



Trans Adriatic
Pipeline

TAP AG Project Title / Facility Name:

Trans Adriatic Pipeline Project

Document Title:

**RISULTATI DEL RILIEVO GEOFISICO EFFETTUATO
LUNGO IL CORRIDOIO DI POSA DELLA CONDOTTA E DEL FOC**

0	28/11/2017	Issued for Information	IFI	D. Taliana	A. Moore	D. Watson
Rev.	Revision Date (dd-mm-yyyy)	Reason for issue and Abbreviation for it, e.g.	IFR	Prepared by	Checked by	Approv ed by

 	Contractor Name:	RSK Environment Ltd.
	Contractor Project No.:	
	Contractor Doc. No.:	
	Tag No's.:	

TAP AG Contract No.:	Project No.:
----------------------	--------------

PO No.:	RD Code:	Page: 1 of 47
---------	----------	---------------

TAP AG Document No.:	OPL00-C5577-150-Y-TRX-0001
----------------------	-----------------------------------

	TAP AG DOC. NO.:	OPL00-C5577-150-Y-TRX-0001	REV. NO.:	0
	DOC. TITLE:	RISULTATI DEL RILIEVO GEOFISICO EFFETTUATO LUNGO IL CORRIDOIO DI POSA DELLA CONDOTTA E DEL FOC	PAGE:	2 OF 47

INDICE

Pagina

1.	INTRODUZIONE	6
1.1	Generale	6
1.2	Scopo Del Lavoro	6
1.3	Programma Del Rilievo	6
1.4	Parametri Geodetici	8
2.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	9
2.1	Caratteristiche Morfo-Batimetriche Del Fondale Marino Lungo Il Corridoio	11
3.	OPERAZIONI	18
3.1	Riassunto delle operazioni	18
4.	IMBARCAZIONE E STRUMENTAZIONE	20
4.1	Unità di misura utilizzate per il rilievo	20
4.2	Imbarcazione e strumentazione	20
4.3	Offset della strumentazione	21
4.4	Posizionamento	22
4.5	Heading	23
4.6	Ecoscandaglio (SBES)	23
4.7	Ecoscandaglio Multibeam (MBES)	23
4.8	Sistema di compensazione del movimento della barca (MRU)	24
4.9	Profili della velocità del suono nell'acqua (SVP)	25
4.10	USBL (sistema acustico subacqueo)	25
4.11	Side Scan Sonar	25
4.12	Sistema Sub-bottom Profiler	26
5.	CALIBRAZIONI	27
5.1	Posizionamento	27
5.2	Girobussola	27
5.3	Sistema di compensazione del movimento	27
5.4	Ecoscandaglio (SBES)	28
5.5	Ecoscandaglio Multibeam (MBES)	28
5.6	Profili della velocità del suono nell'acqua (SVP)	29
5.7	USBL (sistema acustico subacqueo)	30
6.	ELABORAZIONE DATI	31
6.1	Posizionamento e navigazione	31
6.2	Single Beam Echo Sounder	31
6.3	Multibeam Echo Sounder	31
6.4	Side Scan Sonar	33
6.5	Sub Bottom Profiler	34

	TAP AG DOC. NO.:	OPL00-C5577-150-Y-TRX-0001	REV. NO.:	0
	DOC. TITLE:	RISULTATI DEL RILIEVO GEOFISICO EFFETTUATO LUNGO IL CORRIDOIO DI POSA DELLA CONDOTTA E DEL FOC	PAGE:	3 OF 47

7.	QUALITA' E ACCURATEZZA DEL DATO	35
7.1	Posizionamento e Navigazione	35
7.2	Batimetria	35
7.3	Confronto dei dati batimetrici	35
7.4	Side Scan Sonar	38
7.5	Sub Bottom Profiler	38
8.	PERSONALE	39
9.	CONCLUSIONI	40
10.	BIBLIOGRAFIA	41

APPENDICI

A.	CARTE
B.	CALIBRAZIONI
C.	CARATTERISTICHE DELL'IMBARCAZIONE
D.	STRUMENTAZIONE

	TAP AG DOC. NO.:	OPL00-C5577-150-Y-TRX-0001	REV. NO.:	0
	DOC. TITLE:	RISULTATI DEL RILIEVO GEOFISICO EFFETTUATO LUNGO IL CORRIDOIO DI POSA DELLA CONDOTTA E DEL FOC	PAGE:	4 OF 47

TABELLE

Tabella 1.1: Parametri geodetici del progetto.....	8
Tabella 3.1: Statistica delle operazioni	18
Tabella 4.1: Unità di misura	20
Tabella 4.2: MV Atlante: dettagli.....	20
Tabella 4.3: Offset della strumentazione sulla MV Atlante.....	21
Tabella 4.4: MBES 7101, specifiche tecniche	24
Tabella 4.5: MBES 7160, specifiche tecniche	24
Tabella 4.6: Teledyne DMS 505, specifiche tecniche	24
Tabella 4.7: USBL posizione a bordo	25
Tabella 4.8: SSS Paramenti di registrazione del SSS.....	26
Tabella 4.9: Parametri SBP di registrazione	26
Tabella 5.1: Verifica del sistema di posizionamento (babordo) - Risultati.....	27
Tabella 5.2: Verifica del sistema di Posizionamento (tribordo) - Risultati	27
Tabella 5.3: Controllo dell'allineamento della girobussola - MV Atlante	27
Tabella 5.4: Controllo del sistema di compensazione del movimento sulla MV Atlante	28
Tabella 5.5: Ecoscandaglio 7101 MBES; coordinate di calibrazione (WGS84, UTM34N)	28
Tabella 5.6: Ecoscandaglio 7160 MBES; coordinate di calibrazione (WGS84, UTM34N)	28
Tabella 5.7: Ecoscandaglio 7101 MBES – Risultati calibrazione	29
Tabella 5.8: Ecoscandaglio 7160 MBES – Risultati calibrazione	29
Tabella 5.9: Misure della velocità del suono in acqua, MV Atlante	29
Tabella 8.1: MV Atlante – Personale tecnico	39
Tabella 8.2: MV Atlante – Personale della barca	39

FIGURE

Figura 1.1: Corridoio interessato dal rilievo geofisico.....	7
Figura 2.1: Carta geologica del Salento (REF 5).	10
Figura 2.2: Dati Mbes: KP103.10 - 101.90 (32-77 m) Area con affioramenti con biocostruzioni	14
Figura 2.3: Dati MBES, SSS, SBP: esempio di alto morfologico (biocostruzioni a letti di ostriche)..	15
Figura 2.4: Dati SSS e MBES: esempio di area con biocostruzioni a letti di ostriche.....	16
Figura 2.5: Dati SSS, MBES e SBP: esempio di area con biocostruzioni a letti di ostriche (verificate con ROV, REF 14).....	17
Figura 3.1: Grafico delle statistiche delle operazioni.....	19
Figura 4.1: MV Atlante.	21
Figura 4.2: Offset dell'imbarcazione MV Atlante (non in scala)	22
Figura 6.1: Esempio di dati MBES.....	33
Figura 7.1: Risultati batimetrici degli anni 2013 e 2016.....	36
Figura 7.2: Confronto batimetrico: punto A.....	36
Figura 7.3: Confronto batimetrico: punto B.....	37
Figura 7.4: Confronto batimetrico: punto C.	37
Figura 7.5: Confronto batimetrico: punto D.	37
Figura 7.6: Confronto batimetrico punto E.	38

	TAP AG DOC. NO.:	OPL00-C5577-150-Y-TRX-0001	REV. NO.:	0
	DOC. TITLE:	RISULTATI DEL RILIEVO GEOFISICO EFFETTUATO LUNGO IL CORRIDOIO DI POSA DELLA CONDOTTA E DEL FOC	PAGE:	5 OF 47

ABBREVIAZIONI E GLOSSARIO

CRP	Common Reference Point (Punto di Riferimento Comune)
C-O	Computed minus observed (Calcolato meno Osservato)
Backscatter	Intensità del ritorno sonar del fondo
DGNSS	Differential Global Satellite Navigation System (Sistema di Navigazione Satellitare Differenziale Globale)
DGPS	Differential Global Positioning System (Sistema di Posizionamento Differenziale Globale)
DTM	Digital Terrain Model (Modello digitale del Terreno)
FOC	Fiber Optic Cable
HSE	Health, Safety and Environment (Salute, Sicurezza e Ambiente)
LAT	Lowest Astronomical Tide (Marea astronomica più bassa)
m - km	Metri – chilometri
MBES	Multibeam Echo Sounder (Ecoscandaglio multifascio)
MT	Microtunnel
PPE	Personal Protective Equipment (Equipaggiamento di protezione personale)
PDOP	Position Dilution of Precision
QC	Quality Control (Controllo di qualità)
SBES	Single Beam Echo Sounder (Ecoscandaglio a fascio singolo)
SBP	Sub-bottom Profiler
SSS	Side Scan Sonar
SVP	Sound Velocity Profile
USBL	Ultra Short Baseline
UTC	Coordinated Universal Time
UTM	Universal Transverse Mercator
WGS84	World Geodetic System 1984

	TAP AG DOC. NO.:	OPL00-C5577-150-Y-TRX-0001	REV. NO.:	0
	DOC. TITLE:	RISULTATI DEL RILIEVO GEOFISICO EFFETTUATO LUNGO IL CORRIDOIO DI POSA DELLA CONDOTTA E DEL FOC	PAGE:	6 OF 47

1. INTRODUZIONE

1.1 Generale

La Società RSK, per conto della Trans Adriatic Pipeline (TAP), ha incaricato Fugro di effettuare le attività di mappatura delle biocostruzioni mediante rilievo geofisico con tecnologia MBES, SSS e SBP su una fascia di 200 m per lato rispetto all'asse della condotta ed al cavo a fibra ottica, allo scopo di ottemperare alla Prescrizione A7 del Decreto del Ministero dell'Ambiente Italiano n. 223 dell'11 Settembre 2014.

Il corridoio interessato dal rilievo geofisico a mare si sviluppa lungo la rotta proposta per il gasdotto TAP, da una profondità di circa 10 m sotto costa, fino a circa 50 km dalla costa, dove le profondità si aggirano attorno agli 800 m.

Il rilievo geofisico è stato condotto attraverso l'utilizzo della barca MV Atlante con turni di lavoro di 12 ore tra il 26 Novembre ed il 20 Dicembre 2016.

1.2 Scopo Del Lavoro

Il rilievo geofisico è stato effettuato su un corridoio che si estende per 200 m su entrambi i lati delle due rotte (condotta e cavo a fibra ottica) per una larghezza variabile tra 400 e 700 m.

1.3 Programma Del Rilievo

Il rilievo è stato condotto utilizzando la seguente strumentazione: MBES, SSS e SBP. All'interno dell'area del rilievo le linee sono state acquisite con una spaziatura massima di 50 m. In tutta l'area la sovrapposizione dei dati è stata almeno del 20%.

La maglia del rilievo prodotta è costituita da:

- n. 11 Linee principali lungo la rotta, con una spaziatura di 50 m;
- n. 46 Linee trasversali lunghe dai 600 ai 900 m, con spaziatura di 1 km.

I chilometri totali acquisiti sono stati 633.46 km.

Il programma del rilievo è mostrato in Figura 1.1.

	TAP AG DOC. NO.:	OPL00-C5577-150-Y-TRX-0001	REV. NO.:	0
	DOC. TITLE:	RISULTATI DEL RILIEVO GEOFISICO EFFETTUATO LUNGO IL CORRIDOIO DI POSA DELLA CONDOTTA E DEL FOC	PAGE:	7 OF 47

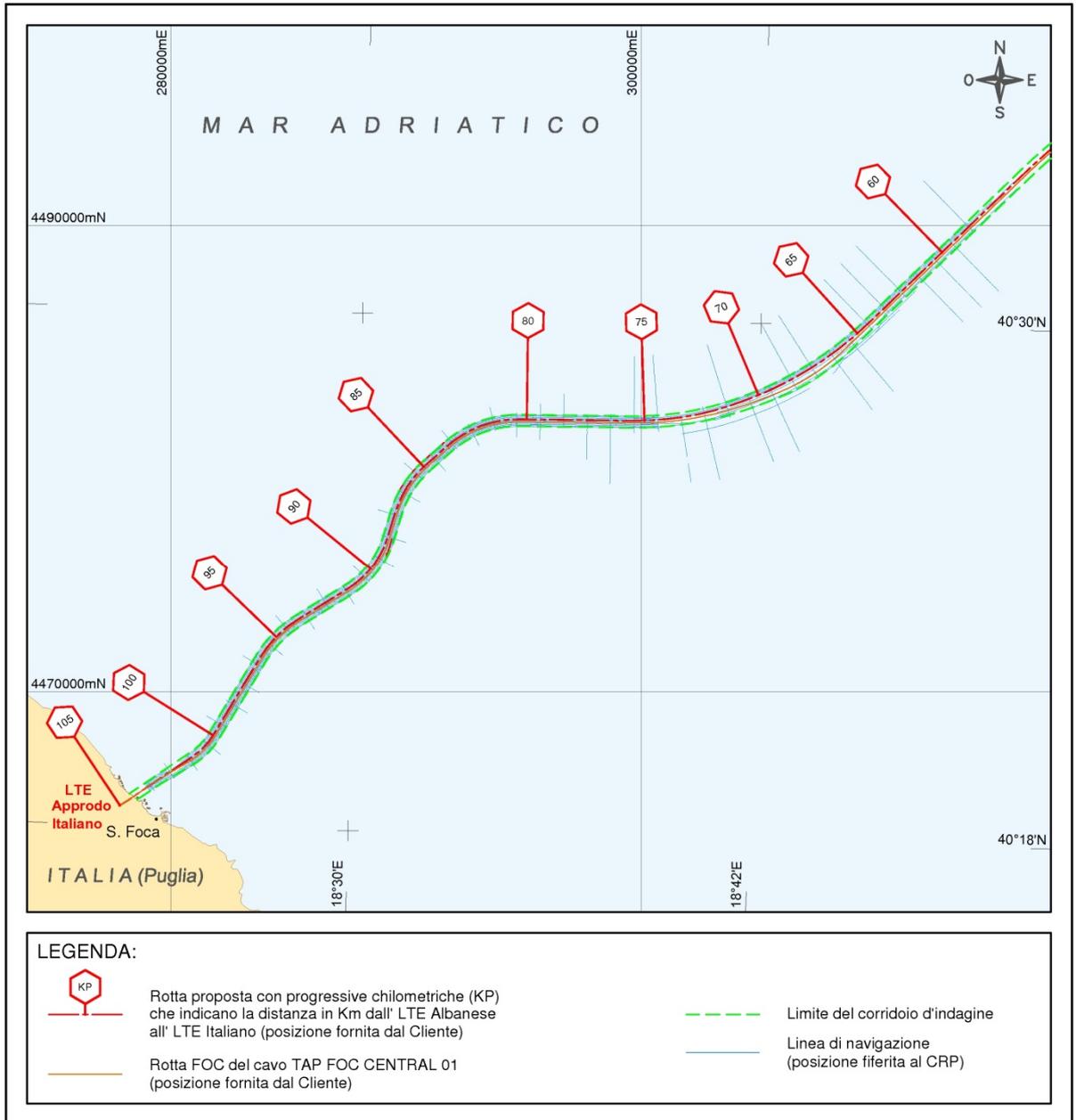


Figura 1.1: Corridoio interessato dal rilievo geofisico

	TAP AG DOC. NO.:	OPL00-C5577-150-Y-TRX-0001	REV. NO.:	0
	DOC. TITLE:	RISULTATI DEL RILIEVO GEOFISICO EFFETTUATO LUNGO IL CORRIDOIO DI POSA DELLA CONDOTTA E DEL FOC	PAGE:	8 OF 47

1.4 Parametri Geodetici

La Tabella 1.1 contiene le informazioni geodetiche e cartografiche relative al rilievo.

