



**INDAGINI LUNGO IL TRACCIATO
DELLA NUOVA CONDOTTA
SOTTOMARINA DELLA
RAFFINERIA DI GELA**

Indagini archeologiche

02 marzo 2007
Emissione Finale

Versione N° 1
43985956 / SAC

Titolo Progetto: INDAGINI LUNGO IL TRACCIATO DELLA NUOVA CONDOTTA
SOTTOMARINA DELLA RAFFINERIA DI GELA

Titolo Rapporto: Indagini archeologiche

N° Progetto: 43985956

Rif. Rapporto: SAC

Stato: Emissione Finale

Nome del Contatto presso il Cliente: Ing. Giuseppe Di Fede

Nome della Società Cliente: Raffineria di Gela S.p.A.

Preparato Da: URS Italia S.p.A.

Percorso di Creazione / Approvazione del Documento

Versione:	Nome	Firma	Data	Ruolo
Preparato da	Daniele Gravili		15-02-2007	Surveyor e Processing
Controllato da	Riccardo Scelta		15-02-2007	Capo Cantiere
Approvato da	Salvatore Cannata		16-02-2007	Project Manager

Percorso di Revisione del Documento

Versione	Data	Dettagli delle Revisioni
1	02 marzo 2007	Revisione finale a seguito commenti Raffineria di Gela S.p.A.

LIMITI

URS ha preparato il presente Rapporto affinché venga usato unicamente da Raffineria di Gela S.p.A. secondo quanto indicato dal Contratto che regola la prestazione del presente servizio. Nessun'altra garanzia, espressa o implicita, è data sulla consulenza professionale inclusa nel presente Rapporto o su qualsiasi altro servizio da noi fornito. Sul presente Rapporto non dovrà far affidamento nessun'altra parte senza il previo ed espresso accordo scritto di URS. Salvo quanto altrimenti indicato nel presente Rapporto, la valutazione fatta parte dall'assunzione che i siti e le strutture continueranno ad essere utilizzate nel modo presente, senza apportare significativi cambiamenti. Le conclusioni e raccomandazioni formulate nel presente Rapporto sono basate sulle informazioni fornite da altri, assumendo che tutte le informazioni rilevanti siano state fornite da coloro ai quali sono state richieste. Le informazioni ottenute da terzi non sono verificate in modo indipendente da URS, salvo che non venga diversamente indicato nel Rapporto.

COPYRIGHT

© Il presente Rapporto è di proprietà di URS Italia S.p.A. e URS Corporation Limited. Qualsiasi riproduzione non autorizzata o utilizzo da parte di qualsiasi soggetto, al di fuori del suo destinatario, è strettamente proibito.

INDICE

Sezione	N° di Pag.
1 INFORMAZIONI GENERALI.....	1
1.1. Premessa e riferimenti contrattuali	1
1.2. Esperienze precedenti	1
1.3. Finalità del lavoro	2
1.4. Area d'indagine	3
2. RISORSE TECNICHE E STRUMENTALI.....	4
2.1. Imbarcazione.....	4
2.2. Sistema di Posizionamento e Navigazione	4
2.3. Sistema Multibeam	5
2.4. Girobussola	6
2.5. Sensore di Assetto	6
2.6. Sistema Side Scan Sonar	6
2.7. Sistema Sub Bottom Profiler.....	6
2.8. Magnetometro	6
2.9. Sistemi per Elaborazione Dati e Produzione cartografica	6
3. METODOLOGIE DI ACQUISIZIONE DATI.....	8
3.1. Pianificazione dei Rilievi	8
3.2. Organizzazione e Svolgimento dei Lavori	8
3.3. Parametri geodetici	8
3.4. Metodologie di calibrazione degli strumenti.....	9
3.5. Acquisizione dati	11
4. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE DATI.....	13
4.1. Elaborazione Dati di Posizione e Navigazione	13
4.2. Elaborazione Dati Batimetrici.....	13
4.3. Elaborazione Dati Side Scan Sonar	14
4.4. Elaborazione Dati Sub Bottom Profiler	14
4.5. Restituzione Cartografica.....	15
5. RISULTATI	16
5.1. Analisi Dati Morfologici.....	16
5.2. Analisi Dati Stratigrafici	17
5.3. Analisi Dati Magnetometrici	17

