elaborati attraverso una procedura che prevede il miglioramento dell'immagine attraverso il replay delle singole sezioni e la scelta dei valori più adatti di GAIN e TVG, oltre che i parametri per il corretto tracciamento del *bottom track*. Dopo questa fase sono stati digitalizzati manualmente i riflettori presenti e poi esportati come file ASCII X, Y, Z. Queste informazioni sono state utilizzate per costruire una mappa degli spessori del sedimento superficiale (materiale incoerente).

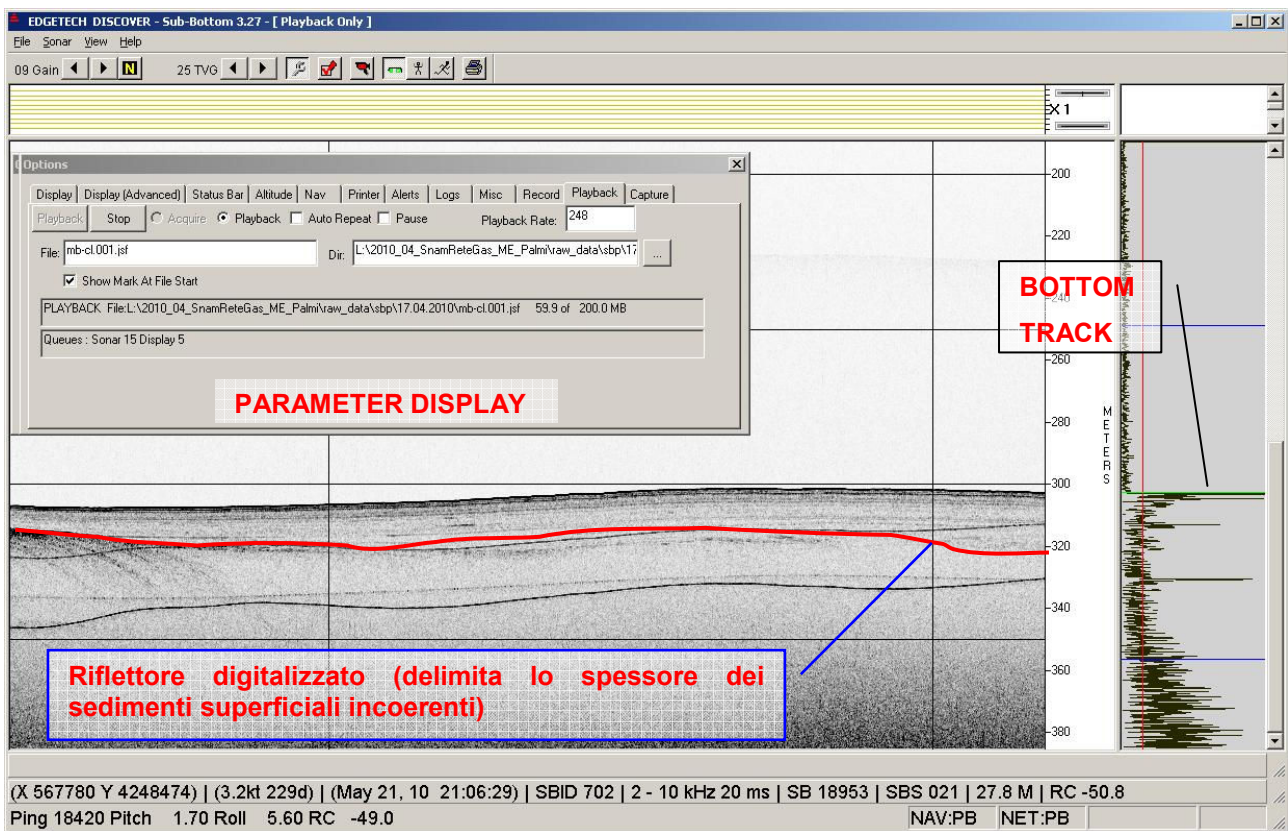


Figura 29. DISCOVER SUBBOTTOM per l'elaborazione dei profili sismici SBP.

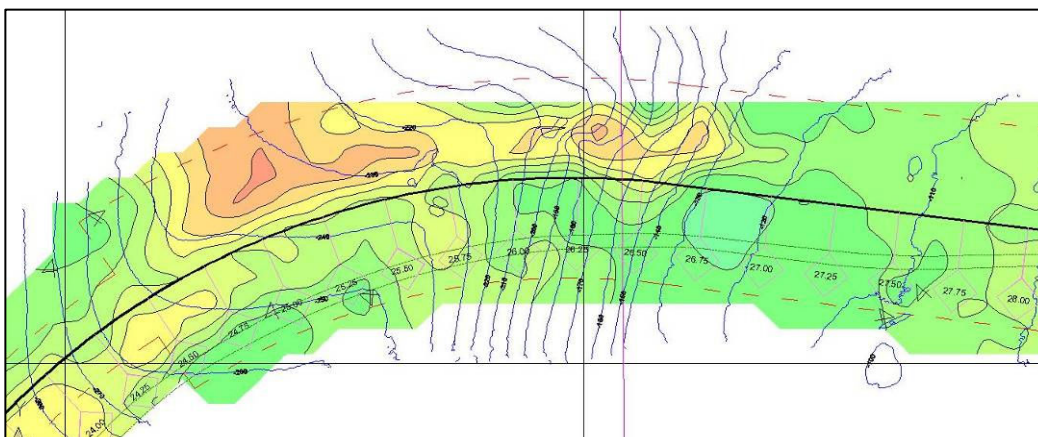


Figura 30.
 Elaborazione della
 mappa degli spessori
 di sedimento. Le
 isolinee (isopache)
 uniscono punti di
 uguale spessore di
 sedimento.

Giugno 2010

Relazione Tecnica Definitiva

6 RISULTATI

6.1 Geomorfologia dell'area

L'indagine con *Multibeam* e *Side Scan Sonar* ha permesso di studiare i principali caratteri morfologici dell'area indagata evidenziando una fisiografia che rispecchia l'andamento tipico del margine di piattaforma continentale del basso Tirreno. Gli elementi caratteristici di tale morfologia sono:

- La piattaforma (porzione costiera) molto breve e con pendenze accentuate,
- Margine di piattaforma abbastanza netto con brusco cambio di pendenza
- Zona alla base della scarpata con andamento da dolce a pianeggiante.

Nello specifico si rileva una fondamentale simmetria del percorso tra la Sicilia e la Calabria con un aspetto a gradoni e pendenze lievemente maggiori lungo la 'scarpata' Sicula (vedi profilo in Figura 35).