Tabella 1.1: Parametri geodetici del progetto

Parametri geodetici sistema di posizionamento mondiale (GPS)¹⁾			
Datum:	World Geodetic System 1984 (WGS84)		
Sferoide:	World Geodetic System 1984		
Asse semi-maggiore:	a = 6 378 137.000 m		
Schiacciamento reciproco:	1/f = 298.257 223 563		
Parametri geodetici Datum locale²⁾			
Datum:	World Geodetic System 1984 (WGS84)		
Sferoid:	World Geodetic System 1984		
Asse semi-maggiore:	a = 6 378 137.000 m		
Schiacciamento reciproco:	1/f = 298.257 223 563		
Parametri di trasformazione del Datum³⁾ da WGS84 a Hayford 1909 – International 1924			
Shift dX: 0.00 m	Rotazione rX: 0.00 arc sec	Factore di scala: 0.00 ppm	
Shift dY: 0.00 m	Rotazione rY: 0.00 arc sec		
Shift dZ: 0.00 m	Rotazione rZ: 0.00 arc sec		
Parametri di proiezione del progetto			
Griglia di proiezione:	Universal Transverse Mercator, Emisfero Nord		
Zona UTM:	34 N		
Meridiano centrale:	21° 00' 00" Est		
Latitudine di origine:	00° 00' 00" Eq		
False Easting:	500 000 m		
False Northing:	0 m		
Fattore di scala sul meridiano centrale:	0.9996		
Unità:	metro		
Notes:			
1. Il software di navigazione della Fugro <i>Starfix</i> usa sempre parametri geodetici WGS84 come datum primario per ogni tipo di calcolo geodetico.			
2. Fonte: Cliente.			
3. Questo è il sistema di coordinate ortogonali usato dal software Fugro <i>Starfix</i> .			

	TAP AG DOC. NO.:	OPL00-C5577-150-Y-TRX-0001	REV. NO.:	0
	DOC. TITLE:	RISULTATI DEL RILIEVO GEOFISICO EFFETTUATO LUNGO IL CORRIDOIO DI POSA DELLA CONDOTTA E DEL FOC	PAGE:	9 OF 47

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

La storia geodinamica e sedimentaria del bacino Adriatico mostra l'evoluzione di un margine passivo durante il Mesozoico, che passa ad un sistema bacinale durante il Cenozoico (REF 4).

La geologia del Mar Adriatico meridionale è caratterizzata dalla presenza di un avampaese relativo agli Appennini meridionali ("Avampaese Apulo-Gargano" Aut.) e di un'avanfossa relativa all'orogenesi delle Dinaridi e dell'Ellenidi (Terziaria-Quaternaria in età). L'avampaese è il prolungamento verso mare degli affioramenti carbonatici di mare basso di età Mesozoica, nella regione Apula ("Piattaforma Apula carbonatica") (REF 3).

L'avampaese Apulo è caratterizzato da un'ampia struttura antiforata fagliata a blocchi (Blocco del Gargano, Murge e Salento) ed orientata ONO-ESE; esso ha subito un sollevamento differenziale durante il Plio-Quaternario (REF 9). Gli affioramenti di arenarie neritiche del Pleistocene inf-medio nei blocchi delle Murge e del Salento si sono depositati probabilmente sopra lineamenti morfo-strutturali. La presenza di una sequenza deposizionale regressiva del Pleistocene sup. su una superficie erosiva, suggerisce un sollevamento uniforme lungo la Penisola Salentina durante il Pleistocene, come confermato anche dalla distribuzione di fossili lungo la costa (REF 2-9). Le oscillazioni eustatiche del livello marino ed il sollevamento tettonico hanno prodotto numerosi terrazzi, che si sollevano almeno fino a 200 m al di sopra del livello del mare (REF 2; REF 8; REF 12).

Studi sulla geologia della penisola meridionale del Salento (REF 8; REF 12) hanno riconosciuto sequenze carbonatiche che hanno un'età compresa tra il Miocene medio-superiore (Formazione delle Calcareniti di Andrano; Langhiano- Tortoniano) ed il Pleistocene (Formazione delle Calcareniti del Salento). Il loro substrato, estesamente affiorante a terra, è rappresentato da calcari e calcari dolomitici del Cretacico superiore (Formazione del Calcare di Altamura), ricoperto in discordanza da calcari bioclastici, di età paleocenico-oligocenica (Formazioni del Calcare di Castro e delle Calcareniti di Porto Badisco). Queste unità sono ricoperte da depositi terrigeni marini del Pleistocene medio-sup. (REF 10; Figura 2.1, REF 5). Questi sedimenti si sono formati durante le principali trasgressioni marine e sono spessi 15-20 m (REF 10).

La recente evoluzione geomorfologica della piattaforma continentale dell'Adriatico meridionale è stata controllata principalmente dalle oscillazioni glacio-eustatiche del livello del mare durante il Pleistocene medio-sup. e l'Olocene. In particolare, la piattaforma continentale del Salento mostra verso mare una stratigrafia caratterizzata da cunei progradanti che si trovano in discordanza su depositi basali costituiti da sabbie e calcareniti Plio-Pleistoceniche (REF 7). La geometria interna di questi cunei è caratterizzata dalla presenza di parasequenze progradanti e retrogradanti, separate da superfici trasgressive (REF 1-6). Lo spessore delle sequenze progradanti testimoniano un netto abbassamento del livello del mare avvenuto durante il Pleistocene medio, mentre la presenza di una grande quantità di sedimenti è legata alla recente fase tettonica ed al conseguente sollevamento che ha coinvolto l'avampaese Apulo (REF 5). Questi depositi meso-cenozoici affioranti nella Penisola Salentina forniscono sedimenti per la deposizione dei cunei progradanti di lowstand (REF 11).

	TAP AG DOC. NO.:	OPL00-C5577-150-Y-TRX-0001	REV. NO.:	0
	DOC. TITLE:	RISULTATI DEL RILIEVO GEOFISICO EFFETTUATO LUNGO IL CORRIDOIO DI POSA DELLA CONDOTTA E DEL FOC	PAGE:	10 OF 47

L'approdo italiano del Gasdotto TAP è stato scelto a San Foca, a 20 km da Lecce. La geologia affiorante in quest'area è caratterizzata da sedimenti Pliocenici appartenenti alla Formazione Uggiano La Chiesa (sotto i 50 m), ricoperti da sedimenti appartenenti alla Formazione Pietra Leccese e alle Calcareniti di Andrano del Miocene. La Formazione Uggiano La Chiesa è costituita da sedimenti detritici e carbonatici, che affiorano lungo la costa con uno spessore maggiore di 50 m (REF 7).

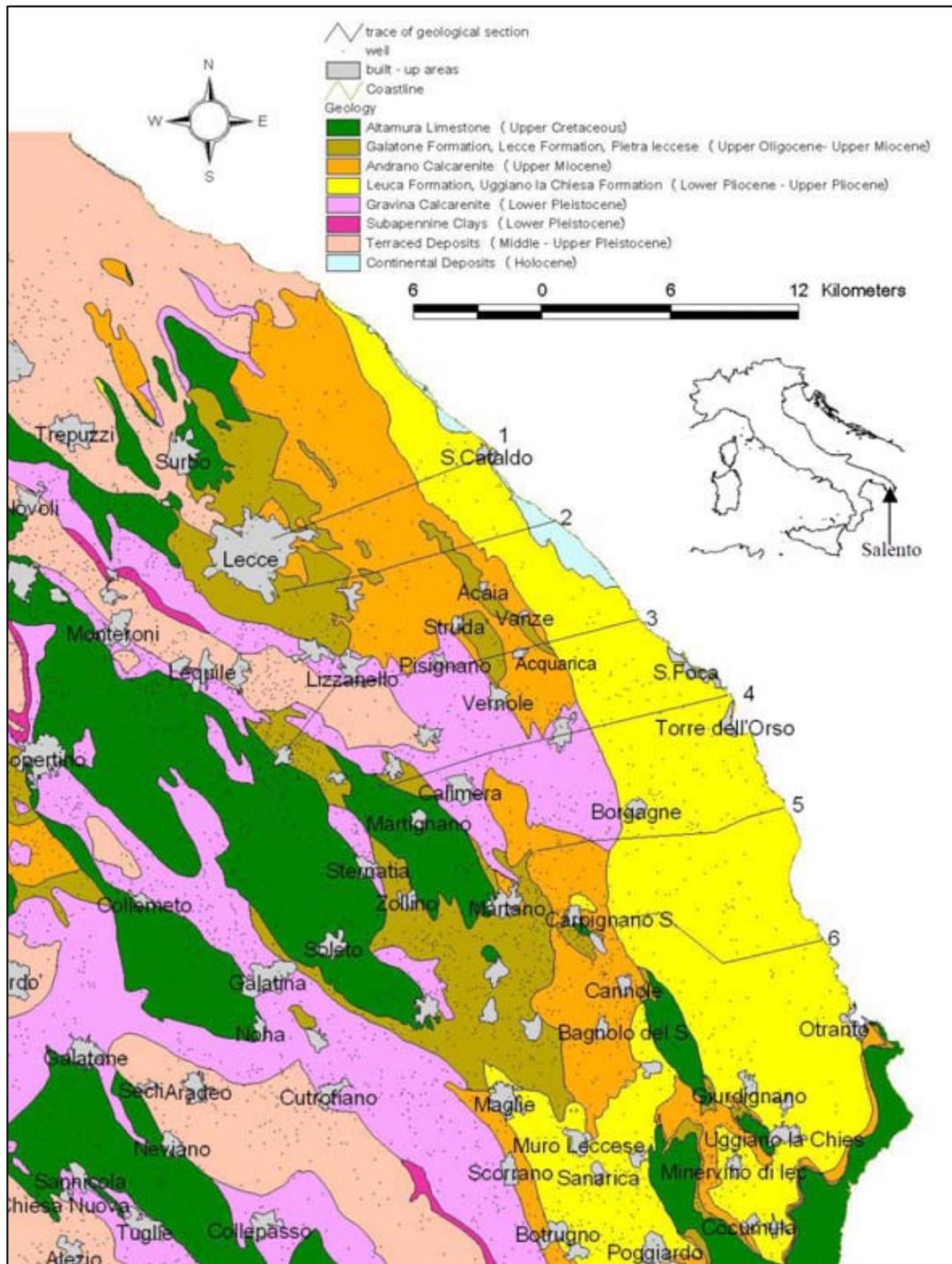


Figura 2.1: Carta geologica del Salento (REF 5).

	TAP AG DOC. NO.:	OPL00-C5577-150-Y-TRX-0001	REV. NO.:	0
	DOC. TITLE:	RISULTATI DEL RILIEVO GEOFISICO EFFETTUATO LUNGO IL CORRIDOIO DI POSA DELLA CONDOTTA E DEL FOC	PAGE:	11 OF 47

2.1 Caratteristiche Morfo-Batimetriche Del Fondale Marino Lungo Il Corridoio

L'interpretazione morfo-batimetrica è stata eseguita integrando i dati MBES e SSS con i dati di sismica monocanale (SBP).

Il rilievo batimetrico è stato effettuato garantendo la copertura del 100% del corridoio. La velocità del suono in acqua utilizzata durante il rilievo è stata di 1515.7 m/s (valore medio delle SVP acquisite durante l'ultima campagna geofisica nel 2016).

I dati sono stati processati mediante il software FUGRO Starfix VBAProc, Starfix SwathEdit e Starfix.Workbench. I dati sono stati anche ripuliti manualmente con l'obiettivo di ridurre i disturbi casuali e correggere la sovrapposizione. I dati sono stati riportati su griglia con l'algoritmo Reduced Stats con una cella di 1x1 m per il Reason Seabat 7101 e di 2x2 m per il Reason Seabat 7160, che è compatibile con le dimensioni dell'impronta del modello di MBES usato, alla profondità media dell'area rilevata. L'accuratezza del dato dipende dalla profondità del fondo mare, essendo la cella minore scelta per il grid di 1 m, elementi sul fondo di dimensioni inferiori non possono essere identificati.

La batimetria è riferita al Lowest Astronomical Tide (LAT).

I files del SSS, in formato *.xtf, sono stati importati nel Software Sonarwiz 6 dove è stato effettuato il controllo della qualità per ogni linea acquisita ed in seguito la correzione della Slant Range. In seguito al processing, è stato creato il mosaico dell'area rilevata, con una risoluzione di 0.5 m. La posizione dei dati SSS è stata confrontata con i dati batimetrici (MBES) ed ha una accuratezza di 1-3 m.

L'analisi dei dati side scan sonar è basata sulle diverse facies acustiche che caratterizzano il fondo marino; esse si differenziano per la forma, le dimensioni, l'intensità del backscatter, l'orientamento, la profondità, ecc. Allo stesso tempo i dati sono stati analizzati per controllare la presenza di targets sul fondo.

Il backscatter del side scan sonar è stato tarato sui vibrocarotaggi e sulle bennate acquisiti nel 2016.

La descrizione morfo-batimetrica del corridoio va dal KP 103.69 (costa italiana) al KP58.42.