Allegato 1 - Lettera Soprintendenza del Mare prot. 2/Pos. T/CL/GELA/2 dell'8 gennaio 2007
 Allegato 2 - Lettera Soprintendenza BB.CC.AA. di Caltanissetta prot. 338 dell'8 febbraio 2007
 Allegato 3 - Lettera Soprintendenza del Mare prot. 129/Pos. T/CL/GELA/2 del 15 febbraio 2007
 Allegato 4 - Schede Tecniche delle Attrezzature
 Figura 1 - Inquadramento dell'area
 Figura 2 - Piano di Navigazione in scala 1:10000
 Figura 3 - Batimetria in scala 1:10000
 Figura 4 - Mosaico SSS in scala - 1:10000
 Figura 5 - Record SBP (solo su formato digitale)

1 INFORMAZIONI GENERALI

1.1. Premessa e riferimenti contrattuali

In seguito all'incarico ricevuto da Raffinerie di Gela S.p.A. (Contratto n° 1740003895 del 02-01-2007) URS Italia – Divisione CEOM ha realizzato una serie di "INDAGINI LUNGO IL TRACCIATO DELLA NUOVA CONDOTTA SOTTOMARINA E NELLE AREE LIMITROFE AL PONTILE ED ALLA DIGA FORANEA DELLA RAFFINERIA DI GELA".

Le attività contrattuali previste riguardano essenzialmente:

- attività propedeutiche effettuate mediante strumentazione geofisica;
- ripresa subacquea per individuare qualitativamente le comunità fito-zoo bentoniche presenti;
- campionamento sedimenti ed analisi sedimentologica, fito-zoo bentonica e chimica.

In relazione a quanto richiesto dalla Soprintendenza del Mare dell'Assessorato Regionale Beni Culturali ed Ambientali e P.I. con lettera prot. 2/Pos. T/CL/GELA/2 datata 8 gennaio 2007 (Allegato 1) prima dell'inizio dei lavori si è reso necessario effettuare indagini sia visive che strumentali al fine di escludere la presenza di materiale storico archeologico lungo il tracciato della condotta sottomarina.

Tali indagini sono state effettuate sotto l'alta sorveglianza di personale tecnico-scientifico della Soprintendenza del Mare (Ing. Pietro Selvaggio e Dott. Salvo Emma). La Soprintendenza per i Beni Culturali ed Ambientali di Caltanissetta con lettera datata 8 febbraio 2007 (prot. 338 - Allegato 2) ha manifestato l'impossibilità a presenziare con proprio personale alle indagini effettuate.

Si riporta in Allegato 3 la lettera prot. 129/Pos. T/CL/GELA/2 datata 15 febbraio 2007 della Soprintendenza del Mare dell'Assessorato Regionale Beni Culturali ed Ambientali e P.I. in cui, a seguito dell'esecuzione delle indagini svolte, è stato espresso parere favorevole alla esecuzione dei lavori di posa della condotta sottomarina che collega il campo Boe alla Diga foranea del Porto Isola di Gela.

Le attività effettuate da URS, hanno quindi riguardato essenzialmente indagini strumentali mediante strumentazione magnetometrica ed attività subacquee di ripresa video e sorbonatura.