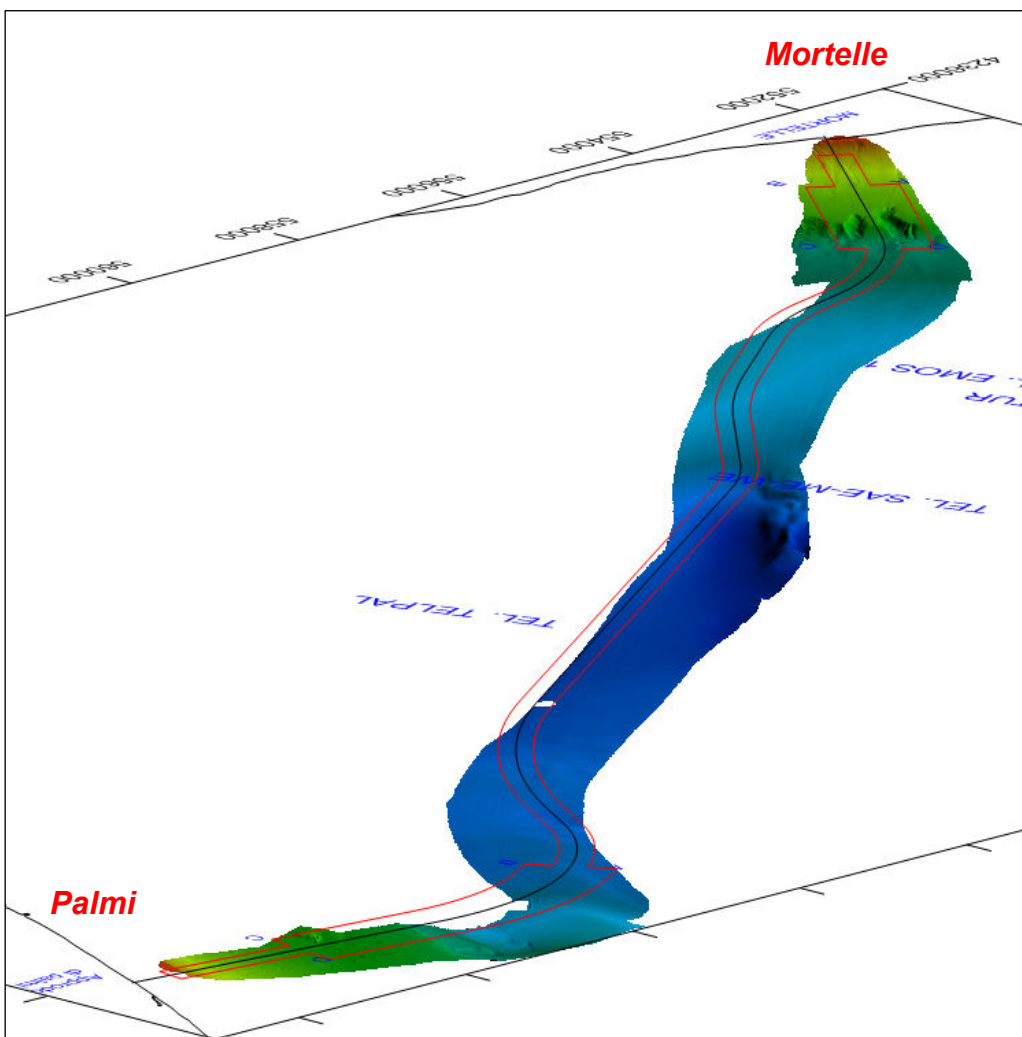


Figura 31. Visione tridimensionale d'insieme dell'intero corridoio

Giugno 2010

Relazione Tecnica Definitiva

Il margine di piattaforma di fronte l'approdo di Mortelle presenta infatti un profilo più accentuato, con un primo salto di pendenza (ginocchio) caratterizzato dalla presenza di alcuni canali erosivi alla base delle quali sono presenti accumuli di sedimento.

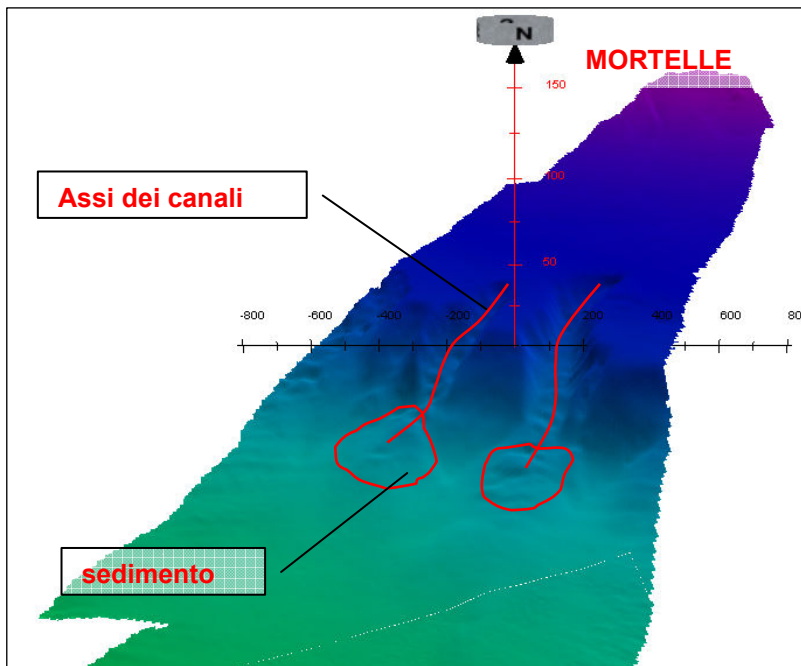


Figura 32. Particolare della scarpata di Messina caratterizzata da incisioni alla base delle quali sono presenti accumuli di sedimento.

Alla base del pendio Siciliano (KP 11.5) il corridoio è caratterizzato da un'estesa ma poco profonda depressione bordata dal lato esterno (Nord-Ovest) da un piccolo rilievo da qui inizia la risalita verso l'approdo Calabrese dapprima molto dolcemente per poi (da KP 22.5) con pendenza maggiore anche se non raggiunge l'inclinazione di quella Siciliana.

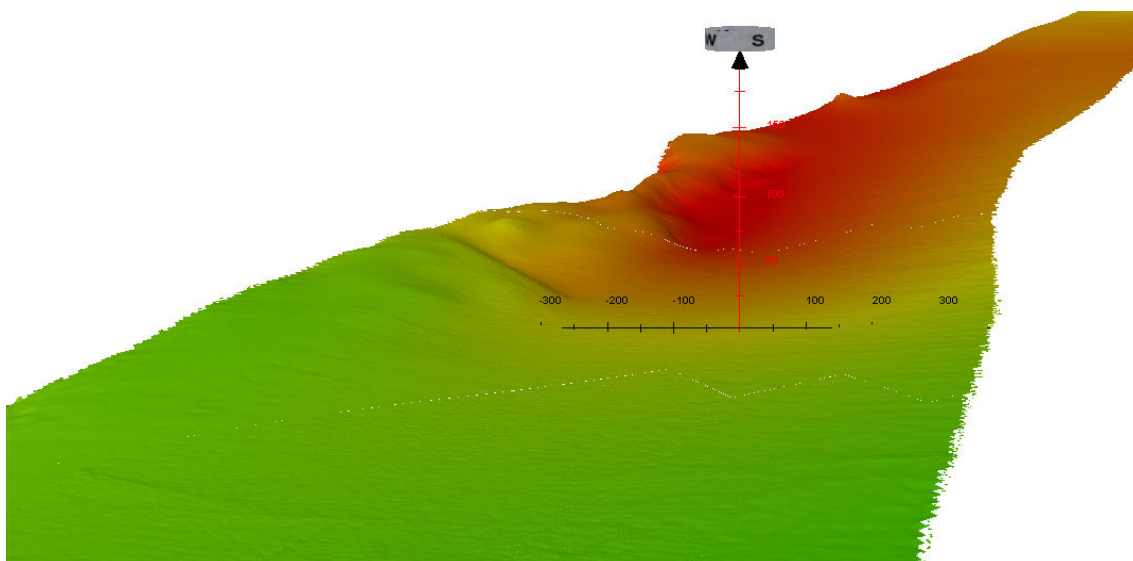


Figura 33. Zona centrale del corridoio caratterizzata da una estesa ma poco profonda depressione (rosso)

Giugno 2010

Relazione Tecnica Definitiva

La scarpata del margine Calabrese, come accennato, è meno ripida di quella Siciliana e diversamente da questa ha un aspetto più regolare, senza forme erosive e con due cambi di pendenza (Figura 35).

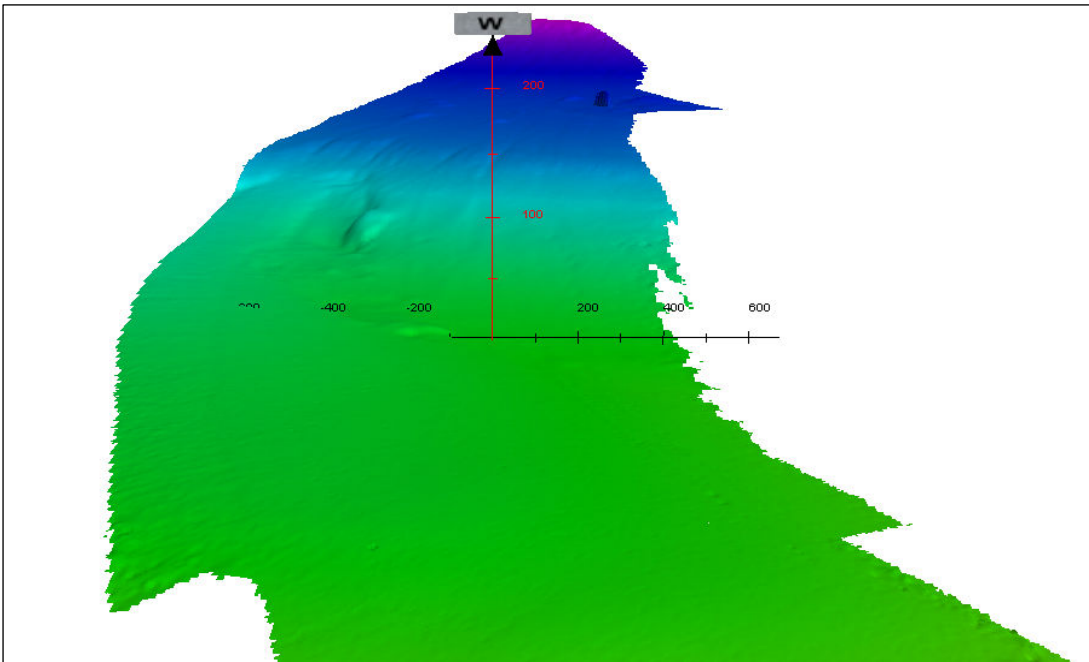


Figura 34. Base della scarpata continentale Calabrese, che si presenta con andamento più regolare.