Profondità minima lungo la rotta del Gasdotto	14 m LAT (KP 103.69)
Profondità massima lungo la rotta del Gasdotto	814 m LAT (KP 58.42)
Gradiente (pendenza) del fondo marino all'uscita del Microtunnel	4.0°
Gradiente Massimo (pendenza) all'interno dell'area del rilievo	9.1° lungo la principale rottura di pendio

	TAP AG DOC. NO.:	OPL00-C5577-150-Y-TRX-0001	REV. NO.:	0
	DOC. TITLE:	RISULTATI DEL RILIEVO GEOFISICO EFFETTUATO LUNGO IL CORRIDOIO DI POSA DELLA CONDOTTA E DEL FOC	PAGE:	12 OF 47

In generale, lungo la rotta del gasdotto il fondo marino è caratterizzato da una morfologia articolata con numerose forme di fondo, rotture di pendio, alti topografici e depressioni. Questi elementi si sono formati con molta probabilità durante le ultime variazioni del livello del mare, legati a fenomeni gravitativi ed anche in seguito all'azione delle correnti marine che agiscono continuamente sul fondo del mare.

La batimetria nel corridoio di indagine si approfondisce da circa 14 m al KP 103.69 fino a circa 814 m al KP 58.42 con un gradiente medio di 1.2°.

Tra il KP 103.69 ed il KP 103.40, il fondale marino si approfondisce tra 14 m e 21 m, e presenta un gradiente medio di 1.2°. In questo settore del corridoio, il fondale marino è caratterizzato da un backscatter che va da moderato ad alto, indice della presenza di sabbie da dense a molto dense con una sottile coltre di sabbia sciolta (REF 13).

Dal KP 103.40 al KP 103.10, il fondale marino si approfondisce tra 22 m e 32 m ed è caratterizzato da un backscatter moderato, indice della presenza di sabbia pelitica da sciolta a densa (REF 13). Tra il KP 103.40 al KP 103.35 la rotta del gasdotto incontra una scarpata con un'inclinazione di 7.1°.

Dal KP 103.10 al KP 101.90, il fondale marino si approfondisce tra 32 m e 78 m con un gradiente di 2.2°. Il fondale marino è caratterizzato da un backscatter che va da moderato ad alto. In questo settore del corridoio si sviluppano affioramenti che le indagini ROV condotte nel Giugno 2016 hanno confermato essere biocostruzioni. Questi corpi hanno una forma principalmente circolare con un diametro variabile tra i 2-10 m ed un'altezza di 0.5-3 m. Al KP 101.90, il corridoio è delimitato da una rottura di pendio alla profondità di 78 m, con gradiente di 3.0°.

Dal KP 101.89 al KP 91.81 il fondale marino si approfondisce dolcemente tra 78 m ed i 101 m, con un gradiente di 0.5°. Il fondale marino è caratterizzato da un backscatter moderato, indice della presenza di sabbia pelitica da sciolta a densa (REF 13). Al KP 93.79, 65 m a sud della rotta si riconosce un alto morfologico di forma circolare con diametro di circa 30 m ed alto circa 2 m. Questo alto morfologico è stato verificato con le indagini ROV del Giugno 2016 effettuato da OGS ed è risultato essere caratterizzato da letti di ostriche con elevato grado di sedimentazione.

Tra il KP 91.69 ed il KP 90.92 e intorno al KP 90 l'area è caratterizzata dalla presenza di numerosi affioramenti che sono stati verificati con le indagini ROV del Giugno 2016 e risultati essere caratterizzati da biocostruzioni a letti di ostriche con elevato grado di sedimentazione.

Tra il KP 88.61 ed il KP 75.00 il fondale marino si approfondisce tra 111 m a 619 m, con un gradiente di 0.3°. Il fondale marino è caratterizzato da un backscatter moderato, indice della presenza di sabbia pelitica da sciolta a densa.

Tra il KP 75.00 ed il KP 59.00 il fondale marino si approfondisce dolcemente tra i 619 m ed i 814m, con un gradiente medio di 0.8°. Il fondale marino è caratterizzato da un backscatter moderato, indice della presenza di sabbia pelitica da sciolta a densa. Al KP 67,36 m a sud della rotta del gasdotto si

 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG DOC. NO.:	OPL00-C5577-150-Y-TRX-0001	REV. NO.:	0
	DOC. TITLE:	RISULTATI DEL RILIEVO GEOFISICO EFFETTUATO LUNGO IL CORRIDOIO DI POSA DELLA CONDOTTA E DEL FOC	PAGE:	13 OF 47

nota la presenza di un alto morfologico largo circa 200 m ed alto 10 m. In questo settore la rotta del gasdotto non incrocia evidenti forme morfologiche.

Nelle figure seguenti vengono illustrati alcuni dei risultati della mappatura effettuata attraverso Side Scan Sonar e Multi Beam.

In appendice al presente documento sono riportate le mappe con la i risultati dei rilievi effettuati sull'intera rotta fino ai 45 Km della linea mediana dell'Adriatico.

	TAP AG DOC. NO.:	OPL00-C5577-150-Y-TRX-0001	REV. NO.:	0
	DOC. TITLE:	RISULTATI DEL RILIEVO GEOFISICO EFFETTUATO LUNGO IL CORRIDOIO DI POSA DELLA CONDOTTA E DEL FOC	PAGE:	14 OF 47

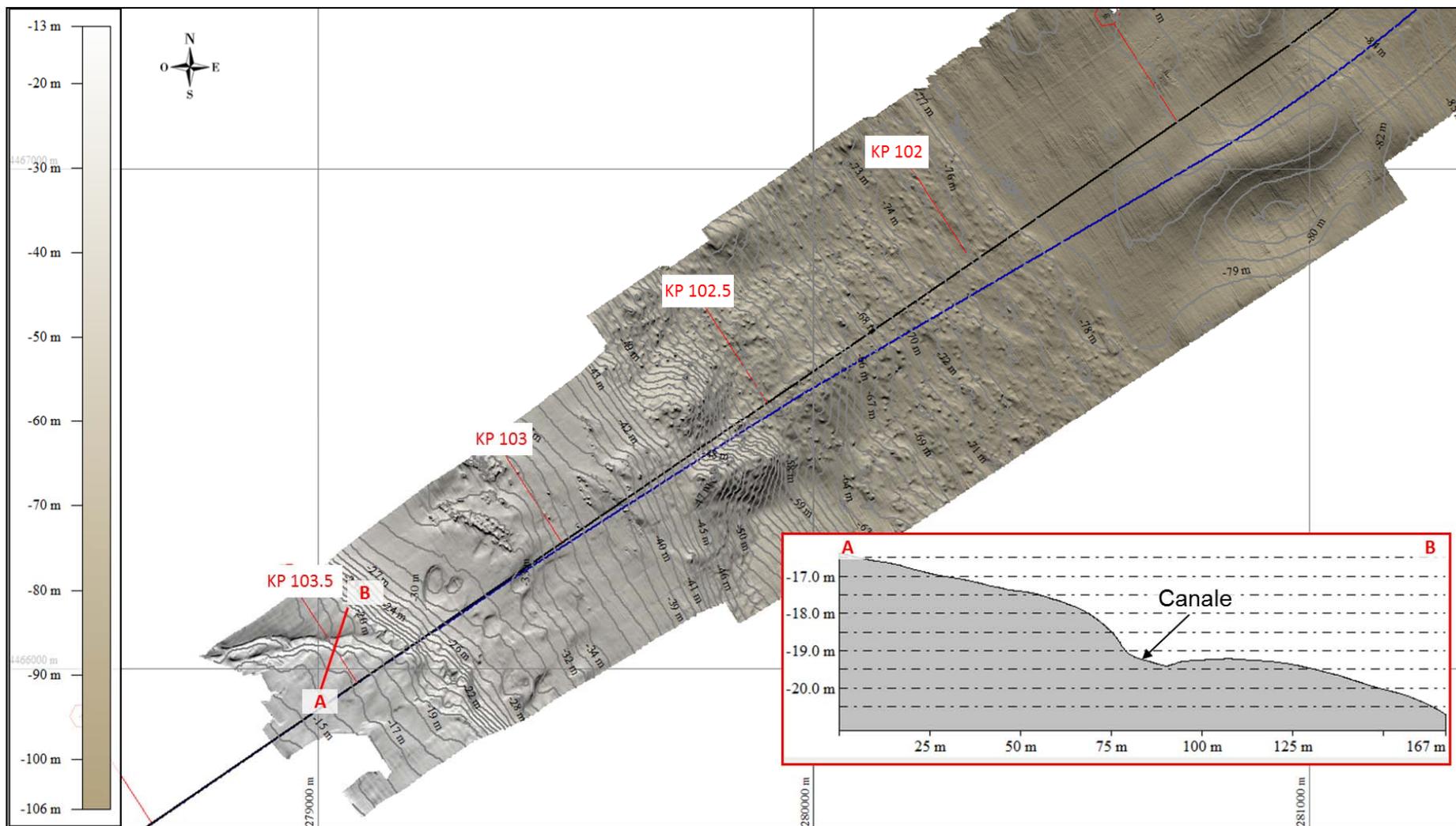


Figura 2.2: Dati Mbes: KP103.10 - 101.90 (32-77 m) Area con affioramenti con biocostruzioni

	TAP AG DOC. NO.:	OPL00-C5577-150-Y-TRX-0001	REV. NO.:	0
	DOC. TITLE:	RISULTATI DEL RILIEVO GEOFISICO EFFETTUATO LUNGO IL CORRIDOIO DI POSA DELLA CONDOTTA E DEL FOC	PAGE:	15 OF 47

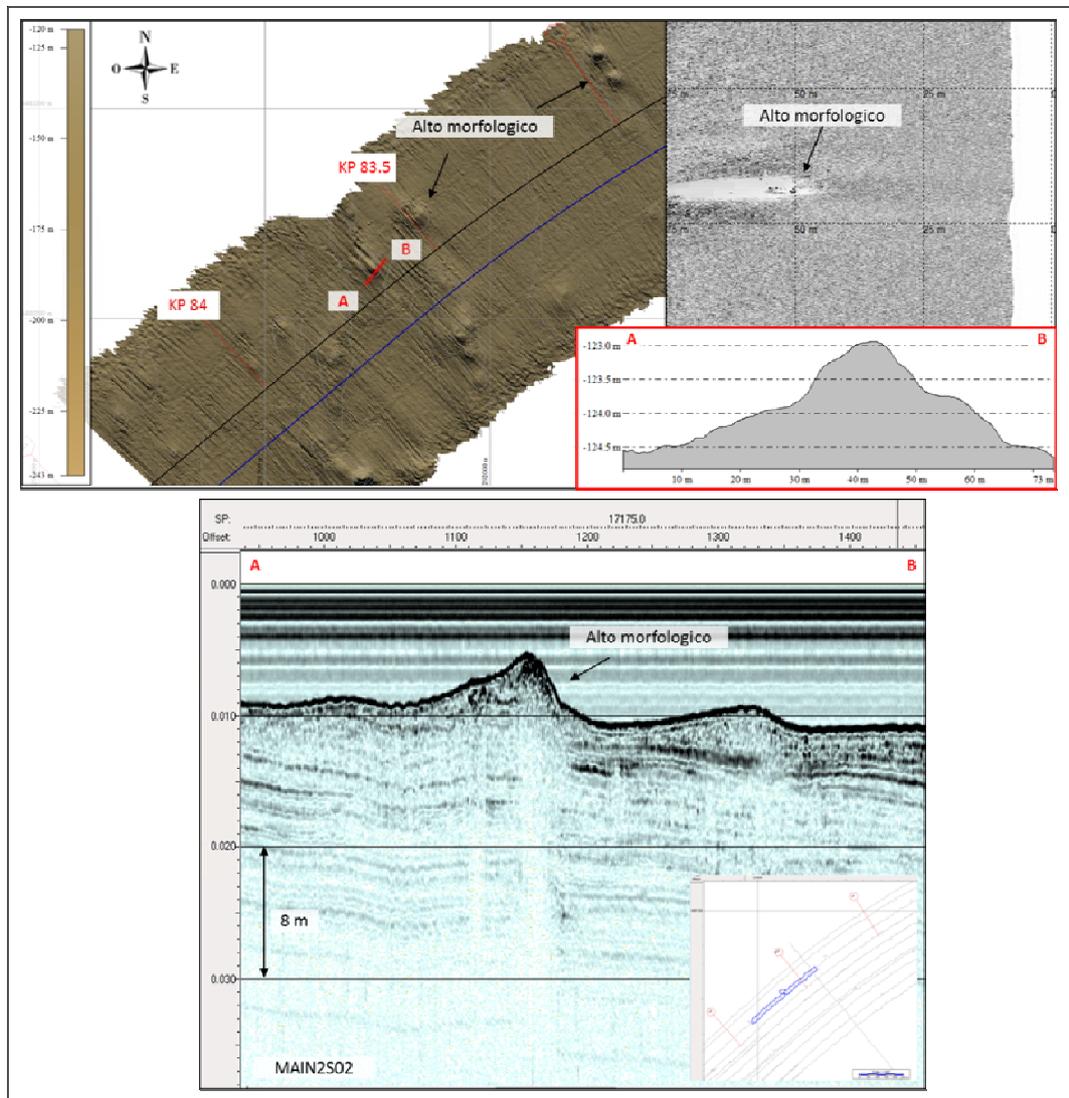


Figura 2.3: Dati MBES, SSS, SBP: esempio di alto morfologico (biocostruzioni a letti di ostriche)..