1.2. Esperienze precedenti

In seguito all'incarico ricevuto da GreenStream S.p.A., il CEOM S.C.p.A., ora Divisione di URS Italia S.p.A., ha già realizzato una campagna di rilievi batimorfologici, stratigrafici e magnetometrici ad alta risoluzione nel tratto di mare antistante il litorale di Gela, in contrada Bulala, in corrispondenza dell'area dove erano in atto i lavori di realizzazione dello scavo per la messa in opera del gasdotto Italia-Libia. Lo scopo principale del lavoro era quello di individuare l'eventuale presenza di resti archeologici sommersi e/o sepolti in

corrispondenza dell'area di cantiere per la realizzazione del gasdotto Italia-Libia. In particolare, gli obiettivi specifici del rilievo possono essere riassunti nei seguenti punti:

- Rilievo batimorfologico, stratigrafico e magnetometrico ad alta risoluzione nell'area interessata dai lavori di realizzazione del nuovo gasdotto Italia-Libia, mirati in particolare all'individuazione di eventuali reperti archeologici presenti sul fondo o sottofondo.
- Elaborazione e restituzione cartografica dei dati raccolti, secondo le specifiche tecniche richieste.

Le indagini effettuate si erano basate sulle precedenti esperienze portate avanti dal CEOM nell'ambito delle ricerche sui fondali delle Isole Egadi per conto del Servizio per il Coordinamento delle ricerche archeologiche sottomarine di Palermo (ex G.I.A.S.S. - Gruppo d'Indagine Archeologia Subacquea Sicilia) dell'Assessorato Regionale Beni Culturali).

In particolare con le tecniche adottate è stato possibile identificare una nave del X secolo, di origine siculo-araba, che si trova perfettamente adagiata a circa 70 metri di profondità all'incirca due miglia marine a sud di Favignana. L'area dove giacciono i resti del relitto (il carico) ha una conformazione che richiama perfettamente la forma della barca. Si tratta di un cumulo che si erge al massimo di m 2,50, degradante ai bordi sino al livello del fondo sabbioso, lungo circa m 15 e largo 5. Il relitto integro è visibile nella parte relativa al carico con tutte le anfore e i laterizi posizionati nel loro contesto di giacitura originale.

Utilizzando la stessa metodologia d'indagine erano state inoltre realizzati i seguenti progetti sotto la supervisione della Soprintendenza Beni Culturali ed Ambientali di Siracusa:

- Indagini geofisiche preliminari al progetto esecutivo dei lavori di escavazione dei fondali antistanti la testata del pontile esistente di Marina di Melilli (SR) per conto del Consorzio della Provincia di Siracusa per la zona sud dell'Area di Sviluppo Industriale della Sicilia Orientale;
- Rilievi marini per la costruzione del nuovo Ponte di Ortigia (SR) per conto dell'Amministrazione Comunale di Siracusa;
- Indagini acustiche preliminari alla redazione del Piano Regolatore Generale del Porto di Siracusa per conto dell'Amministrazione Comunale di Siracusa.

1.3. Finalità del lavoro

Lo scopo principale delle indagini é l'esecuzione di un rilievo geofisico marino di dettaglio lungo il tracciato di progetto della nuova condotta sottomarina della Raffineria di Gela. I risultati di tale indagine dovranno costituire uno degli strumenti in dotazione agli Enti preposti al fine di autorizzare la posa della condotta sottomarina.

A tal fine sono state eseguite le seguenti attività:

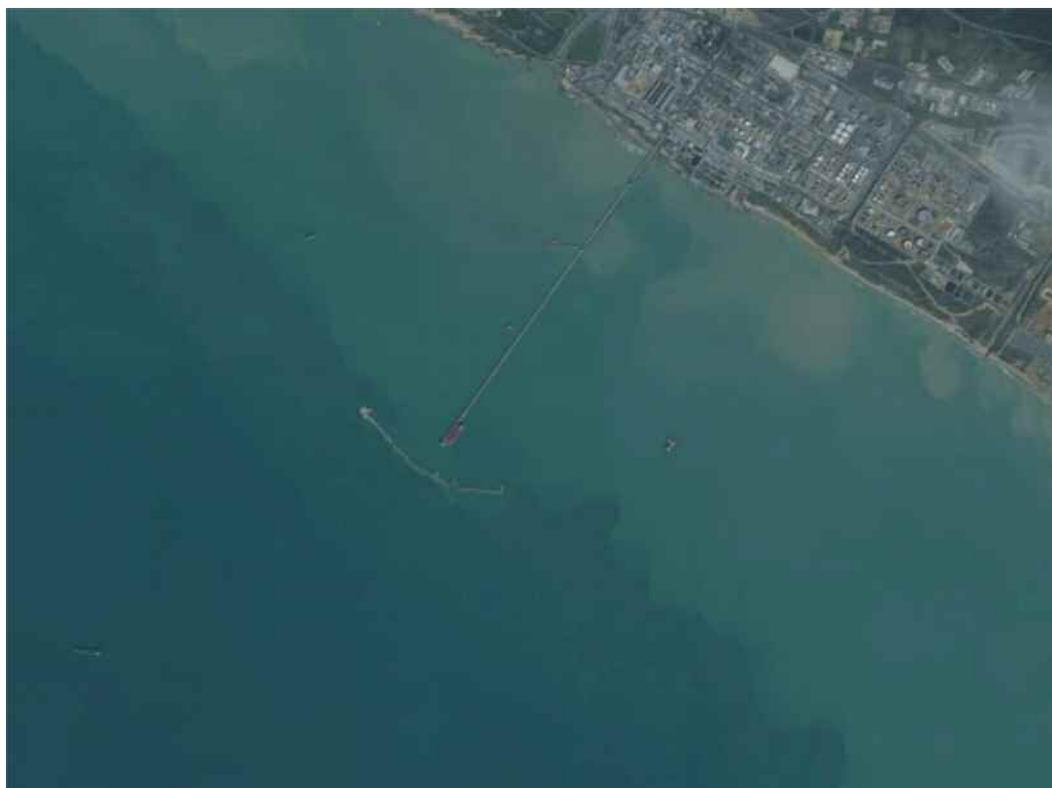
- Rilievo batimorfologico, stratigrafico e magnetometrico ad alta risoluzione nell'area interessata dal tracciato di progetto della condotta sottomarina, mirati in particolare all'individuazione di eventuali reperti archeologici presenti sul fondo o sottofondo marino.

- Controllo, analisi, elaborazione, integrazione, interpretazione e restituzione cartografica dei dati acquisiti e redazione della Relazione Tecnica, come da specifiche tecniche.

Inoltre, nel caso fossero stati individuati nel corso delle indagini acustiche e magnetometriche specifici target, sarebbe stata effettuata una verifica visiva diretta da parte di sommozzatori professionisti. I sommozzatori erano equipaggiati con una telecamera da casco con monitor di superficie e potevano operare una sorbona del tipo sistema ad acqua eiettore per la verifica di materiale eventualmente presente subito sotto la superficie.

1.4. Area d'indagine

L'area interessata dai rilievi è illustrata indicativamente nella seguente figura e più in dettaglio nella Figura 1 "Inquadramento dell'area".



2. RISORSE TECNICHE E STRUMENTALI

Vengono qui di seguito descritte le risorse utilizzate per il corretto svolgimento delle attività previste dal Progetto, ivi incluse l'imbarcazione e le attrezzature scientifiche e logistiche, nel pieno rispetto delle specifiche tecniche richieste. Ulteriori dettagli sulla strumentazione e sulle risorse impiegate sono riportate nell'Allegato 4 - Schede Tecniche.

2.1. Imbarcazione

Per l'esecuzione delle indagini in oggetto è stata impiegata l'imbarcazione "MEDMA". Le dimensioni e le caratteristiche di questa imbarcazione hanno consentito di allestire tutta la strumentazione utilizzata e di manovrare in sicurezza in modo da coprire efficacemente l'area d'indagine.



2.2. Sistema di Posizionamento e Navigazione

Per il posizionamento di precisione è stato utilizzato un sistema di posizionamento in modalità differenziale di tipo "Wide Area DGPS" della Fugro mod. Oministar 3000 LR12.