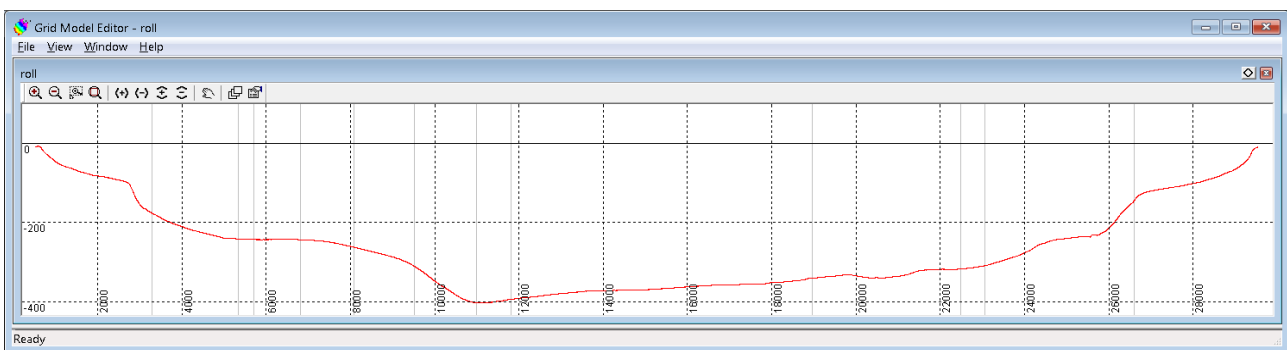


Figura 35. Profilo batimetrico tra Mortelle (sx) e Palmi (dx), con l'andamento a gradoni e i cambi di pendenza.

I dati MBES non denotano in generale la presenza di ostacoli o morfologie particolarmente problematiche allo scopo del progetto, tranne che per un dosso affiorante sul tracciato al KP 25.6, per il quale si rimanda più avanti.

Il corridoio mostra un assetto fondamentale regolare con caratteri di stabilità dal punto di vista della dinamica dei sedimenti, trovandosi ben lontano dalle zone costiere più soggette a fenomeni di instabilità (Scilla e Bagnara) e ai principali assi di Canyon (Gioia Tauro).

L'interpretazione dei dati SSS, conferma in generale quanto già esposto, evidenziando la presenza di fondi mobili per tutto il percorso con qualche affioramento roccioso al di fuori dal perimetro del corridoio (Figura 36), e alcuni targets minori, disseminati all'interno del perimetro, di piccole dimensioni ma di dubbia interpretazione,

Giugno 2010

Relazione Tecnica Definitiva

sicuramente di scarsa importanza ai fini del progetto in quanto o distanti dalla linea o perché assimilabili a detriti residui di attività di pesca, anche perché sono nettamente visibili in alcune sezioni solchi da strascico.

Interessante ma non rilevante ai fini del progetto la presenza di un importante e noto relitto, “il Viminale” presente al confine sud del corridoio nei pressi dell’approdo di Palmi su un fondale di circa 107m.

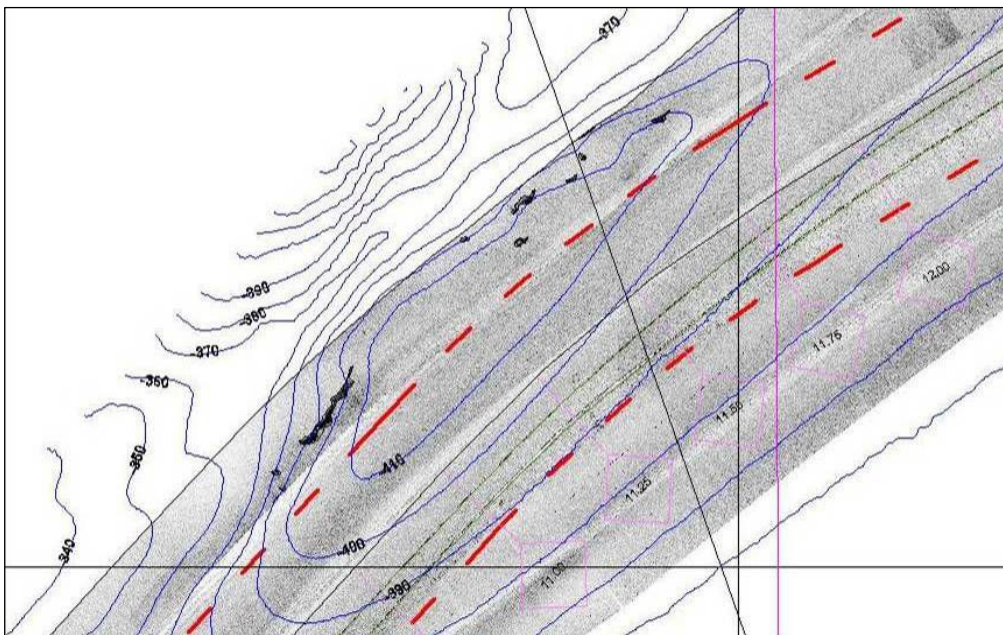


Figura 36. Mosaico SSS della zona centrale del corridoio (KP 11.5) che mostra gli unici affioramenti rocciosi.

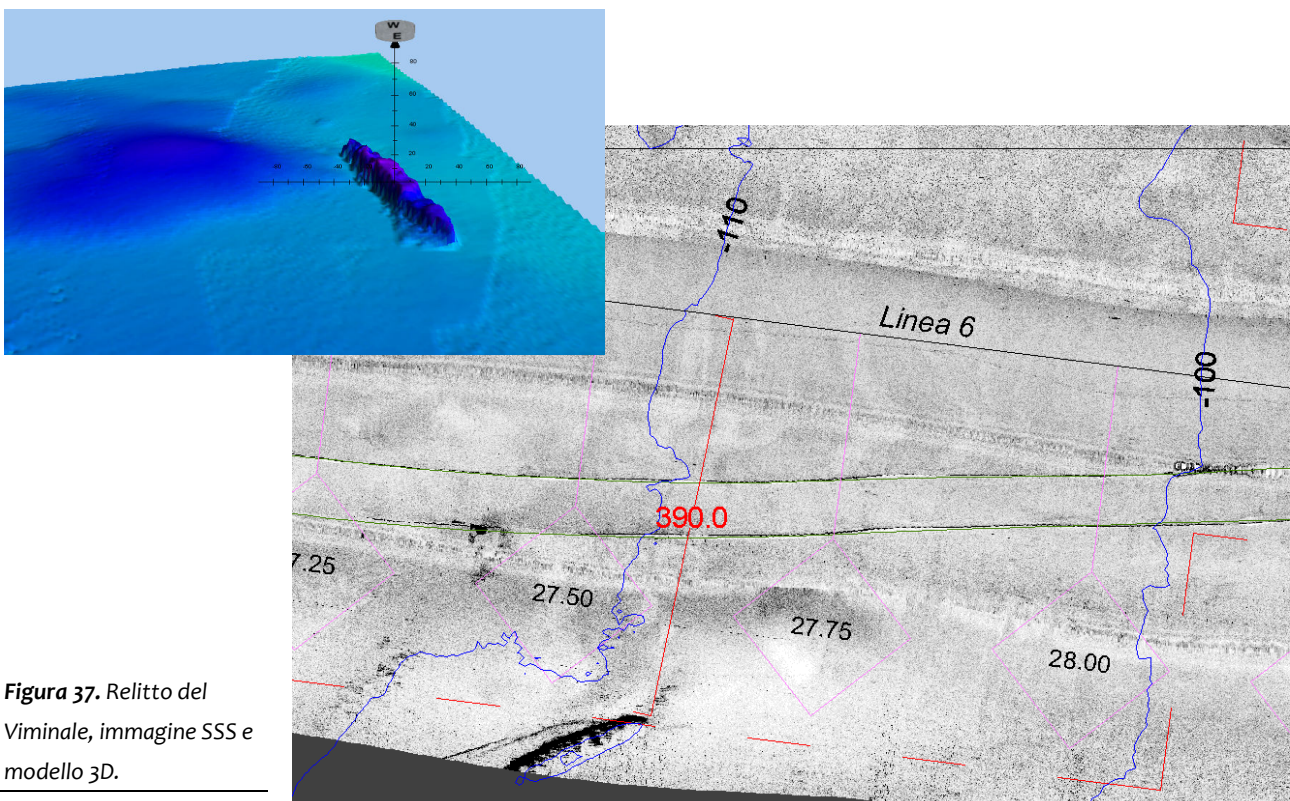


Figura 37. Relitto del Viminale, immagine SSS e modello 3D.