	TAP AG DOC. NO.:	OPL00-C5577-150-Y-TRX-0001	REV. NO.:	0
	DOC. TITLE:	RISULTATI DEL RILIEVO GEOFISICO EFFETTUATO LUNGO IL CORRIDOIO DI POSA DELLA CONDOTTA E DEL FOC	PAGE:	16 OF 47

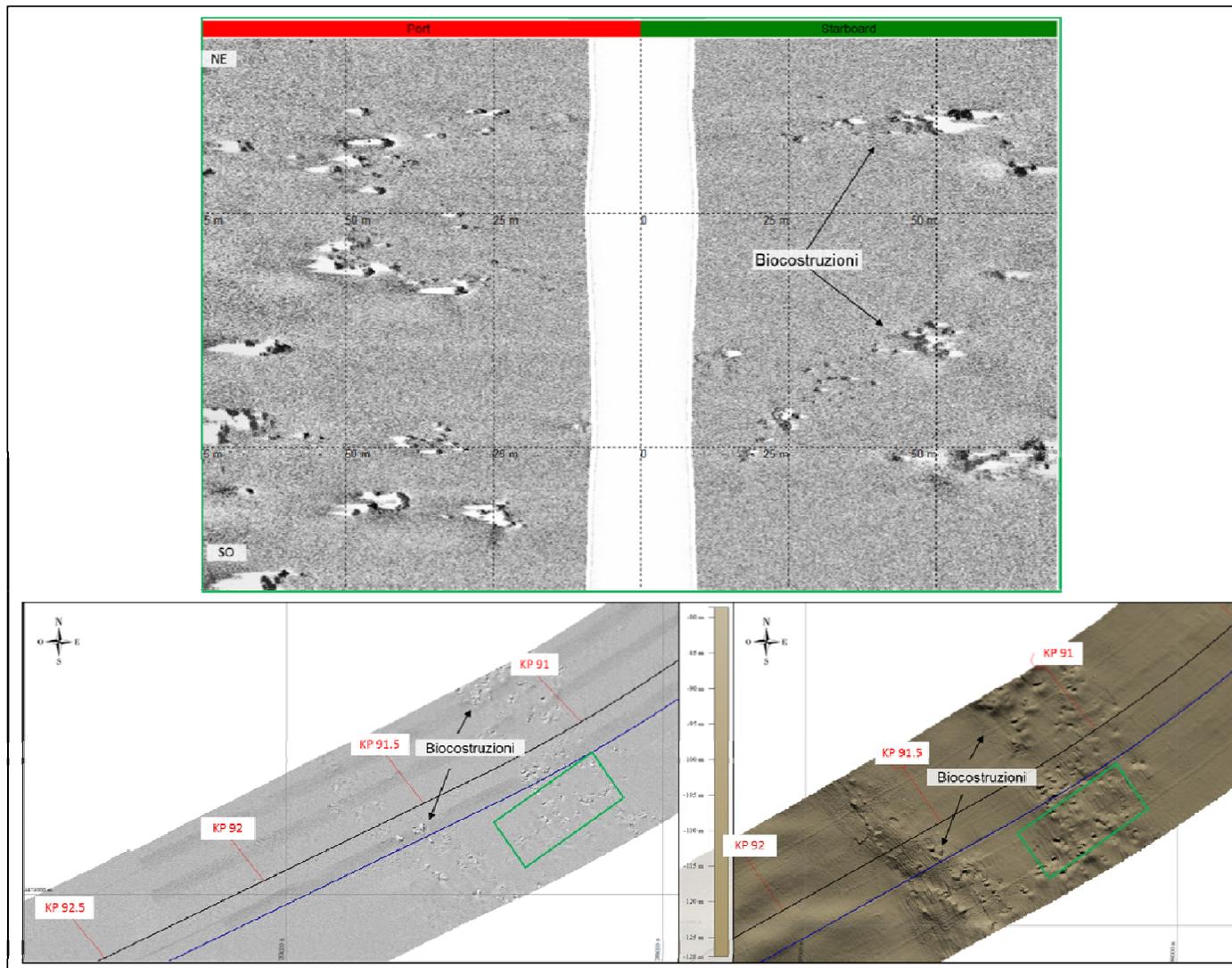


Figura 2.4: Dati SSS e MBES: esempio di area con biocostruzioni a letti di ostriche

	TAP AG DOC. NO.:	OPL00-C5577-150-Y-TRX-0001	REV. NO.:	0
	DOC. TITLE:	RISULTATI DEL RILIEVO GEOFISICO EFFETTUATO LUNGO IL CORRIDOIO DI POSA DELLA CONDOTTA E DEL FOC	PAGE:	17 OF 47

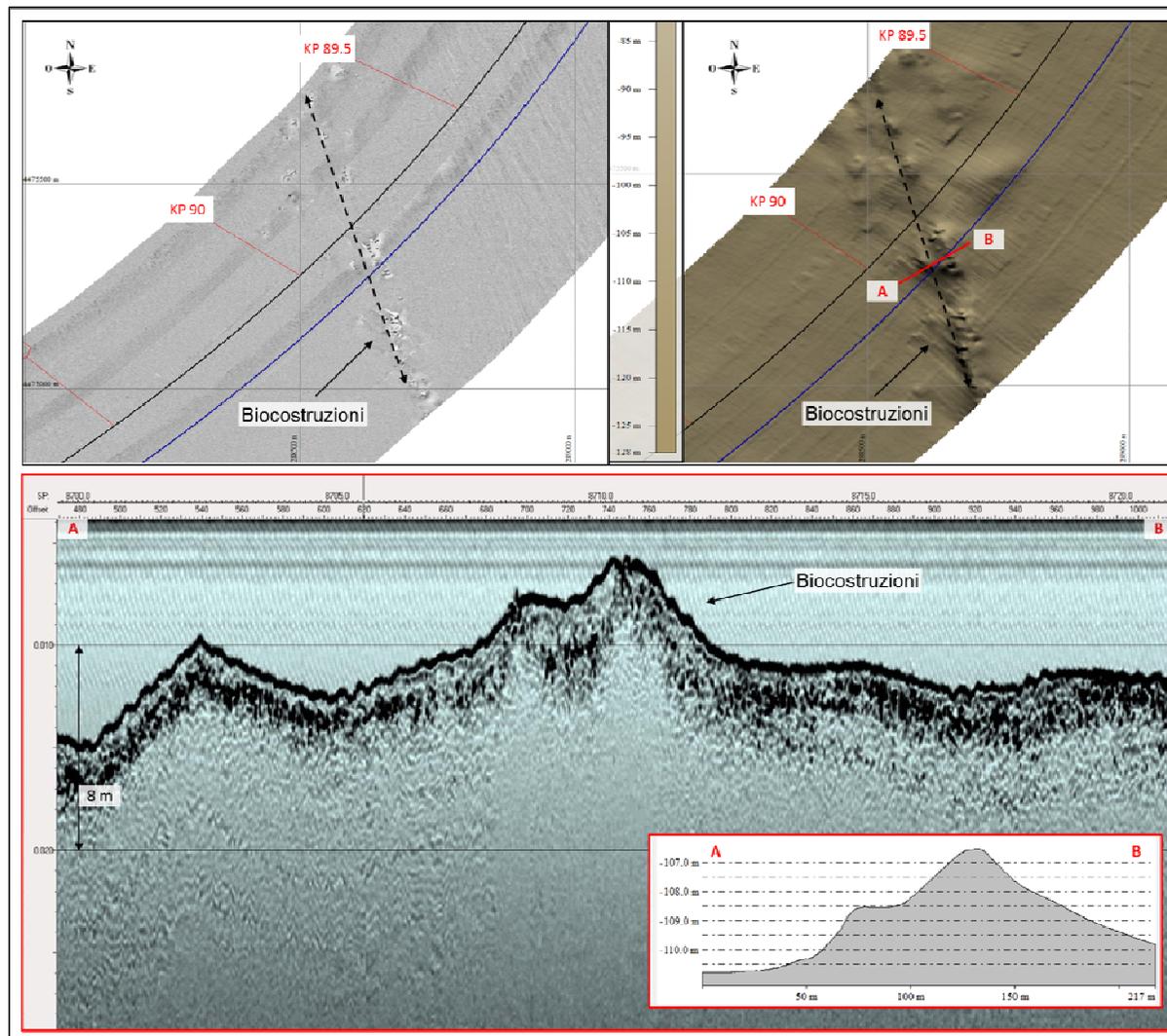


Figura 2.5: Dati SSS, MBES e SBP: esempio di area con biocostruzioni a letti di ostriche (verificate con ROV, REF 14).

	TAP AG DOC. NO.:	OPL00-C5577-150-Y-TRX-0001	REV. NO.:	0
	DOC. TITLE:	RISULTATI DEL RILIEVO GEOFISICO EFFETTUATO LUNGO IL CORRIDOIO DI POSA DELLA CONDOTTA E DEL FOC	PAGE:	18 OF 47

3. OPERAZIONI

In questa sezione vengono descritte le caratteristiche dell'imbarcazione e della strumentazione utilizzata da Fugro per raggiungere i risultati riportati in questo rapporto.

L'imbarcazione utilizzata per il rilievo è la MV Atlante.

3.1 Riassunto delle operazioni

L'imbarcazione MV Atlante è stata utilizzata fra il 26 novembre e il 19 dicembre 2016 per realizzare il rilievo geofisico lungo la rotta del gasdotto TAP.

La mobilitazione dell'imbarcazione MV Atlante è avvenuta nel porto di Otranto fra il 26 e 27 novembre 2016. I test e le calibrazioni della strumentazione sono stati effettuati fra il 27 e il 28 novembre 2016.

Fra il 28 novembre e il 1 dicembre le condizioni metereologiche non hanno consentito all'imbarcazione di uscire dal porto. Il 2 dicembre ha avuto inizio l'acquisizione dei dati geofisici. Il 12 dicembre l'imbarcazione è rimasta nuovamente in porto per le condizioni meteo. L'acquisizione dei dati è ricominciata il 14 dicembre.

Il 18 dicembre l'acquisizione è stata completata. La demobilitazione dell'imbarcazione MV Atlante è avvenuta il 19 dicembre 2016.

In totale l'imbarcazione è rimasta in porto per condizioni metereologiche avverse 228.17 ore (41.35% del tempo totale).

Tabella 3.1: Statistica delle operazioni

Attività	Ore: Minuti	Percentuale
Mobilitazione	53.87	9.77
Transito	43.97	7.98
Operazioni Rilievo Geofisico	182.47	33.02
Sospensione operazioni - Maltempo	228.17	41.35
Sospensione operazioni - Altro	0.70	0.13
Sospensione operazioni - Manutenzione	3.17	0.57
Inattività - Strumentazione	35.16	6.37
Demobilitazione	4.50	0.81
TOTALE	552	100.00

 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG DOC. NO.:	OPL00-C5577-150-Y-TRX-0001	REV. NO.:	0
	DOC. TITLE:	RISULTATI DEL RILIEVO GEOFISICO EFFETTUATO LUNGO IL CORRIDOIO DI POSA DELLA CONDOTTA E DEL FOC	PAGE:	19 OF 47

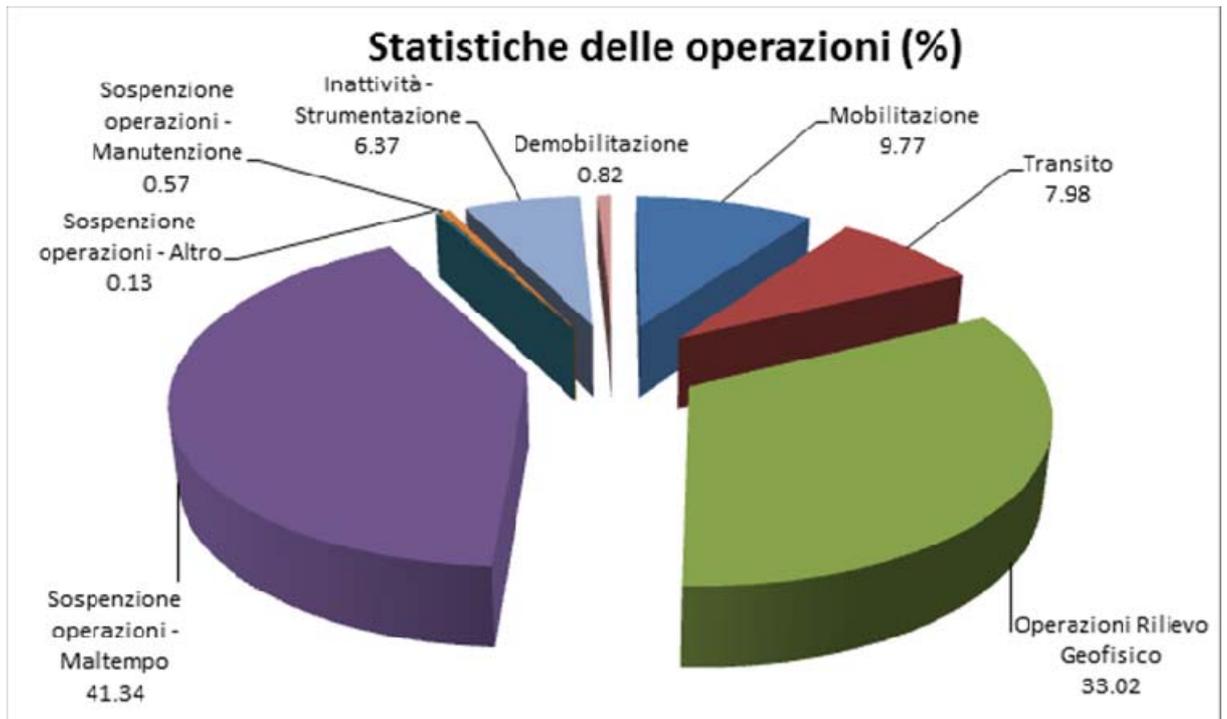


Figura 3.1: Grafico delle statistiche delle operazioni

	TAP AG DOC. NO.:	OPL00-C5577-150-Y-TRX-0001	REV. NO.:	0
	DOC. TITLE:	RISULTATI DEL RILIEVO GEOFISICO EFFETTUATO LUNGO IL CORRIDOIO DI POSA DELLA CONDOTTA E DEL FOC	PAGE:	20 OF 47

4. IMBARCAZIONE E STRUMENTAZIONE

4.1 Unità di misura utilizzate per il rilievo

Le unità di misura utilizzate durante le operazioni sono riportate nella **Error! Reference source not found.**

Tabella 4.1: Unità di misura

Valore	Unità
Tempo	Ora locale italiana (UTC + 02:00 ore)
Unità di misura lineare	Metro secondo il sistema internazionale di unità di misura (m)
Unità di misura angolare	Gradi, Minuti, Secondi (°, ', ")

4.2 Imbarcazione e strumentazione

Il rilievo geofisico è stato eseguito utilizzando l'imbarcazione MV Atlante sulle 24 ore.

Questa sezione fornisce informazioni riguardanti le caratteristiche della barca e della strumentazione utilizzate per il rilievo.

Tabella 4.2: MV Atlante: dettagli

Nome	MV Atlante
Classe	100 – A – 1.1. – NAV MEDITERRANEAN
Anno di costruzione	1990. Ricostruita nel 2002
Alloggi	17 posti letto (8 doppie e 1 singola)
Stazza lorda	264 T
Lunghezza	42.9 m
Larghezza	8.8 m
Pescaggio	4.15 m
Velocità	10 nodi
Autonomia	28 giorni
Capienza carburante	95 m3
Capienza acqua	45 m3
Consumo in transito	3400 kg/giorno
Consumo durante il lavoro	600 kg/giorno
Consumo in porto	100 kg/giorno

	TAP AG DOC. NO.:	OPL00-C5577-150-Y-TRX-0001	REV. NO.:	0
	DOC. TITLE:	RISULTATI DEL RILIEVO GEOFISICO EFFETTUATO LUNGO IL CORRIDOIO DI POSA DELLA CONDOTTA E DEL FOC	PAGE:	21 OF 47



Figura 4.1: MV Atlante.