Tale sistema si basa sulla tecnologia satellitare GPS in modalità differenziale, con ricezione delle correzioni differenziali via satellite di tipo L-Band. Le correzioni differenziali vengono generate da un network di stazioni terrestri, selezionabili dall'operatore a seconda dell'area di lavoro, e inviate ad un Centro di Controllo ed Elaborazione che provvede alla ri-trasmissione via satellite.

L'acquisizione, la gestione e la memorizzazione dei dati di posizione e navigazione è stata eseguita con un sistema di navigazione costituito da un PC equipaggiato con il software HydroPro della Trimble. Il sistema è stato interfacciato con il sistema di posizionamento superficiale DGPS e con tutti gli altri strumenti di misura per la gestione e l'acquisizione di tutti i dati di interesse. Questa configurazione strumentale ha consentito

di ottimizzare tutte le operazioni di rilievo e di ottenere allo stesso tempo un set di dati di elevata affidabilità e precisione.

Le apparecchiature utilizzate risultano pertanto le seguenti:

- Personal Computer adeguatamente equipaggiato;
- Software Package di acquisizione e gestione dati (Trimble Hydro);
- Interfaccia Digiboard 8 Porte;
- Girobussola TSS Meridian Surveyor.

2.3. Sistema Multibeam

I rilievi batimetrici sono stati eseguiti mediante l'impiego di un sistema ecoscandaglio multibeam ad alta risoluzione Simrad EM3000 idoneo ad operare alle profondità delle aree da indagare.

Tale sistema multibeam ha una frequenza operativa di 300 kHz, ideale per ottenere la massima risoluzione su bassi fondali, con una risoluzione centrimetrica e un'accuratezza concorde con le normative IHO (International Hydrographic Organization) e U.S. Army Corps of Engineers.

Il sistema è composto da un trasduttore, una Processing Unit ed una stazione di controllo. Il trasduttore acustico è dotato di due differenti array, uno per la trasmissione ed un altro per la ricezione, che vengono pilotati dalla Processing Unit per la formazione dei fasci in trasmissione ed in ricezione.

La Processing Unit ha anche il compito di effettuare il riconoscimento del fondo e di gestire l'interfaccia con il sistema di posizionamento, la girobussola ed il sensore di assetto.

Per ogni ciclo di misura, il sistema genera in trasmissione un fascio acustico ampio 130° mentre in ricezione vengono formati 127 fasci di 1.5 gradi ai quali corrispondono altrettanti punti di misure batimetriche su una sezione trasversale all'asse longitudinale dell'imbarcazione. Questo metodo consente di coprire sezioni ampie fino a 4 volte la profondità e, con una cadenza di 25 scansioni per secondo, conseguire la copertura totale del fondo a velocità operative fino a 12 nodi.

Il metodo di misura della distanza tra il trasduttore ed il fondo è basata sull'analisi interferometrica che permette di calcolare la profondità in funzione sia dell'ampiezza che della fase dei segnali ricevuti. Alla distanza misurata vengono apportate, in tempo reale, anche le correzioni necessarie a compensare il movimento dell'imbarcazione e le variazioni della velocità del suono nell'acqua. Grazie a questo metodo di misura e ad un sofisticato trattamento numerico, l'EM 3000 esegue misure batimetriche con una precisione di 5 cm RMS ed una risoluzione pari ad un 1 cm.

La stazione di controllo è dotata del software Merlin che permette di configurare il modo di funzionamento della Processing Unit e di memorizzare e visualizzare i dati in tempo reale generando una prima carta batimetrica dell'area investigata.

Il sistema EM 3000 è stato impiegato unitamente ad un sensore di assetto ed una girobussola.

2.4. Girobussola

Per la misura dell'orientamento dell'imbarcazione e il corretto posizionamento delle misure batimetriche effettuate è stata impiegata una girobussola Meridian Surveyor della TSS. L'uscita digitale della girobussola è stata inviata in tempo reale al sistema di acquisizione e navigazione e al sistema multibeam.