Giugno 2010

Relazione Tecnica Definitiva

Per quanti riguarda il dosso rilevato in prossimità del KP 25.6, occorre precisare che non è possibile affermare univocamente la natura, in quanto il confronto tra dati SSS e SBP tenderebbe ad escludere che si tratti di un affioramento roccioso, mentre il dato morfologico non è di grande aiuto in tal senso. La forma ricade però in un contesto un po' più ampio in cui è probabile la presenza di un sistema coniugato di allineamenti tettonici interpretabili dai dati SBP e MB e la conseguente fascia di corrugamento in cui la laminazione dei sedimenti presenti viene ad essere disturbata andando a creare rugosità e piccoli rigonfiamenti.

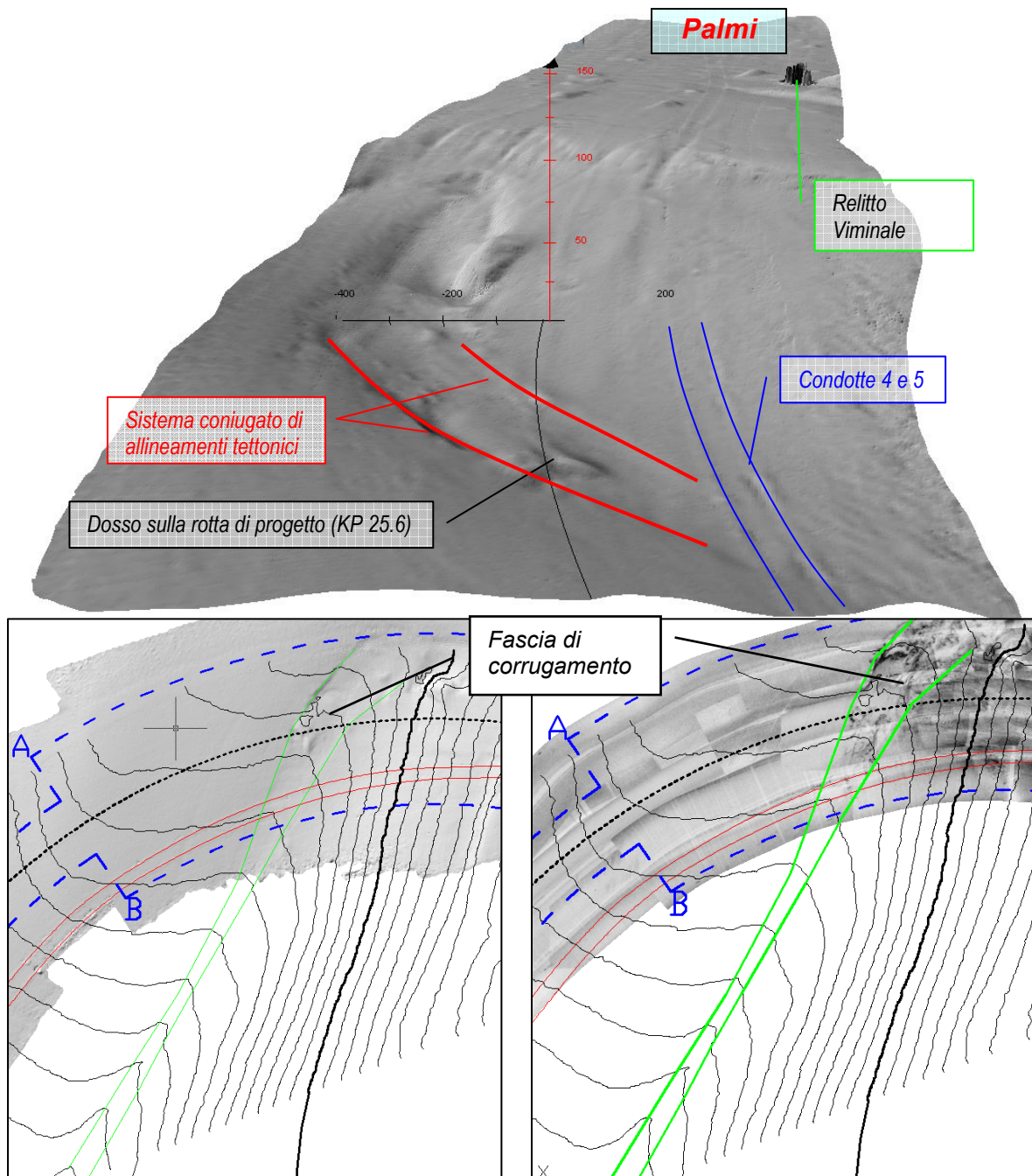


Figura 38. Zona alla base della scarpata Calabrese con probabile fascia di corrugamento tra due allineamenti tettonici.

6.2 Stratigrafia

L'indagine stratigrafica mediante sistema *Sub Bottom Profiler*, che è stata condotta longitudinalmente al corridoio seguendo le rotte corrispondenti ai profili *Multibeam* e *Side Scan Sonar*, ha evidenziato la presenza di due unità geologiche principali: la prima, di natura sedimentaria, è costituita da uno strato più superficiale formato da sedimenti incoerenti di natura sabbioso-limosa con stratificazione piano-parallela sovrastante uno strato di sedimenti più compatti a composizione prevalentemente arenitica; la seconda unità geologica è rappresentata dal basamento litoide sottostante le rocce sedimentarie e riconoscibile in sezione dalla presenza di un riflettore più marcato e più profondo.

Di seguito sono riportati profili più significativi delle varie sezioni del corridoio, e precisamente le interpretazioni sono state effettuate sulla rotta centrale (coincidente con la linea di progetto) e sulle due rotte parallele ai due lati e distanziate di 150m (denominate: MB.CENTER_LINE, MB.RIGHT e MB.LEFT).

6.2.1 Sezione dal KP 0.0 al KP 3.0

La figure che seguono rappresentano le sezioni dei profili sismici relativi alle rotte centrale, sinistra e destra dall'inizio del corridoio (KP 0.63 - 552822 E, 4237244 N) al KP 3.0 (554233 E, 4239146 N).

Dalla sezioni è possibile riconoscere la copertura sedimentaria, avente una stratificazione piano parallela, costituita da materiale incoerente di natura prevalentemente sabbioso-limoso. Lo spessore della copertura sedimentaria è variabile tra 9 e i 12 metri e si mantiene pressoché costante fino al limite della scarpata; infatti in questo punto gli strati si assottigliano fino ad essere completamente assenti lungo il tratto più acclive.

È possibile riconoscere, inoltre, in sezione un riflettore più marcato e profondo rappresentante il limite litologico tra le rocce sedimentarie e il sottostante basamento litoide.

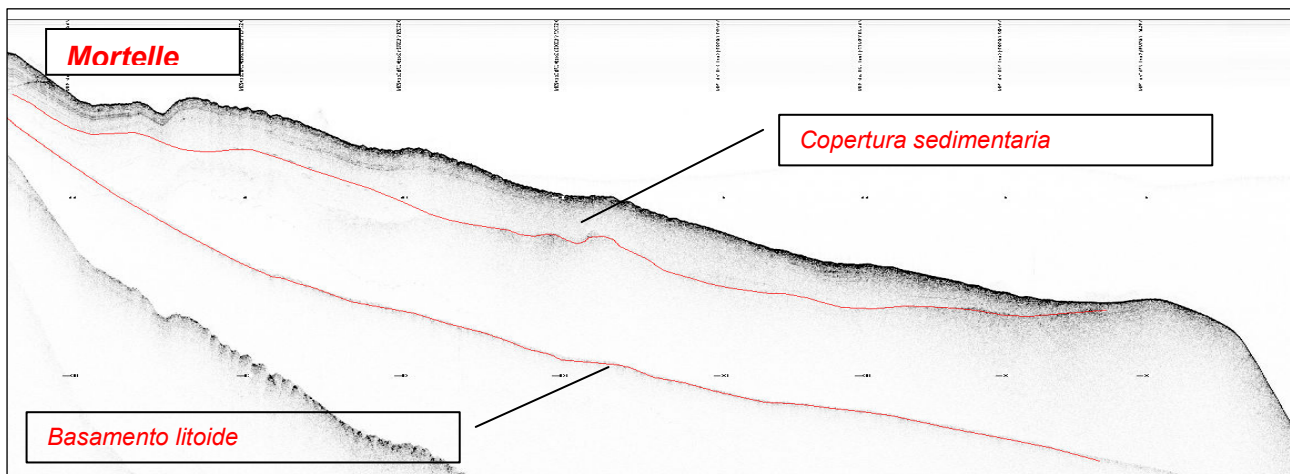


Figura 39. Profilo sismico della rotta centrale "Mb_CENTER_LINE" fino al KP 3.0.