4.3 Offset della strumentazione

Gli offset della strumentazione sono stati misurati e introdotti nel sistema di navigazione. Questi valori sono riportati nella **Error! Reference source not found.** Gli offset della strumentazione sono riferiti al CRP (punto di riferimento comune).

Tabella 4.3: Offset della strumentazione sulla MV Atlante

Offsets (dal CRP)	X [m]	Y [m]	Z [m]
CRP (punto di riferimento comune)	0.000	0.000	0.000
MRU MBES	-3.614	-6.906	1.179
MRU	0.058	-3.662	-1.270
Antenna Primaria (DGPS Centrale)	0.327	3.408	10.417
Antenna Secondaria (DGPS Tribordo)	1.487	3.528	10.609
Cntr Frame	-4.524	-7.146	-3.890
MBES 7101	-4.774	-6.026	-3.110
MBES 7160	-4.274	-8.226	-3.440
SBES	-4.774	-6.836	-4.150

	TAP AG DOC. NO.:	OPL00-C5577-150-Y-TRX-0001	REV. NO.:	0
	DOC. TITLE:	RISULTATI DEL RILIEVO GEOFISICO EFFETTUATO LUNGO IL CORRIDOIO DI POSA DELLA CONDOTTA E DEL FOC	PAGE:	22 OF 47

SSS/SBP (TP)	1.563	-25.154	0.00
USBL	-4.774	-7.996	-4.390

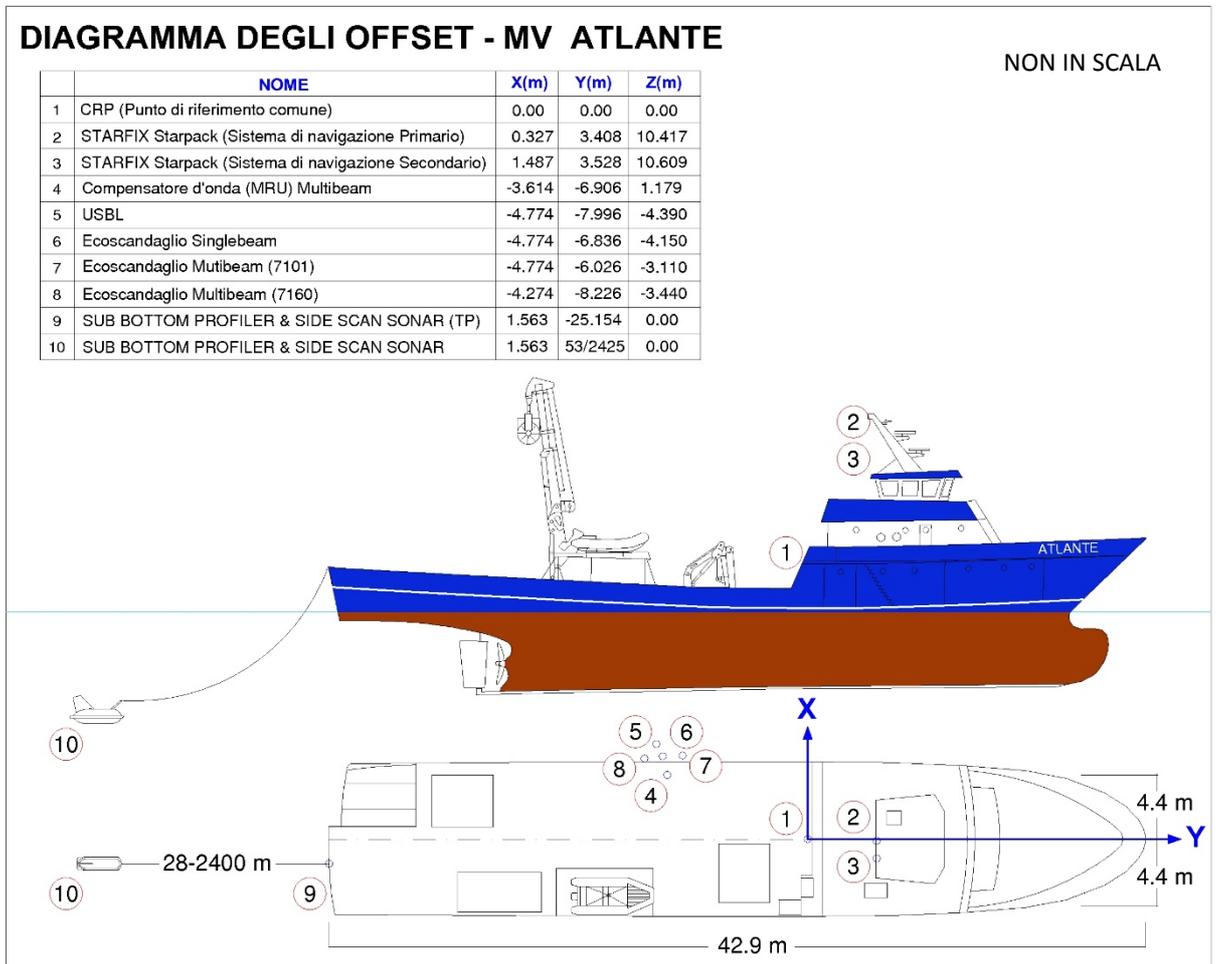


Figura 4.2: Offset dell'imbarcazione MV Atlante (non in scala)

4.4 Posizionamento

Per il posizionamento primario e secondario GNSS (Sistema di Navigazione Satellitare Differenziale Globale) sono stati utilizzati due sistemi indipendenti Fugro StarPack.

Le antenne sono state installate in posizioni idonee alla ricezione dei segnali. I sistemi sono stati interfacciati direttamente al sistema di navigazione, che ha fornito le posizioni con un'accuratezza orizzontale maggiore di ± 0.15 m e ± 0.20 m verticale.

I sistemi di posizionamento sono stati utilizzati con le condizioni seguenti:

- elevation mask minima di 5 gradi;
- PDOP inferiore a 5;
- Numero minimo di satelliti: 5

	TAP AG DOC. NO.:	OPL00-C5577-150-Y-TRX-0001	REV. NO.:	0
	DOC. TITLE:	RISULTATI DEL RILIEVO GEOFISICO EFFETTUATO LUNGO IL CORRIDOIO DI POSA DELLA CONDOTTA E DEL FOC	PAGE:	24 OF 47

Sonda per la velocità del suono: Valeport SVP
 Intervallo di profondità: -200 m to -810 m

Questi sistemi sono stati interfacciati al software Fugro Starfix utilizzato durante il rilievo geofisico.

Ulteriori dettagli possono essere trovati nella Tabella 4.4, nella Tabella 4.5 e in Appendice D.

Tabella 4.4: MBES 7101, specifiche tecniche

MBES 7101, specifiche tecniche	
Frequenza operativa	240 kHz
Numero di fasci	Fino a 511 fasci
Ampiezza del fascio lungo la rotta	1.5°
Ampiezza del fascio trasversale alla rotta	1.8°
Profondità massima	500 m
Velocità massima di aggiornamento	40 Hz
Risoluzione	12.5 mm

Tabella 4.5: MBES 7160, specifiche tecniche

MBES 7160, specifiche tecniche	
Frequenza operativa	44 kHz
Numero di fasci	512 Equi-Distant/ 150 Equi-Angle
Ampiezza del fascio lungo la rotta	1.5°
Ampiezza del fascio trasversale alla rotta	2.0° at nadir
Profondità massima	3000 m
Velocità massima di aggiornamento	50 Hz
Risoluzione	3 mm

4.8 Sistema di compensazione del movimento della barca (MRU)

La compensazione per la rotta ed il movimento dell'imbarcazione e' stato fornito dall'unità TSS DMS 505. Il sistema TSS DMS 505 fornisce misure precise di roll, pitch e heave, per permettere una compensazione del movimento degli strumenti. Il sistema TSS DMS 505 raggiunge alta affidabilità e precisione nelle misure del movimento utilizzando sensori a stato solido non in movimento e un dispositivo elettronico e meccanico collaudato.

I parametri di registrazione sono riassunti nella **Error! Reference source not found.**

Tabella 4.6: Teledyne DMS 505, specifiche tecniche

Teledyne DMS 505 specifiche tecniche	
Heave	5 cm or 5% se più grande
Roll & Pitch (°RMS)	0.05
Maximum Calibrated Range	Heave ±10 m, Roll & Pitch ±30°
Risoluzione del dato	Heave 1 cm, Roll & Pitch 0.01°
Larghezza di banda	Heave 0.05 a >10Hz, Roll & Pitch 0 a >10Hz

Ulteriori dettagli possono essere trovati in Appendice D.

	TAP AG DOC. NO.:	OPL00-C5577-150-Y-TRX-0001	REV. NO.:	0
	DOC. TITLE:	RISULTATI DEL RILIEVO GEOFISICO EFFETTUATO LUNGO IL CORRIDOIO DI POSA DELLA CONDOTTA E DEL FOC	PAGE:	25 OF 47

4.9 Profili della velocità del suono nell'acqua (SVP)

Per calibrare l'ecoscandaglio MBES, è stata utilizzata una sonda Valeport Midas Mini SVP, con cui è stata misurata la velocità della colonna d'acqua prima dell'inizio dell'acquisizione dei dati.

Il corretto valore di velocità del suono in acqua è stato applicato al MBES per ottenere valori batimetrici reali e affidabili. I risultati delle misurazioni sono riportati nella **Error! Reference source not found.**

Maggiori dettagli in Appendice B.

4.10 USBL (sistema acustico subacqueo)

Il sistema Sonardyne Ranger 2 è stato mobilitato sull'imbarcazione con lo scopo di garantire un corretto posizionamento del trasduttore del SSS. Il sistema online Starfix.SEIS è stato utilizzato durante il rilievo per registrare le posizioni calcolate.

Il sistema USBL a bordo dell'imbarcazione rileva l'intervallo e la distanza attraverso un idrofono montato sullo scafo ad un'antenna sott'acqua (beacon). Le posizioni risultanti X, Y e Z relative all'imbarcazione sono state collegate al sistema DGPS a bordo dell'imbarcazione. L'accuratezza del posizionamento con il sistema USBL è circa dell'1%.

L'USBL è stato montata a palo a tribordo dell'imbarcazione.

Tabella 4.7: USBL posizione a bordo

Posizione del sistema USBL a bordo	
Offset al CRP	-4.774 m
Offset laterale	-7.996 m
Profondità	-4.630 m

Le specifiche tecniche dello strumento sono in Appendice D.

4.11 Side Scan Sonar

L'immagine sonar della morfologia del fondale marino è stata acquisita con l'utilizzo del SSS Towed Edgetech DSS2000, strumento con doppio canale e doppia frequenza, connesso con Starfix. L'intervallo di frequenza è da 100 a 400 kHz.

Durante l'acquisizione, l'altezza del trasduttore ha raggiunto un minimo di 7.5 m dal fondale marino, mentre la distanza dalla poppa è variata da 84 a 2400 m, a seconda della velocità dell'imbarcazione e della morfologia del fondale.

In fase di elaborazione dati, le immagini georeferenziate del SSS sono state sovrapposte con quelle del DTM ottenuto dal MBES. Le caratteristiche principali del fondale e la loro posizione sono stati controllati per verificare eventuali discrepanze. L'errore stimato varia da 1 a 3 m.

La registrazione dei fix è avvenuta automaticamente da Starfix.Seis a 25 m di intervallo, inclusi i dettagli del numero del fix e l'ora.

	TAP AG DOC. NO.:	OPL00-C5577-150-Y-TRX-0001	REV. NO.:	0
	DOC. TITLE:	RISULTATI DEL RILIEVO GEOFISICO EFFETTUATO LUNGO IL CORRIDOIO DI POSA DELLA CONDOTTA E DEL FOC	PAGE:	26 OF 47

Dati operativi SSS

Il dato SSS è stato registrato con un range minimo di 75 m per canale, per assicurare una copertura del 125% nell'area del rilievo. Al fine di mantenere la copertura oltre l'isobata di -365 m il range è passato a 250 m per canale.

I parametri operativi e gli offset sono riportati nella **Error! Reference source not found.**

Tabella 4.8: SSS Parametri di registrazione del SSS

Parametri di registrazione del SSS	
Range minimo	75 m
Bassa frequenza	100kHz
Alta frequenza	400 kHz

4.12 Sistema Sub-bottom Profiler

Il Sub-bottom Profiler Edgetech DSS2000 è stato usato come strumento principale per un'indagine di dettaglio della geologia superficiale. Il sistema comprende una configurazione di quattro (4) trasduttori. La frequenza utilizzata dai trasduttori è stata di 3.5 kHz.

Lo strumento SBP è collegato al sistema di navigazione attraverso il software Starfix. I dati del SBP sono stati registrati in format SEG-Y con la navigazione e fix ogni 25 m.

I parametri di registrazione sono descritti in **Error! Reference source not found.**

Tabella 4.9: Parametri SBP di registrazione.

SBP parametri di registrazione	
Lunghezza della registrazione	300 ms
Ritardo	0 ms
Frequenza	8 KHz
Intervallo dei fix	10 m

Specifiche tecniche dello strumento possono essere trovate in Appendice D.

	TAP AG DOC. NO.:	OPL00-C5577-150-Y-TRX-0001	REV. NO.:	0
	DOC. TITLE:	RISULTATI DEL RILIEVO GEOFISICO EFFETTUATO LUNGO IL CORRIDOIO DI POSA DELLA CONDOTTA E DEL FOC	PAGE:	27 OF 47

5. CALIBRAZIONI

Le prove e le calibrazioni della strumentazione sono state eseguite prima dell'inizio del rilievo geofisico:

- Verifica del funzionamento del DGPS;
- Calibrazione della girobussola;
- Misurazione degli offset dell'imbarcazione e inserimento nel sistema di navigazione;
- Prova funzionale dell'ecoscandaglio SBES montato a palo;
- Misurazione della velocità acustica dell'acqua.

5.1 Posizionamento

Il sistema di posizionamento primario (Antenna di babordo) è stato verificato durante la mobilitazione dell'imbarcazione. La verifica è stata effettuata nel porto di Otranto il 19 novembre utilizzando sistemi topografici. I risultati sono riportati nella **Error! Reference source not found.**

Tabella 5.1: Verifica del sistema di posizionamento (babordo) - Risultati

Data	Descrizione	Δ Est	S.D.	Δ Nord	S.D.
		[m]	[m]	[m]	[m]
19 novembre 2016	DGPS Antenna babordo	-0.55	0.02	-0.59	0.02

Anche la verifica dell'antenna di tribordo è stata effettuata 19 novembre 2016. I risultati sono riportati in **Error! Reference source not found.**

Tabella 5.2: Verifica del sistema di Posizionamento (tribordo) - Risultati

Data	Descrizione	Δ Est	S.D.	Δ Nord	S.D.
		[m]	[m]	[m]	[m]
19 novembre 2016	DGPS Antenna tribordo	-0.53	0.02	-0.60	0.02

I risultati completi delle verifiche sono allegati in Appendice **B**.