2.5. Sensore di Assetto

Per la correzione del movimento dell'imbarcazione dovuto al moto ondoso (rollio, beccheggio e spostamento verticale) è stato impiegato un sensore di assetto DMS2-05 TSS. Il sensore è stato accuratamente installato vicino al centro di gravità dell'imbarcazione. I dati di assetto misurati sono stati trasmessi al sistema multibeam per la correzione in tempo reale delle misure di profondità.

2.6. Sistema Side Scan Sonar

Per l'esecuzione delle indagini morfologiche è stato utilizzata la seguente strumentazione:

- Sistema Side Scan Sonar C-MAX ;
- Workstation di acquisizione dati.

2.7. Sistema Sub Bottom Profiler

Per l'esecuzione delle indagini stratigrafiche è stata utilizzata la seguente strumentazione:

- Sistema Sub Bottom Profiler SES 2000 Innomar;
- Workstation di acquisizione dati.

2.8. Magnetometro

Per l'esecuzione delle indagini magnetometriche marine è stato utilizzato la seguente strumentazione:

- Magnetometro Marine Magnetics Explorer;
- Computer Laptop - unità di acquisizione dati.

2.9. Sistemi per Elaborazione Dati e Produzione cartografica

Le fasi di controllo, analisi ed elaborazione dati, di produzione cartografica e di stesura della Relazione Tecnica è stata eseguita presso il Centro di Elaborazione Dati (C.E.D.)

che è dotato di una rete locale, appositamente progettata per l'elaborazione dati e la produzione cartografica dei dati provenienti da campagne di rilievi marini.

Per quanto concerne il software, il C.E.D. è dotato di software applicativi per l'elaborazione dati e la restituzione cartografica, tutti nella loro versione più aggiornata e completa. Inoltre, è disponibile una ricca libreria di programmi dedicati, che rappresentano il risultato di una lunga attività di ricerca e di sviluppo software.

3. METODOLOGIE DI ACQUISIZIONE DATI

3.1. Pianificazione dei Rilievi

Sulla base delle specifiche tecniche concordate, nella fase precedente al rilievo, sono state pianificate le diverse fasi del lavoro e sono state avviate le richieste per l'ottenimento delle necessarie autorizzazioni da parte delle Autorità competenti.

In particolare, nella fase preliminare si è provveduto ad effettuare sopralluoghi nelle aree di interesse al fine di identificare una base logistica adeguata ed seguire tutte le azioni necessarie al corretto svolgimento dei lavori. Si è proceduto, inoltre, a rilevare dalla cartografia ufficiale fornita tutte le informazioni necessarie alla progettazione e pianificazione dei rilievi.

3.2. Organizzazione e Svolgimento dei Lavori

Il giorno 05 febbraio 2007 si è proceduto alla installazione della strumentazione a bordo della M/B MEDMA nel Porto Rifugio di Gela. Tale operazione ha incluso la verifica di funzionamento e la calibrazione di tutti i sistemi utilizzati, così come descritto più dettagliatamente nel relativo paragrafo.

Le operazioni di rilievo geofisico nell'area d'indagine sono state effettuate nel periodo 6-8 febbraio con la sospensione delle attività il giorno 7 febbraio a causa delle avverse condizioni meteomarine.

La fase di controllo di qualità, analisi, elaborazione e restituzione cartografica dei dati raccolti è cominciata il giorno 12 febbraio 2007 ed è proseguita fino alla stesura definitiva della presente Relazione Tecnica.