Giugno 2010

Relazione Tecnica Definitiva

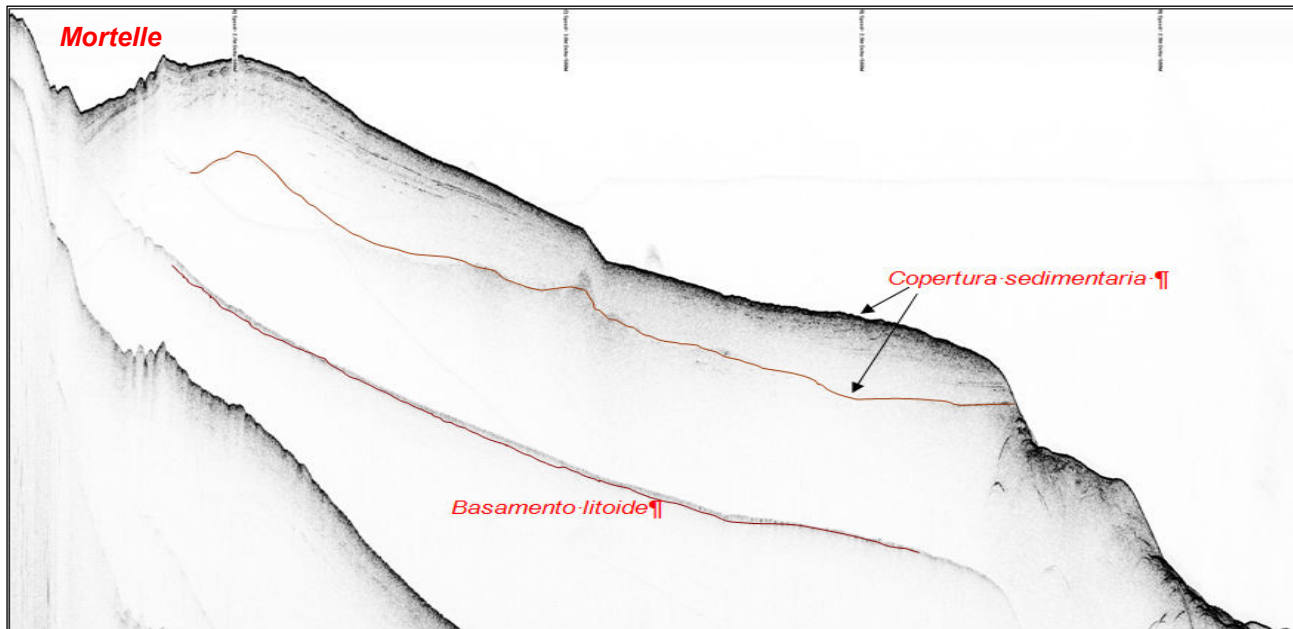


Figura 40. Profilo sismico della rotta sinistra "Mb_LEFT" fino al KP 3.0.

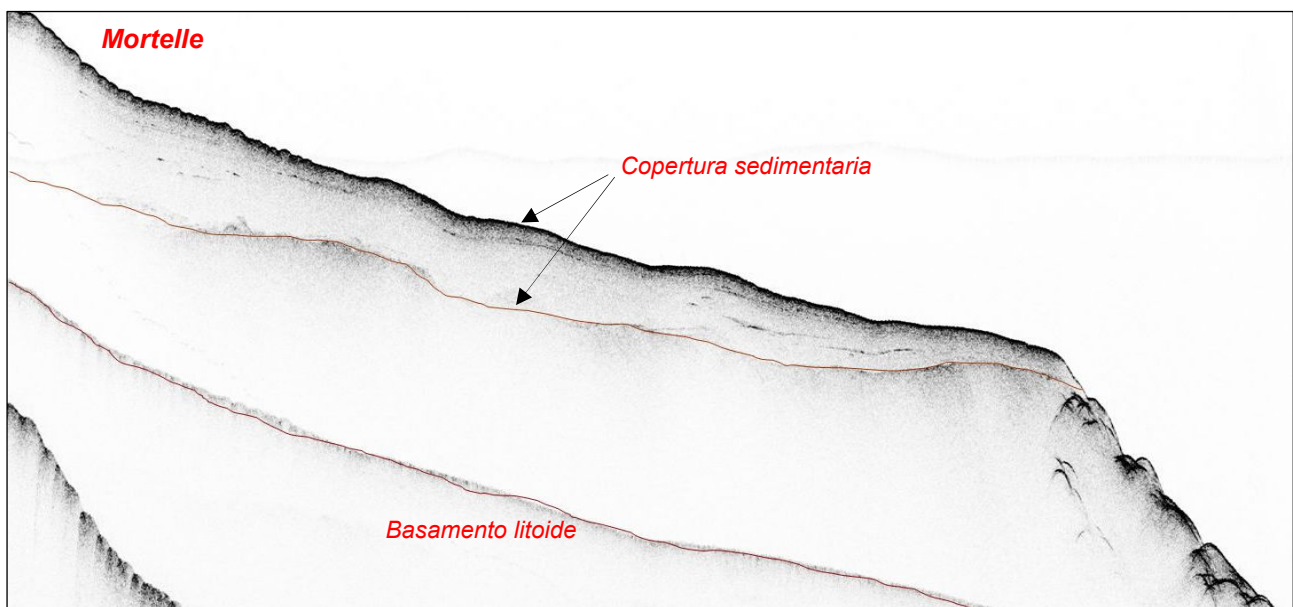


Figura 41. Profilo sismico della rotta destra "MB_RIGHT" fino al KP 3.0.

6.2.2 Sezione dal KP 3.0 al KP 5.0

Procedendo lungo il corridoio, dal KP 3.0 (554233 E, 4239146 N) al KP 5.0 (555752 E, 4240397 N), si può notare come in corrispondenza della scarpata, nel tratto più acclive, i sedimenti incoerenti sono assenti o comunque, se presenti, sono acusticamente invisibili a causa del limitato spessore, mentre dove il tratto è meno acclive la copertura sedimentaria è nuovamente presente e sono ben visibili i vari strati che la compongono (Figura 42).

Giugno 2010

Relazione Tecnica Definitiva

Inoltre, lungo il profilo, è possibile riconoscere un altro importante riflettore che indica il limite tra le rocce sedimentarie e il basamento litoide, ad una profondità di circa 50 metri dal fondo marino. Lungo la scarpata, tuttavia, il basamento litoide è più superficiale.

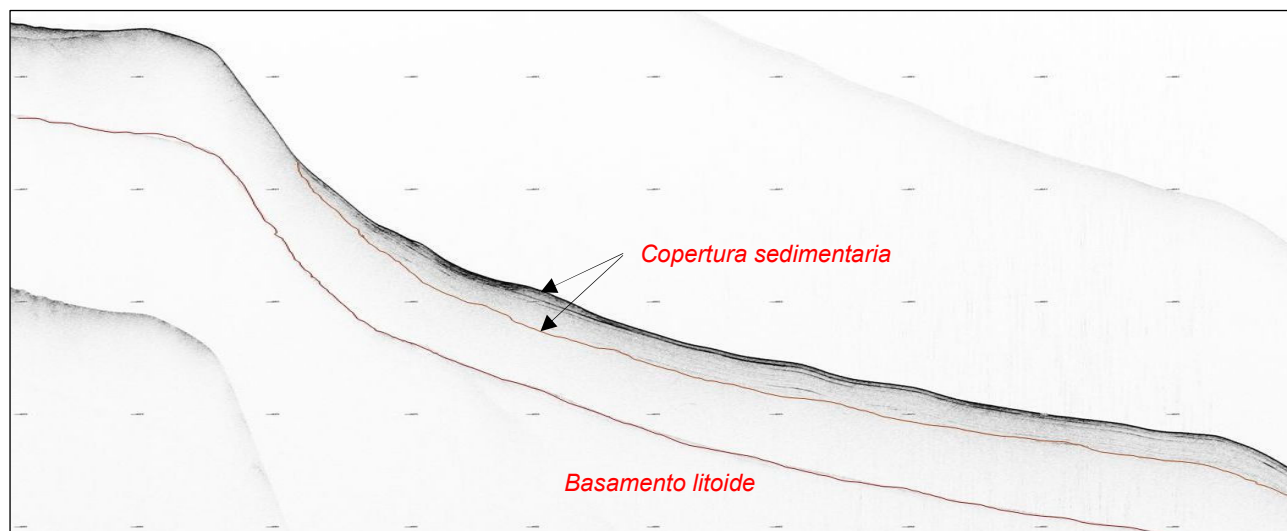


Figura 42. Profilo sismico della rotta centrale tra KP 3 e 5.