5.2 Girobussola

La calibrazione del sistema di direzione in uso (TSS Meridian) e' stato controllato nel porto di Termoli il 19 novembre, con l'antenna statica RTK. I risultati sono riportati nella Tabella 5.2.

Tabella 5.3: Controllo dell'allineamento della girobussola - MV Atlante

Data	Modello	C-O [°]	
		Media	St Dev [°]
19 novembre 2016	TSS Meridian	-0.01	0.07

I dettagli della calibrazione possono essere trovati in Appendice **B**.

5.3 Sistema di compensazione del movimento

La calibrazione sel Sistema di compensazione del movimento è stata effettuata nel Porto di Otranto il 19 Novembre 2016.

	TAP AG DOC. NO.:	OPL00-C5577-150-Y-TRX-0001	REV. NO.:	0
	DOC. TITLE:	RISULTATI DEL RILIEVO GEOFISICO EFFETTUATO LUNGO IL CORRIDOIO DI POSA DELLA CONDOTTA E DEL FOC	PAGE:	28 OF 47

I risultati del controllo sono riportati in Tabella 5.4.

Tabella 5.4: Controllo del sistema di compensazione del movimento sulla MV Atlante

Date	Sistema di compensazione del movimento		Roll	Pitch	C-Or
		Media	-0.709	1.908	0.437
19 Novembre 2016	Teledyne DMS 505	St Dev [°]	0.089	0.057	0.120

Maggiori dettagli sulla calibrazione sono riportati in Appendice A.

5.4 Ecoscandaglio (SBES)

Durante le operazioni di mobilitazione in porto e' stata effettuata una prova di funzionalita' dell'ecoscandaglio a fascio singolo Odom Hydrotrack montato a palo.

5.5 Ecoscandaglio Multibeam (MBES)

Le calibrazioni dell'ecoscandaglio MBES (fascio multiplo) sono state effettuate per controllare e correggere i possibili errori:

1. residual positioning time delay (latency);
2. residual pitch offset;
3. residual roll offset;
4. residual azimuthal offset (yaw).

I due ecoscandagli MBES montati a palo 7101 e 7160 a bordo dell'imbarcazione MV Atlante, sono stati calibrati il 27 novembre e il 2 dicembre 2016. Le calibrazioni sono state effettuate in corrispondenza di aree caratterizzate da scarpate. Lo scopo della calibrazione del sistema è di determinare la differenza angolare fra pitch, roll e i sensori di direzione degli ecoscandagli MBES.

Le coordinate della calibrazione sono riportate in **Error! Reference source not found.** e **Tabella 5.6.**

Tabella 5.5: Ecoscandaglio 7101 MBES; coordinate di calibrazione (WGS84, UTM34N)

Est [m]	Nord [m]	Latitudine [N]	Longitudine [E]
286650.95	4447962.90	42°09'17.79"	18°29'42.19"

Tabella 5.6: Ecoscandaglio 7160 MBES; coordinate di calibrazione (WGS84, UTM34N)

Est [m]	Nord [m]	Latitudine [N]	Longitudine [E]
286650.95	4447962.90	42°09'17.79"	18°29'42.19"

Condizioni della calibrazione:

Profondità dell'acqua (Ecoscandaglio 7101): -10 a -200 m

Profondità dell'acqua (Ecoscandaglio 7160): -200 a -800 m

Condizioni meteo: Buone

Mare: Agitato

	TAP AG DOC. NO.:	OPL00-C5577-150-Y-TRX-0001	REV. NO.:	0
	DOC. TITLE:	RISULTATI DEL RILIEVO GEOFISICO EFFETTUATO LUNGO IL CORRIDOIO DI POSA DELLA CONDOTTA E DEL FOC	PAGE:	29 OF 47

I parametri della calibrazione sono riportati in Tabella 5.7 e in Tabella 5.8.

Tabella 5.7: Ecoscandaglio 7101 MBES – Risultati calibrazione

Data	Motion Sensor	Latency (s)	Pitch Error (°)	Roll Error (°)	Heading Error (°)
02/12/2016	Teledyne DMS 505	0	-2.000	-1.250	0.6

Tabella 5.8: Ecoscandaglio 7160 MBES – Risultati calibrazione

Data	Motion Sensor	Latency (s)	Pitch Error (°)	Roll Error (°)	Heading Error (°)
07/12/2016	Teledyne DMS 505	0	-0.8	1.6	-0.250

Le linee della calibrazione dell'ecoscandaglio MBES devono essere effettuate per rimuovere possibili errori di disallineamento dello strumento e il tempo di ritardo. Le linee di calibrazione devono seguire una determinata geometria di acquisizione e devono essere effettuate con un fondale marino appropriato, in modo che possano essere individuate sia gli errori spaziali che il ritardo temporale.

Le linee di calibrazione per tempo, pitch e yaw devono essere eseguite su un target del fondale marino, mentre la calibrazione del roll deve essere eseguita su un fondale piatto.

Se, nel caso di errori nell'allineamento e di ritardi, il target o il fondale marino sono individuati in maniera diversa dalle linee di calibrazione, allora gli angoli (pitch, roll, yaw) e i ritardi (temporali) che causano queste differenze devono essere corretti dalla procedura di calibrazione.

Le calibrazioni sono descritte in Appendice B.

5.6 Profili della velocità del suono nell'acqua (SVP)

Per la calibrazione del MBES è stata utilizzata una sonda Valeport per misurare la velocità del suono nell'acqua, della profondità e della temperatura della colonna d'acqua, necessarie per la correzione dei dati di profondità dell'acqua.

Sono stati effettuati quattordici (14) SVP nell'area del rilievo e i risultati sono riportati in **Error! Reference source not found.**

Tabella 5.9: Misure della velocità del suono in acqua, MV Atlante

Data	Latitudine (N)	Longitudine (E)	Est (m)	Nord (m)	Velocità (m/s)
27/11/2016	40° 27' 04.35"	18° 32' 32.01"	291584.21	4480740.16	1516.32
02/12/2016	40° 27' 15.88"	18° 36' 57.66"	297850.00	4480924.00	1514.23
02/12/2016	40° 26' 56.78"	18° 32' 48.49"	291964.00	4480496.00	1515.55
03/12/2016	40° 19' 03.63"	18° 24' 17.91"	279507.00	4466249.00	1515.91
03/12/2016	40° 19' 08.48"	18° 25' 06.35"	280654.70	4466365.10	1516.10
04/12/2016	40° 27' 16.73"	18° 32' 59.48"	292240.00	4481104.00	1515.85
04/12/2016	40° 18' 56.47"	18° 26' 27.56"	282561.00	4465939.00	1515.93

	TAP AG DOC. NO.:	OPL00-C5577-150-Y-TRX-0001	REV. NO.:	0
	DOC. TITLE:	RISULTATI DEL RILIEVO GEOFISICO EFFETTUATO LUNGO IL CORRIDOIO DI POSA DELLA CONDOTTA E DEL FOC	PAGE:	30 OF 47

Data	Latitudine (N)	Longitudine (E)	Est (m)	Nord (m)	Velocità (m/s)
06/12/2016	40° 25' 24.06"	18° 31' 04.59"	299436.00	4477705.00	1514.58
07/12/2016	40° 27' 26.53"	18° 38' 38.29"	300229.00	4481189.00	1515.10
08/12/2016	40° 31' 29.09"	18° 47' 01.00"	312281.40	4488375.40	1516.10
09/12/2016	40° 27' 04.50"	18° 37' 26.73"	2985245.40	4480554.00	1515.93
11/12/2016	40° 26' 51.05"	18° 32' 07.34"	290989.60	4480346.30	1516.10
14/12/2016	40° 27' 35.05"	18° 38' 23.55"	299889.1	4481460.90	1515.70
15/12/2016	40° 27' 37.00"	18° 39' 6.36"	300899.00	4481494.00	1515.80

Maggiori dettagli sono riportati in Appendice B.

5.7 USBL (sistema acustico subacqueo)

Il sistema Sonardyne Ranger 2 USBL è stato mobilitato sull'imbarcazione con lo scopo di garantire un corretto posizionamento del trasduttore del SSS. L'offset del trasduttore USBL relativo al CRP è stato misurato ed inserito nel sistema di navigazione online.

Lo scopo della calibrazione del sistema USBL è stato quello di stabilire le correzioni pitch, roll e heading, con lo scopo di fornire un posizionamento accurato del beacon attaccato al cavo sopra il trasduttore del SSS.

Il Sistema Sonardyne Ranger 2 USBL è stato calibrato il 27 novembre 2016 nell'area del rilievo ad una profondità di 300 m.

Maggiori dettagli sono riportati in Appendice B.

	TAP AG DOC. NO.:	OPL00-C5577-150-Y-TRX-0001	REV. NO.:	0
	DOC. TITLE:	RISULTATI DEL RILIEVO GEOFISICO EFFETTUATO LUNGO IL CORRIDOIO DI POSA DELLA CONDOTTA E DEL FOC	PAGE:	31 OF 47

6. ELABORAZIONE DATI

6.1 Posizionamento e navigazione

Tutti i dati grezzi DGPS sono stati elaborati per rimuovere gli errori. Durante l'acquisizione non è stato applicato nessun filtro ai dati.

La posizione dell'antenna è stata corretta rispetto al CRP della barca utilizzando gli offset misurati durante l'acquisizione dei dati. La posizione è stata corretta con le distanze per ogni strumento (SBES, MBES, SBP and SSS) applicando gli offset alla navigazione.

Per l'acquisizione e l'elaborazione in tempo reale dei dati di navigazione e di batimetria sono stati utilizzati rispettivamente i software Fugro Starfix Seis e Starfix.Proc.

I dati sono stati processati utilizzando gli offset di tutti i sensori rispetto al datum dell'imbarcazione. Il diagramma degli offset è mostrato in Tabella 4.3.

I dati di profondità dell'acqua puntuale sono stati elaborati utilizzando la posizione del trasduttore del MBES (x, y e z).

6.2 Single Beam Echo Sounder

L'ecoscandaglio ha acquisito dati batimetrici che sono stati elaborati e esportati in formato XYZ.

L'ecoscandaglio SBES è stato interfacciato con il sistema di navigazione, che calcola la posizione di ciascun sounding usando i valori degli offset. I dati batimetrici sono stati monitorati e controllati per confermare l'esattezza del dato.

Ai dati batimetrici ottenuti è stata applicata la correzione della velocità del suono in acqua, determinata con la sonda SVP utilizzata durante il rilievo.

I risultati delle misure effettuate sono riportati in Tabella 5.9.

I valori della batimetria sono stati riportati al valore del LAT utilizzando i dati delle maree predette riferite al porto di Otranto.

6.3 Multibeam Echo Sounder

Molti test sono stati condotti al fine di verificare la migliore velocità acustica da utilizzare. La correzione con la velocità del suono è stata applicata durante l'acquisizione MBES. Il Datum verticale di riferimento per la batimetria è il LAT.

I dati sono stati processati utilizzando i software FUGRO Starfix.VBAProc, Starfix SwathEdit e Starfix.Workbench systems (Starfix.Suite 10.1 Sp4).

La sequenza di processing è la seguente:

	TAP AG DOC. NO.:	OPL00-C5577-150-Y-TRX-0001	REV. NO.:	0
	DOC. TITLE:	RISULTATI DEL RILIEVO GEOFISICO EFFETTUATO LUNGO IL CORRIDOIO DI POSA DELLA CONDOTTA E DEL FOC	PAGE:	32 OF 47

Reason 7101:

- individuazione del fondale.
- Velocità del suono immessa alla profondità della testa dello strumento (Draft: 3.11m).

Reason 7160:

- individuazione del fondale.
- Velocità del suono immessa alla profondità della testa dello strumento (Draft: 3.44 m).

Starfix.Proc system:

- I dati grezzi dei sistemi Reason 7101/7160 (*.fbf) sono stati importati nel software ed è stata applicata la geodesia (WGS84).
- le SVP sono state salvate in una cartella utilizzando il Cast Software (Starfix), che produce una SVP virtuale applicata in base alla data ed alla distanza dai dati MBES.
- Polar Clip Filter. I fasci esterni oltre i 60° rispetto al nadir sono stati rigettati. Heave, Pitch, Roll e Head Offset sono stati applicati. L'Heave è stato ricalcolato dal MRU alla posizione della testa del MBES, considerando tutti i movimenti relativi dovuti al Pitch ed al Roll.

- Trace Filter applicato ad i dati MBES con i seguenti parametri:

Trace2D Across: 2

Trace2D Along: 4

Threshold: 0.25

- Posizione, Heading, pescaggio applicati (dopo aver tolto gli spike e dopo un controllo grafico).

- I dati spuri sono stati rimossi da una indagine visiva per ogni corridoio (Starfix.SwathEdit).

Starfix.Workbench system:

- I dati sono stati ripuliti manualmente con l'obiettivo di ridurre i disturbi casuali e correggere la sovrapposizione tra linee diverse.
- I dati sono stato grigliati con l'algoritmo Reduced Stats con una cella di 1x1 m per il Reason Seabat 7101 e di 2x2 m per il Reason Seabat 7160, che è compatibile con le dimensioni dell'impronta del modello di MBES usato, alla profondità media dell'area rilevata.

	TAP AG DOC. NO.:	OPL00-C5577-150-Y-TRX-0001	REV. NO.:	0
	DOC. TITLE:	RISULTATI DEL RILIEVO GEOFISICO EFFETTUATO LUNGO IL CORRIDOIO DI POSA DELLA CONDOTTA E DEL FOC	PAGE:	33 OF 47

- Smoothing: è stato effettuato solo per la costruzione delle isobate, i parametri applicati sono stati: 1 bins raggio di ricerca, 100% smoothing
- Creazione del DTM (*.B2N).
- Creazione del file XYZ ascii dal DTM.