3.3. Parametri geodetici

Il Datum geodetico cui sono stati riferiti tutti i dati di posizione raccolti è il WGS84, mentre la rappresentazione cartografica prescelta è la Costruzione TM 33N. I parametri geodetici applicati sono indicati nella seguente tabella:

DATUM GEODETICO	WGS84
PROIEZIONE	TM_WGS84 analoga a UTM
ZONA UTM	33 N
FALSO EST	500000
FALSO NORD	0
MERIDIANO CENTRALE	15° E
FATTORE DI SCALA	0.9996

Livello di Riferimento Quote

I dati altimetrici e batimetrici raccolti sono stati corretti in fase di elaborazione e sono tutti riferiti al Livello Medio Mare (l.m.m.). Tale correzione è stata effettuata utilizzando i dati di marea forniti dalla stazione mareografica del Servizio Mareografico Nazionale ubicata in corrispondenza della radice del Molo Vecchio del porto di Porto Empedocle.

3.4. Metodologie di calibrazione degli strumenti

Nella prima parte di questa fase è stato testato e verificato il corretto funzionamento di tutte le apparecchiature in dotazione. Le operazioni di calibrazione sono iniziate solo dopo aver verificato l'esito positivo di tale controllo preliminare.

Sistema di Posizionamento

La verifica del corretto funzionamento del ricevitore nella modalità "WADGPS" è stata effettuata installando l'antenna del ricevitore GPS in corrispondenza di un punto di coordinate note e appurandone la corrispondenza con la misura effettuata, nell'ambito della precisione strumentale attesa.

Sistema Multibeam

Il sistema Multibeam è stato collegato direttamente con il sistema di acquisizione e navigazione ed interfacciato alla girobussola ed al sensore di assetto.

La calibrazione del sistema Multibeam è stata eseguita per compensare il disallineamento tra il sensore di orientamento, il sensore di assetto e il trasduttore MBES. Seguendo le specifiche del costruttore, è stata prima individuata sulla carta nautica una zona con fondale parzialmente piatto e parzialmente inclinato, e quindi la calibrazione si è svolta secondo le seguenti fasi:

- la compensazione dell'inclinazione del trasduttore MBES rispetto al piano di rollio è avvenuta percorrendo la stessa linea di navigazione in direzione opposta su un fondale piatto e quindi calcolando l'offset come inclinazione relativa tra due profili del fondo in una sezione perpendicolare alla linea;
- la compensazione dell'inclinazione del trasduttore MBES rispetto al piano di beccheggio è avvenuta percorrendo la stessa linea di navigazione in direzione opposta su un fondale inclinato e quindi calcolando l'offset come inclinazione relativa tra due profili del fondo in una sezione parallela alla linea;
- la compensazione del navigation delay, dovuta al ritardo di trasmissione del dato di posizione, è stata eseguita ripercorrendo le stesse linee del punto 2 a velocità diversa e calcolando il ritardo in base allo spostamento sull'asse longitudinale delle strutture riconoscibili;
- la compensazione della deviazione in azimuth tra la girobussola ed il trasduttore MBES è stata eseguita localizzando un tratto di condotta e percorrendo due linee adiacenti in direzione opposta: il valore di calibrazione è stato misurato come correzione angolare per portare a combaciare l'oggetto nella visione in pianta.

Sia in fase di calibrazione che nel corso dei rilievi sono state eseguite profilature della velocità del suono lungo la colonna d'acqua mediante una sonda SVP, allo scopo di calcolare i profili da impostare di volta in volta nel sistema MBES; tale operazione è stata ripetuta due volte al giorno durante il corso delle operazioni in mare per consentire al sistema di generare appropriatamente i fasci e di compensare la rifrazione dei raggi acustici ("ray bending") per il posizionamento accurato dei punti di misura.

Girobussola

Durante la fase di installazione della girobussola si è provveduto ad allineare la linea di fede dello strumento con l'asse longitudinale dell'imbarcazione. L'offset di installazione finale della girobussola è stato poi misurato con l'imbarcazione ormeggiata nel Porto Rifugio di Gela. Con due rolline metriche è stato calcolato l'orientamento dell'imbarcazione rispetto al molo di ormeggio nel Porto Rifugio di Gela, di cui si conosce dalla cartografia ufficiale il corretto orientamento.