6.2.3 Sezione dal KP 5.0 al KP 7.0

Il pacco di strati superficiali, rappresentanti la copertura sedimentaria, presenta uno spessore che si mantiene piuttosto costante (10÷12 metri), il limite con le sottostanti rocce sedimentarie è marcato dalla presenza di un riflettore ben visibile in sezione e dall'assenza di stratificazione nelle porzioni sottostanti. L'altro importante riflettore posto più in profondità è rappresentato dal basamento litoide sottostante (Figura 43).

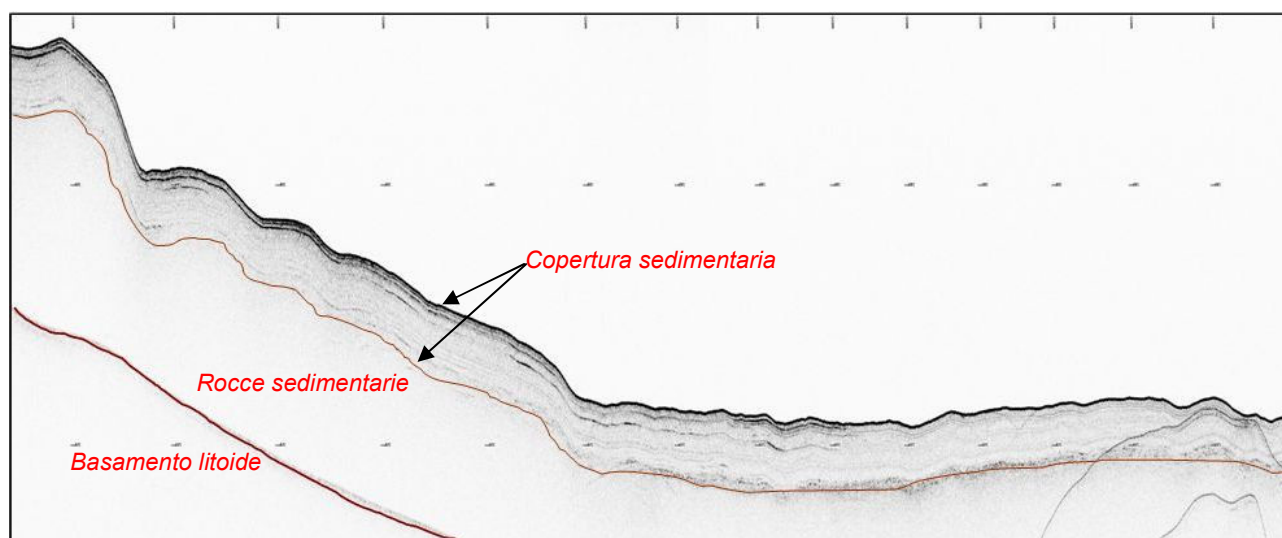


Figura 43. Profilo sismico della rotta centrale tra KP 5 e 7.

Giugno 2010

Relazione Tecnica Definitiva

6.2.4 Sezione dal KP 7.0 al KP 11.5

Questa porzione di profilo sismico rappresenta il tratto in cui il fondale marino investigato raggiunge le profondità maggiori (oltre 400 metri). Come si può notare dalla sezione in figura 6, i sedimenti incoerenti superficiali sono presenti anche lungo il tratto a maggiore pendenza, con spessori che si mantengono costanti (circa 10 metri), mentre nella zona più profonda (depressione) essi raggiungono lo spessore di circa 15 metri, essendo questa porzione zona di maggiore accumulo per i sedimenti incoerenti.

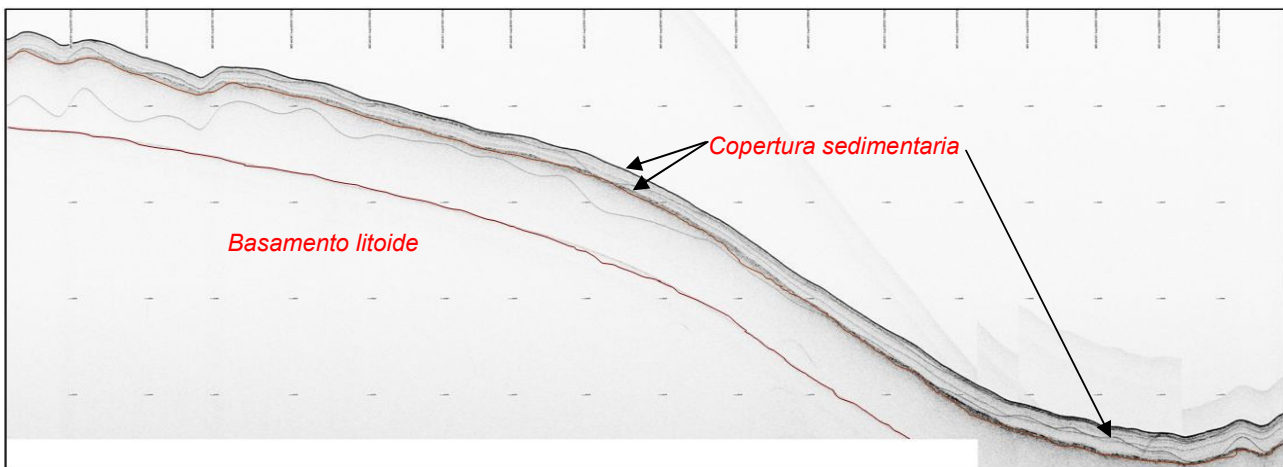


Figura 44. Profilo sismico della rotta centrale tra KP 7 e 11.5.

6.2.5 Sezione dal KP 11.5 al KP 16

Questa porzione di profilo sismico rappresenta il tratto di fondale che, procedendo verso Palmi, risale verso profondità minori. Non si notano particolari variazioni in termini di litostratigrafia, infatti lo spessore dei sedimenti incoerenti si mantiene pressoché costante (circa 15 metri). Piuttosto sono presenti alcuni artefatti costituiti dalle riflessioni estranee delle condotte 4 e 5 presenti a sud della linea.

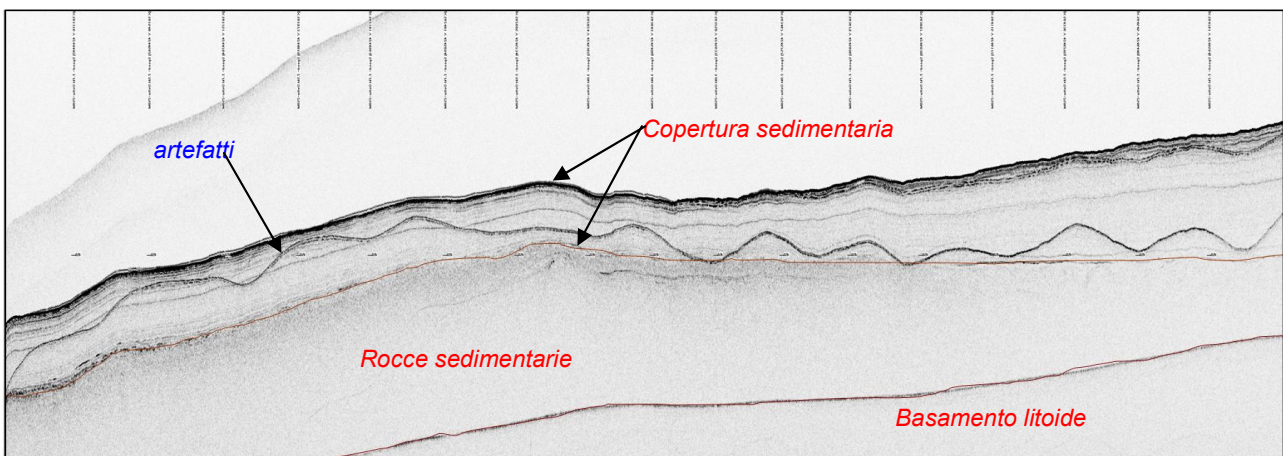


Figura 45. Profilo sismico della rotta centrale tra KP 11,5 e 16.

Giugno 2010

Relazione Tecnica Definitiva

6.2.6 Sezione dal KP 16 al KP 21

In questo tratto l'andamento del fondale si presenta dapprima abbastanza regolare in leggera risalita verso le basse profondità e con debole pendenza, successivamente, a fine sezione, inizia la risalita con pendenze più accentuate (scarpata Calabrese).

La copertura sedimentaria si mantiene con spessori di circa 15 metri.