Un esempio di DTM è mostrato in **Error! Reference source not found.**

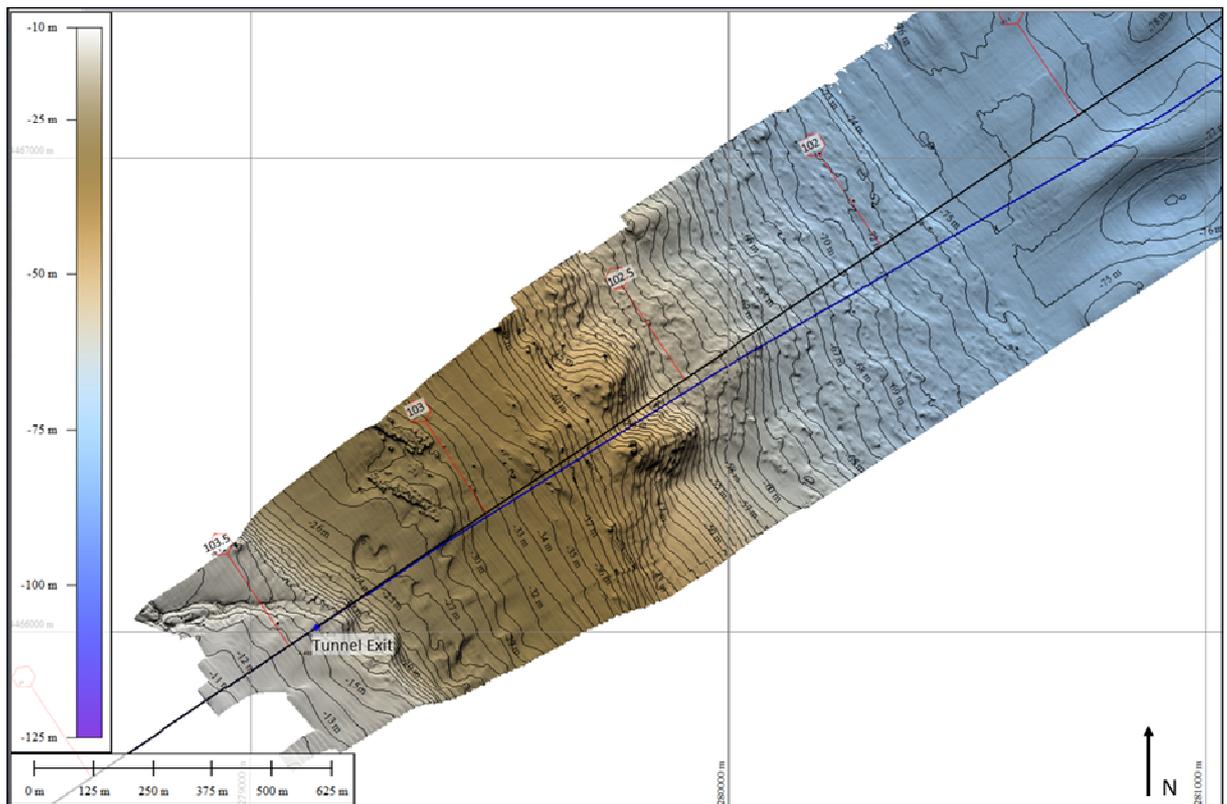


Figura 6.1: Esempio di dati MBES

6.4 Side Scan Sonar

I dati acquisiti con il side scan sonar sono stati registrati in format digitale (.xtf).

Prima dell'interpretazione ai dati è stata applicata la correzione dello slante range

I dati del SSS sono stati accuratamente esaminati per l'individuazione degli ostacoli sul fondo e per la determinazione della natura del sedimento del fondale marino. L'interpretazione è stata effettuata attraverso l'analisi delle facies acustiche, ossia la combinazione tra l'aspetto strutturale e la riflettività acustica dei dati.

I files, in formato *.xtf, sono stati importati nel Software Sonarwiz 6 dove è stato effettuato il controllo della qualità di ogni linea acquisita ed è stato creato il mosaico dell'area rilevata, con una risoluzione

 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG DOC. NO.:	OPL00-C5577-150-Y-TRX-0001	REV. NO.:	0
	DOC. TITLE:	RISULTATI DEL RILIEVO GEOFISICO EFFETTUATO LUNGO IL CORRIDOIO DI POSA DELLA CONDOTTA E DEL FOC	PAGE:	34 OF 47

di 0.5 m.. Allo stesso tempo i dati sono stati analizzati per controllare la presenza di targets sul fondo. La posizione dei dati SSS è stata confrontata con i dati batimetrici (MBES).

6.5 Sub Bottom Profiler

I dati sono stati registrati in formato digitale (.segy) ed importati dentro al software Kingdom per effettuare un controllo di qualità (QC) e l'interpretazione.

	TAP AG DOC. NO.:	OPL00-C5577-150-Y-TRX-0001	REV. NO.:	0
	DOC. TITLE:	RISULTATI DEL RILIEVO GEOFISICO EFFETTUATO LUNGO IL CORRIDOIO DI POSA DELLA CONDOTTA E DEL FOC	PAGE:	35 OF 47

7. QUALITA' E ACCURATEZZA DEL DATO

7.1 Posizionamento e Navigazione

Il sistema StarfixG2 ha funzionato bene durante i rilievi. Il numero di satelliti disponibili può influenzare l'accuratezza, la qualità minima è data da 5 satelliti. L'accuratezza per il sistema StarPack (Primario e Secondario) è di 0.1 m.

7.2 Batimetria

L'accuratezza dei dati batimetrici (MBES) dipende dalla profondità del fondo. L'intervallo di profondità presente nell'area investigata va da -10 m a -810 m. Durante l'elaborazione dei dati MBES è stata scelta una dimensione minima della cella di 1 m, quindi non è possibile identificare elementi di dimensioni inferiori a questa nel DTM finale.

Tutte le profondità sono riferite al LAT, ottenuto utilizzando le mare predette riferite al porto di Otranto (Admiral Tide Tables).

7.3 Confronto dei dati batimetrici

Al fine di verificare l'accuratezza dei dati, sono stati confrontati i risultati batimetrici acquisiti nella campagna del 2013 con quelli ottenuti durante il rilievo della fine del 2016.

Il confronto è stato effettuato utilizzando il software di processing Workbench (Starfix 10.1).

Nella **Error! Reference source not found.** sono rappresentati i dati che vanno dal kp 103.5 al kp 102.5 (all'incirca corrispondente all'area 5).

Nelle figure dalla **Error! Reference source not found.** alla **Figura 7.6** sono presentati i profili con la differenza in metri (range) dei due set di dati in diversi punti da A a E.

 	TAP AG DOC. NO.:	OPL00-C5577-150-Y-TRX-0001	REV. NO.:	0
	DOC. TITLE:	RISULTATI DEL RILIEVO GEOFISICO EFFETTUATO LUNGO IL CORRIDOIO DI POSA DELLA CONDOTTA E DEL FOC		PAGE: 36 OF 47

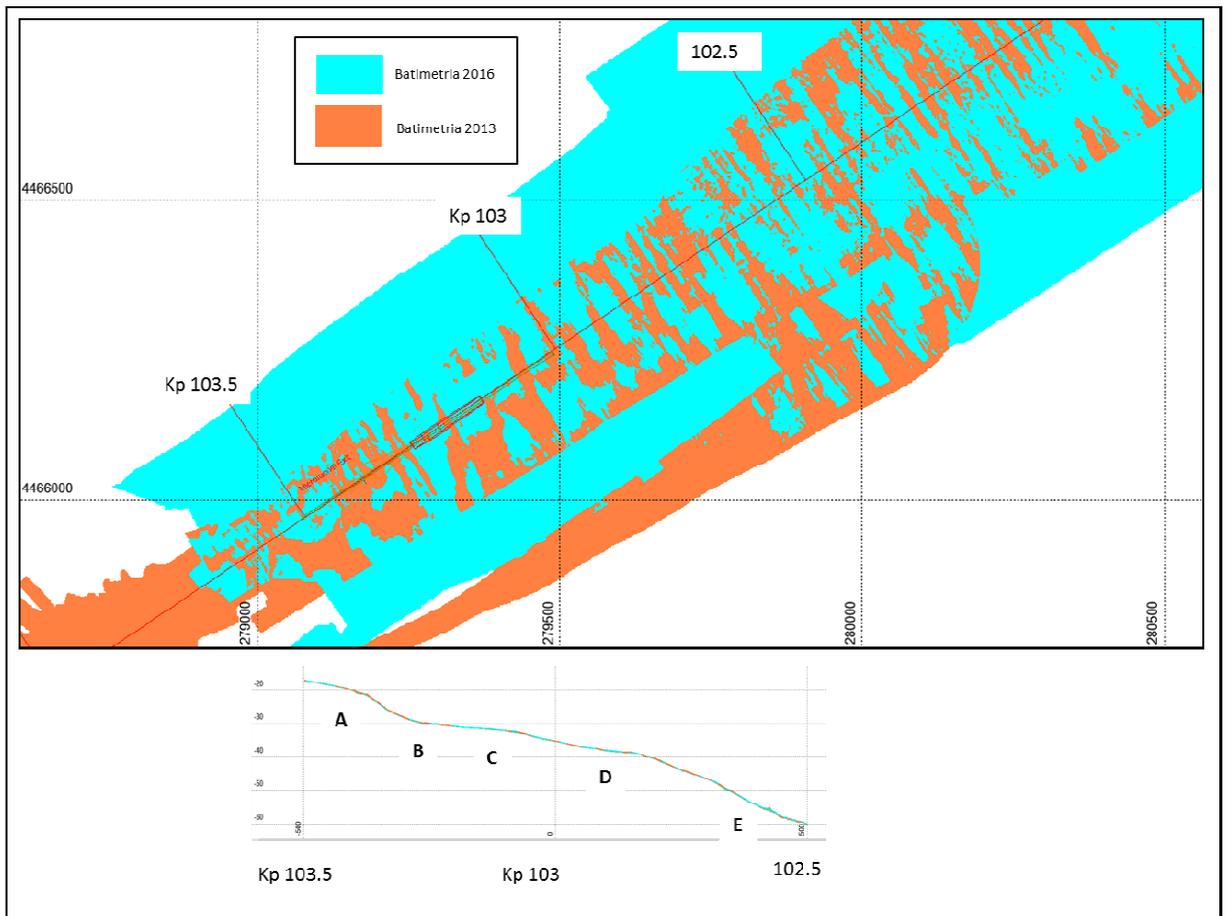


Figura 7.1: Risultati batimetrici degli anni 2013 e 2016

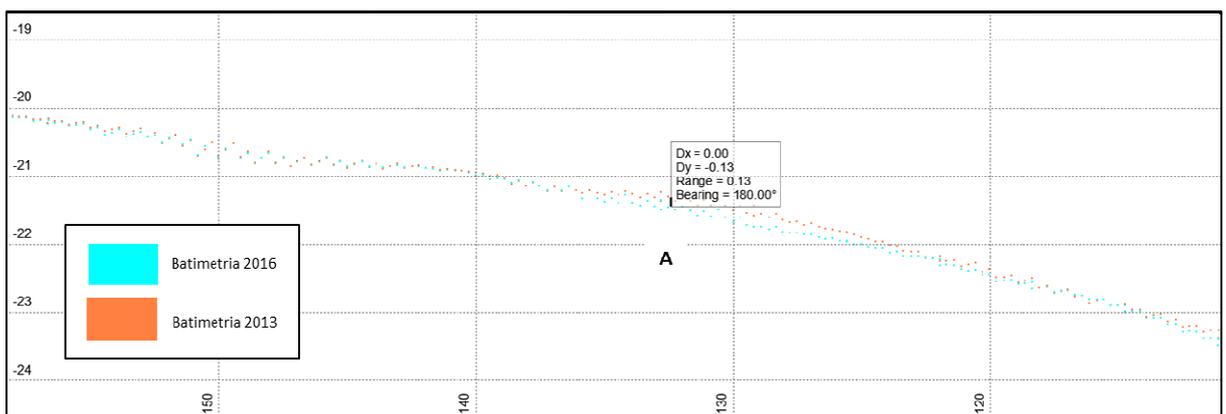


Figura 7.2: Confronto batimetrico: punto A.

 	TAP AG DOC. NO.:	OPL00-C5577-150-Y-TRX-0001	REV. NO.:	0
	DOC. TITLE:	RISULTATI DEL RILIEVO GEOFISICO EFFETTUATO LUNGO IL CORRIDOIO DI POSA DELLA CONDOTTA E DEL FOC	PAGE:	37 OF 47

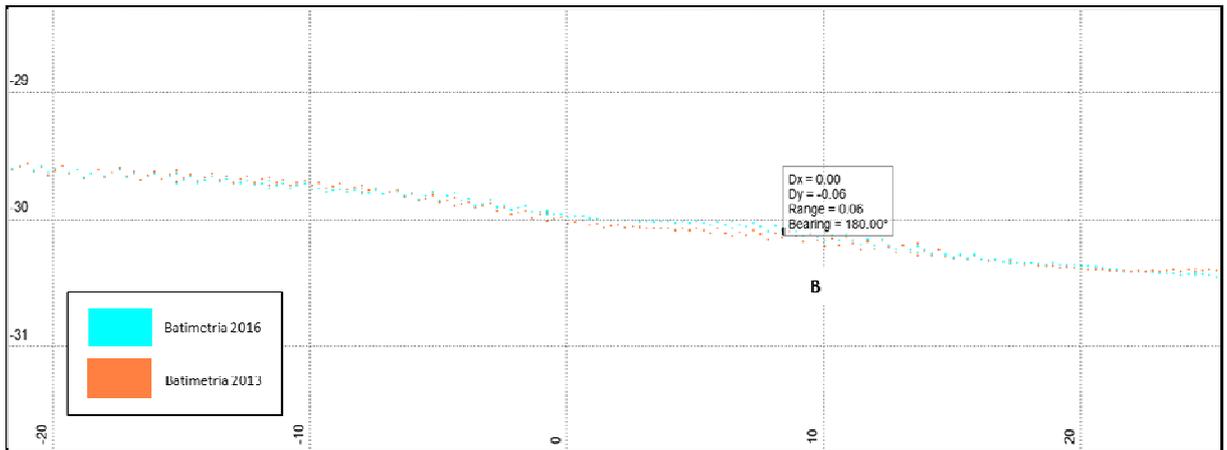


Figura 7.3: Confronto batimetrico: punto B.

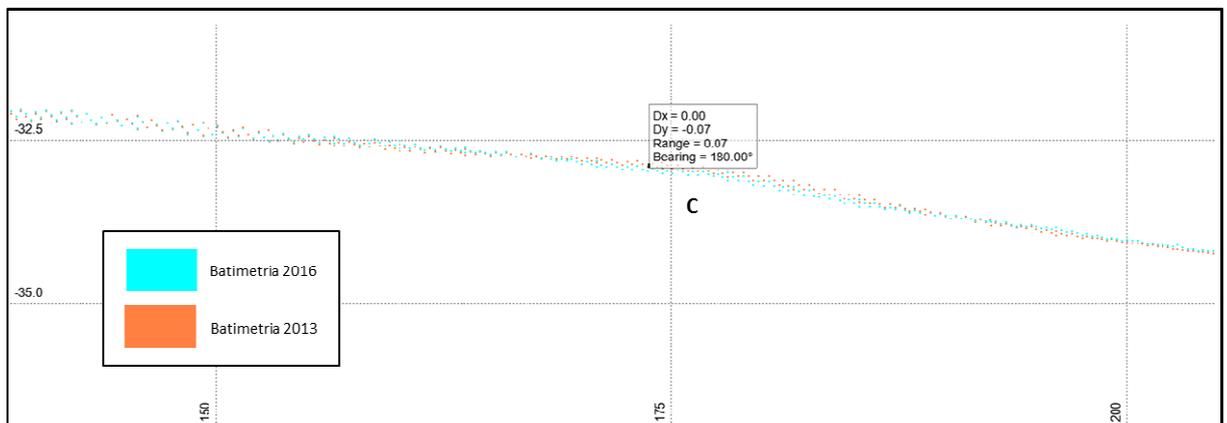


Figura 7.4: Confronto batimetrico: punto C.

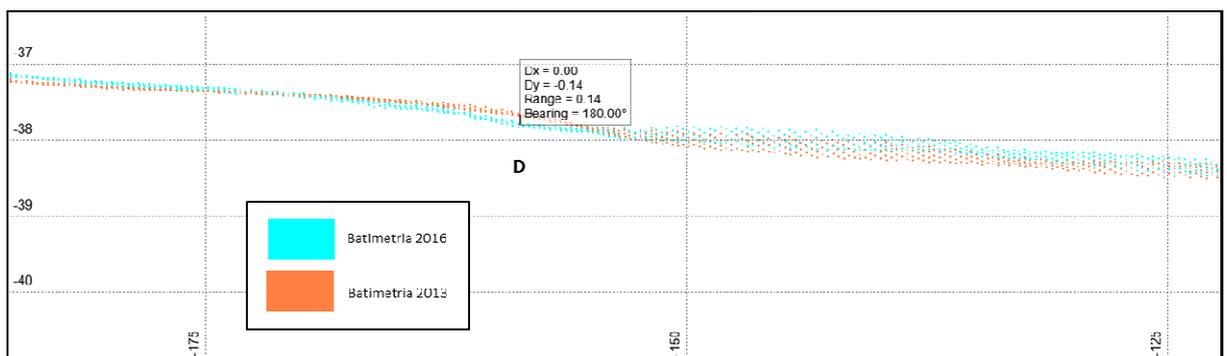


Figura 7.5: Confronto batimetrico: punto D.

	TAP AG DOC. NO.:	OPL00-C5577-150-Y-TRX-0001	REV. NO.:	0
	DOC. TITLE:	RISULTATI DEL RILIEVO GEOFISICO EFFETTUATO LUNGO IL CORRIDOIO DI POSA DELLA CONDOTTA E DEL FOC	PAGE:	38 OF 47

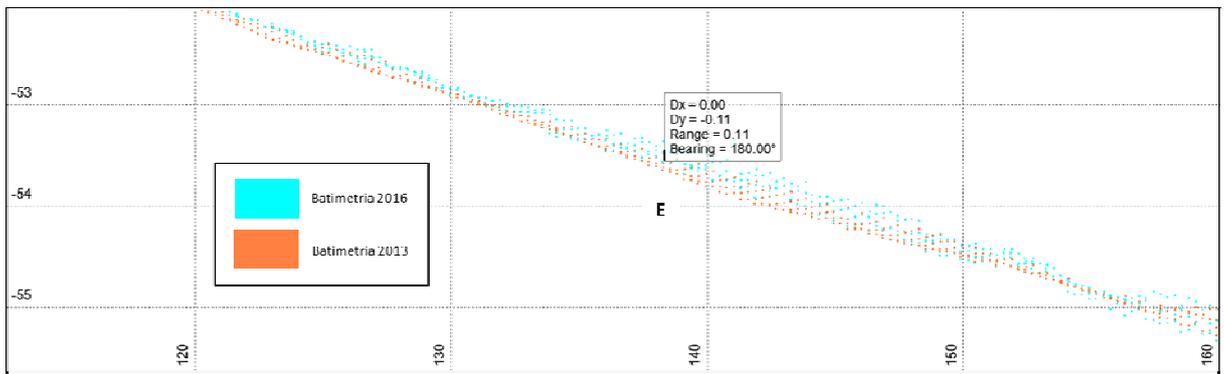


Figura 7.6: Confronto batimetrico punto E.

7.4 Side Scan Sonar

La qualità dei dati acquisiti con il side scan sonar è stata buona. L'accuratezza laterale del dato è approssimativamente di 1-3 m.

L'altezza degli ostacoli sul fondo marino stimata dai dati SSS ha un'accuratezza di ± 0.5 m. Ostacoli con altezza inferiore a 0.5 m non possono essere identificati. L'accuratezza della posizione dei lineamenti sul fondo interpretati dai dati di SSS dipende da una combinazione di vari fattori: la posizione della nave, l'accuratezza della posizione del trasduttore del SSS relativa alla nave e l'interpretazione. Per questo dataset l'accuratezza della posizione è stata stimata di 1-3 m.

7.5 Sub Bottom Profiler

La qualità dei dati acquisiti con sub bottom profiler è stata buona. In tutta l'area rilevata è stata raggiunta una penetrazione che va dai 5 ai 35 ms o approssimativamente 4 m / 28 m sotto il fondo del mare. La risoluzione verticale dei dati è stata stimata intorno ai 0.5 m, livelli più sottili di questo non possono essere identificati. La spaziatura tra le linee è all'incirca di 50 m, morfologie sotto il fondo marino inferiori a 50 m e presenti tra le linee non possono essere identificate. Le profondità e le posizioni degli strati tra le linee rilevate sono basate su interpolazioni, l'affidabilità delle quali dipende dalla complessità della geologia. Le profondità sotto il fondo marino sono state stimate usando una velocità acustica nel sedimento di 1600 m/s, che è considerata ragionevole per i tipi di sedimento interpretati, ma non è stata calibrata. L'accuratezza delle stime di profondità dipende dalla risoluzione verticale dei dati e la velocità acustica usata per la conversione tra tempi doppi e profondità ed è considerata approssimativamente intorno a $\pm 1\%$ della profondità sotto il fondo marino.

	TAP AG DOC. NO.:	OPL00-C5577-150-Y-TRX-0001	REV. NO.:	0
	DOC. TITLE:	RISULTATI DEL RILIEVO GEOFISICO EFFETTUATO LUNGO IL CORRIDOIO DI POSA DELLA CONDOTTA E DEL FOC	PAGE:	39 OF 47

8. PERSONALE

Tabella 8.1: MV Atlante – Personale tecnico

Posizione	Nome
Capo missione	Massimiliano Caponi
Navigatore	Davide Proia
Navigatore	Eduard Tolstoshein (from 26/11/2016 to 10/12/2016)
Navigatore	Anton Zagoskin (from 11/11/2016 to 20/12/2016)
Ingegnere	Massimiliano Buffone
Ingegnere	Davide La Rocca
Ingegnere	Emanuele Bastoni
Ingegnere	Richard Belfiore
Geologo	Sabrina Polizzi
Esperto Multibeam	Paolo Cosmo Santoro

Tabella 8.2: MV Atlante – Personale della barca

Posizione	Nome
Comandante	Giuseppe Testa
Primo ufficiale	Antonio Testa
Comandante in seconda	Salvatore Sciuto
Nostromo	Rosario Gambino
Cuoco	Giuseppe Palumbo
Marinaio	Concetto Testa
Marinaio	Marcello Stivala
Capo macchina	Giampiero Alonzo

 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG DOC. NO.:	OPL00-C5577-150-Y-TRX-0001	REV. NO.:	0
	DOC. TITLE:	RISULTATI DEL RILIEVO GEOFISICO EFFETTUATO LUNGO IL CORRIDOIO DI POSA DELLA CONDOTTA E DEL FOC	PAGE:	40 OF 47

9. CONCLUSIONI

Nei mesi di novembre e dicembre 2016 la Società RSK, per conto della Trans Adriatic Pipeline (TAP), ha incaricato Fugro di effettuare le attività di mappatura delle biocostruzioni mediante rilievo geofisico con tecnologia MBES, SSS e SBP su una fascia di 200 m per lato rispetto all'asse della condotta ed al cavo a fibra ottica, allo scopo di ottemperare alla Prescrizione A7 del Decreto del Ministero dell'Ambiente Italiano n. 223 dell'11 settembre 2014.

Dall'analisi dei dati acquisiti durante i rilievi geofisici effettuati si conferma che le aree localizzate lungo il corridoio di posa presso cui sono stati rilevati affioramenti riconducibili a biocostruzioni sono principalmente 5. Tali aree sono state oggetto di studio approfondito attraverso rilievi ROV effettuati da OGS a luglio del 2016.

	TAP AG DOC. NO.:	OPL00-C5577-150-Y-TRX-0001	REV. NO.:	0
	DOC. TITLE:	RISULTATI DEL RILIEVO GEOFISICO EFFETTUATO LUNGO IL CORRIDOIO DI POSA DELLA CONDOTTA E DEL FOC	PAGE:	41 OF 47

10. BIBLIOGRAFIA

REF 1: Aiello, G., Bravi, S., Budillon, F., Cristofalo, G.C., D'Argenio, B., De Lauro, M., Ferraro, L., Marsella, E., Molisso, F., Pelosi, N., Tramontano, M.A., 1995. The Northern Adriatic Ecosystem. *Giornale di Geologia*, vol 57, no 1.2, 17-40.

REF 3: Ciaranfi N., Pieri P. and Ricchetti G., 1992, Note alla carta geologica delle Murge e del Salento (Puglia centro-meridionale). *Memorie Società Geologica Italiana*, 41, 449-460.

REF 5: D'Argenio B., Pescatore T. and Scandone P., 1973, Schema geologico dell'Appennino meridionale (Campania e Lucania). *Proc. Congr. " Moderne vedute sulla geologia dell'Appennino"*. *Accademia Nazionale dei Lincei*, 183, 49-72.

REF 6: D'Argenio B. and Horvath F., 1984, Some remarks on the deformation history of Adria, from the Mesozoic to the Tertiary. *Ann. Geophys.* 2, 143-146.

REF 7: Doglioni C., Mongelli F. & Pieri P., 1994, The Apulia Uplift (SE Italy): An anomaly in the foreland of the Apenninic subduction due to buckling of a thick continental lithosphere. *Tectonics*, 13 vol 5, pp. 1309-1321.

REF 8: Emery, D. and Myers, K.J., 1996, *Sequence Stratigraphy*, Blackwell Science Ltd., pp.297.

REF 11: Margiotta, S. and Negri, S., 2005, Geophysical and stratigraphical research into deep groundwater and intruding seawater in the Mediterranean area (the Salento Peninsula, Italy). *Natural Hazards and Earth System Sciences*, vol 5, pp. 127-136.

REF 12: Newton R. and Stefanon A., 1982, Side Scan Sonar and subbottom profiling in the northern Adriatic Sea. *Marine Geology*, 46, 279-306.

REF 14: Ricchetti G., Ciaranfi N., Luperto Sinni E., Mongelli F. and Pieri P., 1992. Geodinamica ed evoluzione stratigrafico-tettonica dell'avampata apulo. *Memorie Società Geologia Italiana*, 41, 57-82.

REF 16: Selleri, G., 2007, Karstic landscape evolution of southern Apulia Foreland during the Pleistocene. *Geogr. Fis. Dinam. Quat.*, vol 30, pp. 77-86.

REF 18: Aiello G., 2010. Architettura stratigrafica dei cunei progradanti pleistocenici di lowstand sulla piattaforma continentale del Salento (Offshore della Puglia, Adriatico Meridionale). *GNGTS 2010, Sessione 3.2.*

REF 20: Bossio A., Guelfi S., Mazzei R., Monteforti B., Salvatorini G.; (1988): Studi sul Neogene ed il Quaternario della Penisola Salentina V – Note Geologiche sulla zona di Castro. *Final Proceedings of the Conference "Conoscenze Geologiche della Penisola Salentina"*, Lecce, Italy.

REF 23: OPL00-DAP-160-Y-TRE-0016_00 (2014) – TAP- Trans Adriatic Pipeline, Indagine geotecnica sotto costa punto di approdo in Italia. D'Appolonia.

 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG DOC. NO.:	OPL00-C5577-150-Y-TRX-0001	REV. NO.:	0
	DOC. TITLE:	RISULTATI DEL RILIEVO GEOFISICO EFFETTUATO LUNGO IL CORRIDOIO DI POSA DELLA CONDOTTA E DEL FOC	PAGE:	42 OF 47

REF 25: IAL00-OGS-643-Y-TRS-002 (2015) – Relazione di sintesi, dati morfobatimetrici e sismistratigrafici, habitat coralligeno e biocostruzioni. OGS

 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG DOC. NO.:	OPL00-C5577-150-Y-TRX-0001	REV. NO.:	0
	DOC. TITLE:	RISULTATI DEL RILIEVO GEOFISICO EFFETTUATO LUNGO IL CORRIDOIO DI POSA DELLA CONDOTTA E DEL FOC	PAGE:	43 OF 47

APPENDICI

 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG DOC. NO.:	OPL00-C5577-150-Y-TRX-0001	REV. NO.:	0
	DOC. TITLE:	RISULTATI DEL RILIEVO GEOFISICO EFFETTUATO LUNGO IL CORRIDOIO DI POSA DELLA CONDOTTA E DEL FOC	PAGE:	44 OF 47

A. CARTE

 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG DOC. NO.:	OPL00-C5577-150-Y-TRX-0001	REV. NO.:	0
	DOC. TITLE:	RISULTATI DEL RILIEVO GEOFISICO EFFETTUATO LUNGO IL CORRIDOIO DI POSA DELLA CONDOTTA E DEL FOC	PAGE:	45 OF 47

B. CALIBRAZIONI

 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG DOC. NO.:	OPL00-C5577-150-Y-TRX-0001	REV. NO.:	0
	DOC. TITLE:	RISULTATI DEL RILIEVO GEOFISICO EFFETTUATO LUNGO IL CORRIDOIO DI POSA DELLA CONDOTTA E DEL FOC	PAGE:	46 OF 47

C. CARATTERISTICHE DELL'IMBARCAZIONE

	TAP AG DOC. NO.:	OPL00-C5577-150-Y-TRX-0001	REV. NO.:	0
	DOC. TITLE:	RISULTATI DEL RILIEVO GEOFISICO EFFETTUATO LUNGO IL CORRIDOIO DI POSA DELLA CONDOTTA E DEL FOC	PAGE:	47 OF 47

D. STRUMENTAZIONE