Nella sezione sismica sono visibili, oltre al riflettore più marcato e profondo attribuibile al basamento litoide, le varie geometrie deposizionali che formano i sedimenti incoerenti. Queste geometrie, che nel caso specifico sono delle discordanze angolari tra i vari strati, note con i termini di "top-lap", sono attribuibili alla combinazione degli effetti ciclici dell'apporto sedimentario dei vari eventi deposizionali (Figura 46).

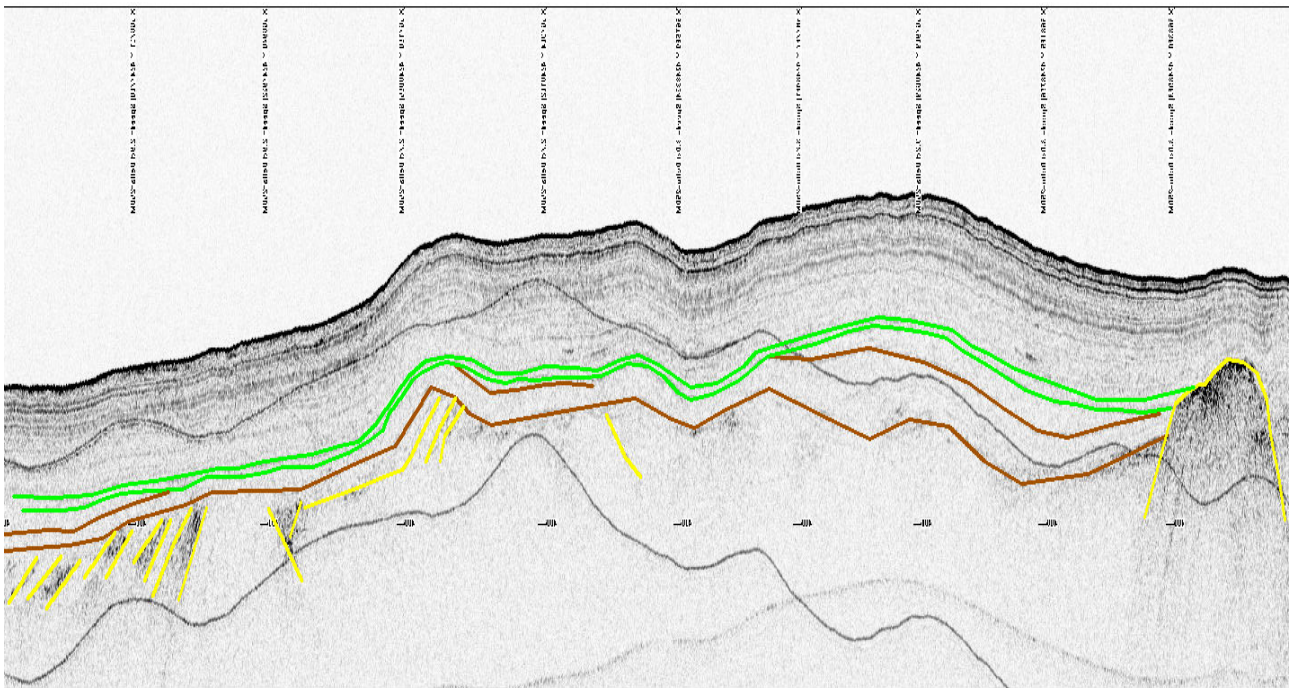


Figura 46. Particolare della Sezione compresa tra il KP 16 e il 21 con discordanze angolare "Top-Lap" tra diversi strati.

6.2.7 Sezione dal KP 21 al KP 29.5

Questa sezione comprende l'ultimo tratto a debole pendenza caratterizzato dalle stesse discordanze angolari alla base dello spessore sedimentario, quindi si nota un leggero cambio di pendenza e da qui inizia la risalita verso la costa Calabrese con due cambi di pendenza, di cui l'ultimo tratto, più acclive (scarpata) è privo della copertura sedimentaria incoerente. Giunti sulla zona di piattaforma siamo di nuovo in presenza dello strato di sedimenti incoerente con spessori più sottili (< 10m). La base della scarpata è caratterizzata da un grosso spessore di

sedimenti che denotano scarsa stratificazione.

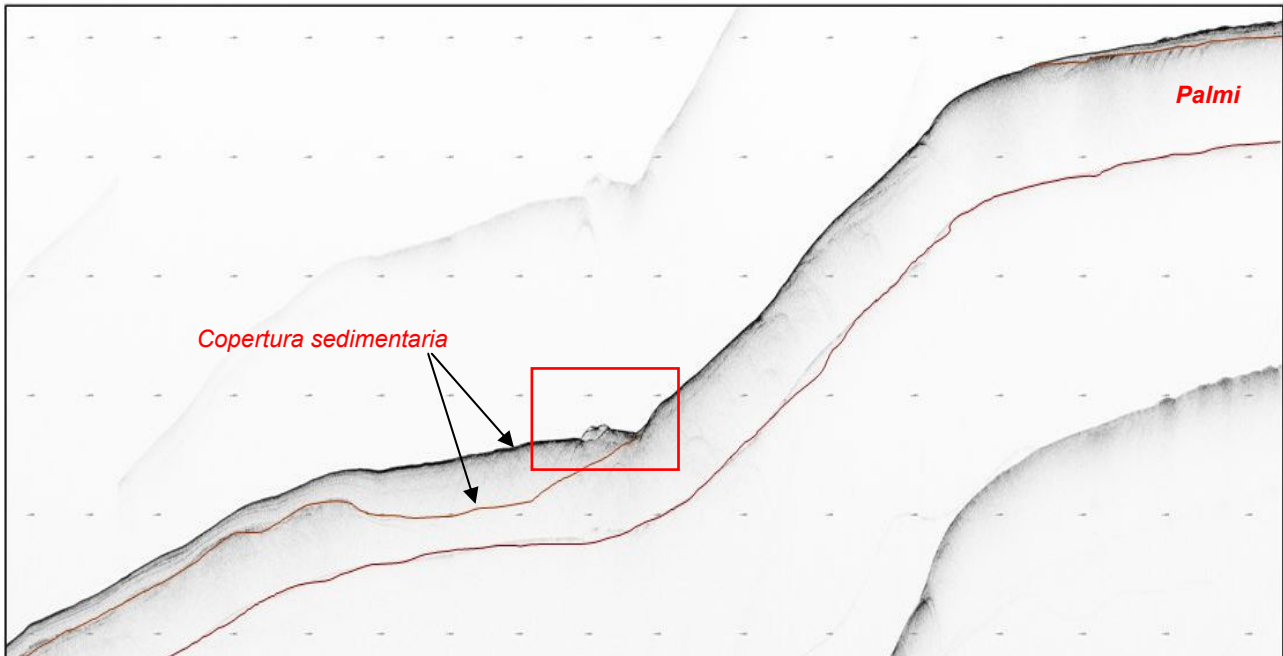


Figura 47. Porzione finale del corridoio dove si nota il grosso spessore di sedimenti poco stratificati alla base della scarpata e l'assenza di copertura incoerente lungo quest'ultima. La stratificazione riappare sulla zona di piattaforma.

Qui siamo qui in presenza di quella zona, alla base della scarpata, interpretata come fascia di corrugamento compresa tra un sistema coniugato di allineamenti tettonici (Figura 38).

Le figure che seguono presentano una interpretazione dettagliata del riquadro rosso della Figura 47. La drastica riduzione delle stratificazioni avvalorata la tesi della presenza di forze compressive che disturbano la regolare disposizione degli strati.

Giugno 2010

Relazione Tecnica Definitiva

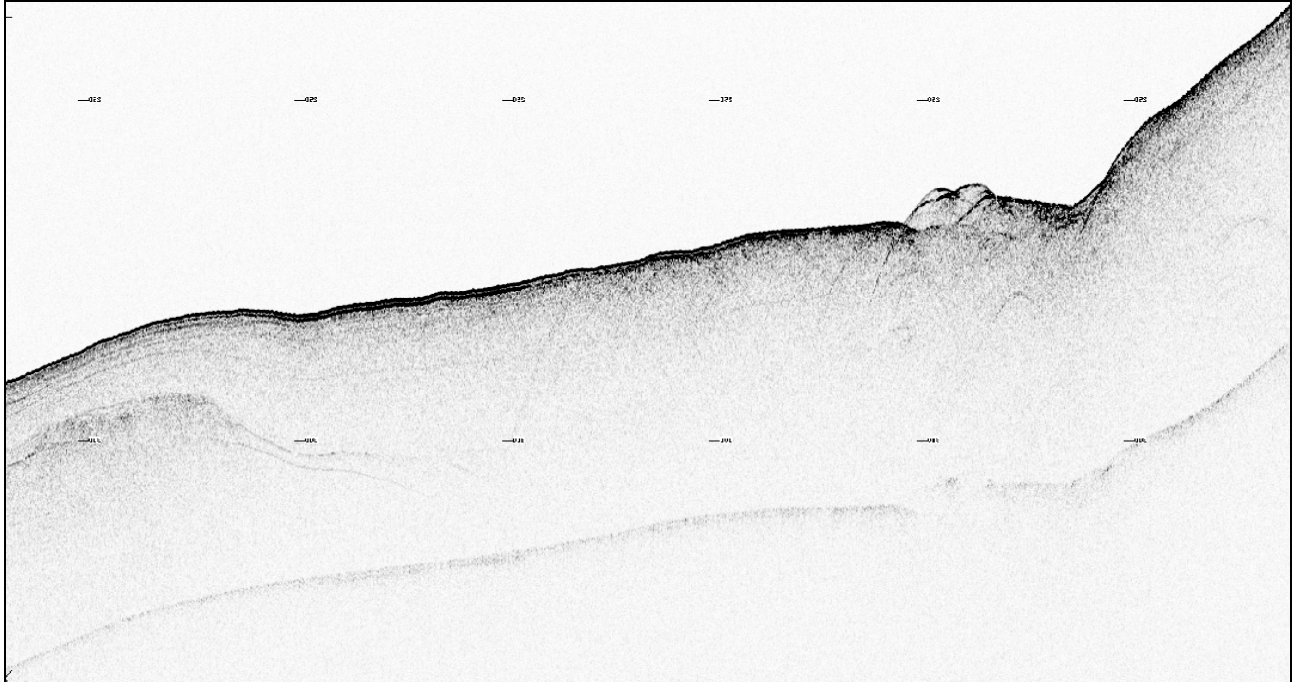


Figura 48. Particolare della base della scarpata caratterizzato da scarsa stratificazione e da una zona di corrugamento.

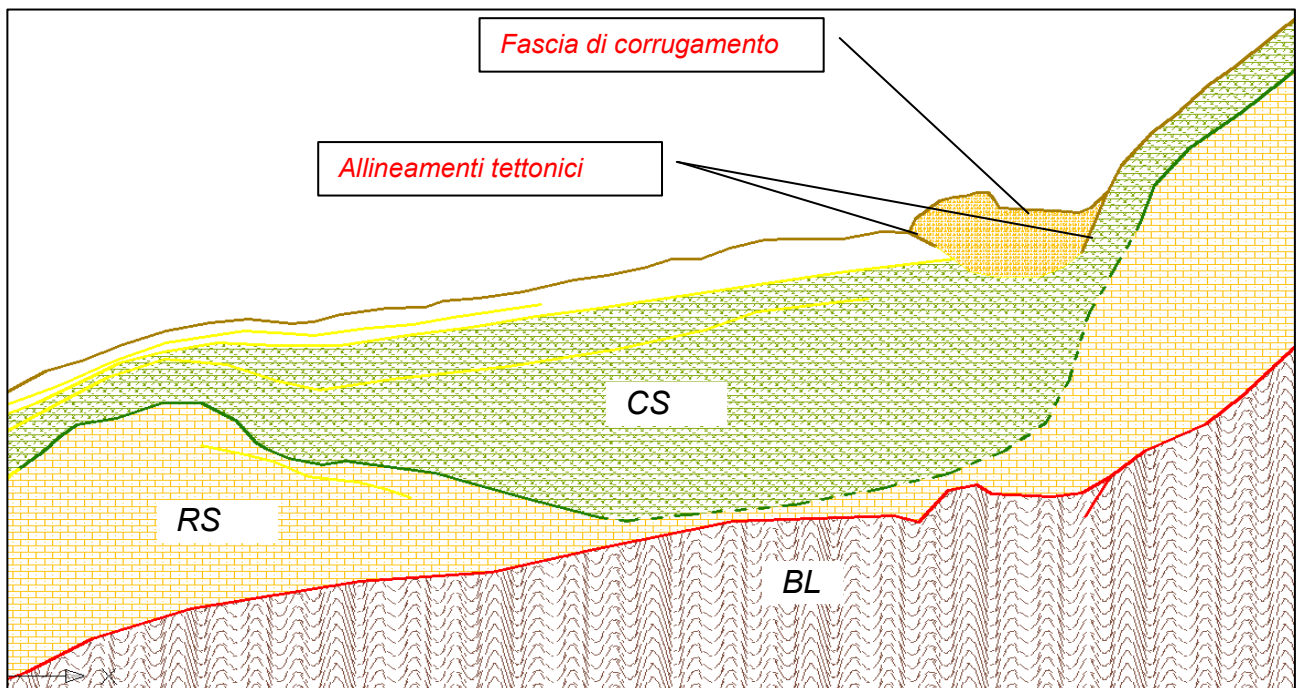


Figura 49. Interpretazione del profilo alla base della scarpata riportato in Figura 48. CS: Copertura sedimentaria incoerente con scarse laminazioni, RS: Rocce sedimentarie, BL: Basamento cristallino metamorfico. In alto è riportata la zona di corrugamento dei sedimenti incoerenti (giallo ocre) tra due allineamenti tettonici.

6.3 Conclusioni

Sulla base delle analisi condotte sui profili sismici acquisiti mediante sistema *Sub Bottom Profiler*, e descritte nei paragrafi precedenti, si evidenzia quanto segue:

- Si riconosce in affioramento una copertura sedimentaria costituita da un alternanza di strati disposti in maniera piano-parallela, a composizione prevalentemente sabbiosa-limoso, con uno spessore medio di circa 10-12 metri che si mantiene pressoché costante lungo tutto il profilo;
- la copertura sedimentaria è assente lungo i tratti di fondale marino più acclivi o se presente, a causa del limitato spessore, è acusticamente invisibile e quindi non riconoscibile in sezione sismica. Di contro, nelle aree di accumulo, come ad esempio la base delle scarpate, si nota un ispessimento del materiale incoerente superficiale;
- Il basamento litoide, costituito presumibilmente da rocce di natura metamorfica, è riconoscibile in sezione sismica grazie alla presenza di un riflettore più marcato e presente ad una profondità di circa 50 metri dal fondo marino, mentre è più superficiale in corrispondenza delle scarpate;
- Tra il basamento roccioso e la copertura sedimentaria è presente un livello che, grazie alla presenza di qualche stratificazione, alle geometrie deposizionali e alla risposta del segnale sismico, è attribuibile a rocce sedimentarie a composizione prevalentemente arenitica. Insieme alla copertura sedimentaria, questi strati compongono una delle due unità geologiche presenti nell'area di studio;
- Da un punto di vista delle caratteristiche litostratigrafiche, tutte le linee non evidenziano particolari differenze, se non in piccole variazioni di spessore della copertura sedimentaria, cosicché si può stabilire l'esistenza di una omogeneità laterale in termini litostratigrafici.
- La morfologia complessiva del corridoio è abbastanza simmetrica avendosi da entrambi i lati una breve piattaforma seguita da una scarpata costituita da due sezioni con due cambi di pendenza, prima di giungere nella zona più profonda che si estende per diversi chilometri con pendenza minima e con un depressione centrale. La scarpata Siciliana è quella che presenta maggiore acclività e alcuni canali, mentre quella Calabrese è meno acclive ma presenta alla base una sottile fascia di probabile corrugamento tra due allineamenti.

6.4 Elenco allegati

Allegato A – Cartografia batimetrica scala 1:10.000 (3 carte: A1, A2, A3)

Allegato B – Cartografia generale delle rotte di navigazione scala 1:50.000 (1 carta: B1)

Allegato C – Cartografia morfologica “Shaded relief map” scala 1:10.000 (3 carte: C1, C2, C3)

Allegato D – Cartografia geomorfologica “Seafloor morphology map” scala 1:5.000 (6 carte: D1, D2, D3, D4, D5, D6)

Allegato E – Sezioni geologiche Scala distorta altezze 1:2.500, distanze 1:25.000 (1 carta: E1)

Allegato F – Cartografia del mosaico SSS scala 1:5.000 (6 carte: F1, F2, F3, F4, F5, F6)

Allegato G – Cartografia degli spessori di sedimento “Isopache” scala 1:10.000 (3 carte: G1, G2, G3)

Allegato H – DVD contenete

Relazione tecnica finale

Immagini digitali dei dati SubBottom Profiler

Modello digitale del terreno DTM in formato ASCII xyz

Dati batimetrici grezzi (swath soundings) in formato ASCII xyz

Raw data SubBottom Profiler

Mosaici Side Scan Sonar

Cartografia in formato digitale con immagini raster