Contemporaneamente è stata effettuata la lettura della girobussola e si è preso nota della differenza tra l'orientamento dell'imbarcazione e quello fornito dalla girobussola. Le operazioni di misura sono state ripetute 8 volte in 30 minuti ed è stata fatta una media delle differenze. Il valore ottenuto è stato di -1.3° .

Sensore di Assetto

Il test funzionale del sensore di assetto è stato eseguito con l'imbarcazione ormeggiata in porto ed utilizzando il programma DMSView: il primo passo è consistito nella verifica delle funzionalità del sensore, quindi nel controllo delle misure degli angoli di rollio (roll), beccheggio (pitch) e del moto verticale (heave).

Successivamente ci si è trasferiti in mare e, sempre con l'ausilio del programma DMSView, si è effettuata la procedura di misura degli offset di installazione secondo le indicazioni della casa costruttrice. Attraverso il software, con misure ripetute per circa 10 minuti, si sono ottenuti i valori di roll, pitch e heave da inserire nel sensore di assetto come offset di installazione.

Sistema Side Scan Sonar

La calibrazione del sistema Side Scan Sonar è consistita nel verificare che i parametri di acquisizione prescelti (range laterale, numero di campioni per canale, guadagno, etc.) garantissero la risoluzione necessaria allo svolgimento delle indagini in oggetto.

In particolare si è verificato che strutture sedimentarie di fondo ed oggetti di dimensioni limitate (piccoli corpi morti, trovanti vari) fossero chiaramente identificabili dalle registrazioni digitali.

Sistema Sub Bottom Profiler

La calibrazione del sistema Sub-Bottom profiler è consistita nelle seguenti operazioni:

- Misurazione degli offset di installazione del trasduttore rispetto all'antenna GPS sul piano orizzontale e misurazione dell'immersione del traduttore;
- Tuning, ovvero ottimizzazione della sintonia, del sistema SBP.

3.5. Acquisizione dati

Le operazioni di rilievo in mare sono state eseguite solo nelle ore diurne e con condizioni meteorologiche adeguate. In tal modo si è potuto operare entro i limiti di sicurezza garantendo nel contempo un'elevata qualità dei dati.

Acquisizione Dati di Posizione e Navigazione

L'acquisizione, la gestione e la memorizzazione dei dati di posizione e navigazione è stata eseguita dal sistema di navigazione costituito da un PC equipaggiato con il software HydroPro della Trimble. Il sistema è stato interfacciato con il sistema di posizionamento DGPS, con la girobussola e il sensore di assetto per la gestione e l'acquisizione di tutti i dati di posizionamento e navigazione.

I piani di navigazione da seguire nelle due aree di indagine sono stati preventivamente inseriti nel sistema di Navigazione e visualizzati durante le operazioni di acquisizione, avendo cura di installare un monitor supplementare in corrispondenza della postazione del pilota per facilitare la guida in rotta della nave.

Per ogni linea di navigazione è stato creato un file dati separato, contenente tutte le informazioni di posizione per ciascuno dei sensori di misura utilizzati.

Acquisizione Dati Batimetrici

I dati batimetrici forniti dal sistema multibeam sono stati acquisiti con un workstation SUN equipaggiata con i software Simrad Mermaid (acquisizione dati) e Merlin (visualizzazione e controllo di qualità in tempo reale).

Il trasduttore del sistema è stato installato a prua dell'imbarcazione utilizzando un sostegno realizzato in acciaio inox ed in grado di garantire la stabilità nella posizione. Gli offset di installazione del trasduttore rispetto all'antenna del GPS sono stati accuratamente misurati ed inseriti nel software di gestione del sistema Multibeam.

Si è provveduto a mantenere un overlap del 30% fra le linee di misura adiacenti al fine di ottenere la ridondanza di dati necessaria ad una corretta elaborazione.

All'inizio delle operazioni di misura ed a intervalli di circa 6 ore è stato misurato il profilo della velocità del suono in mare. Le misure della velocità del suono sono state ottenute per mezzo di un profilatore che effettua la misura acustica diretta con intervallo di

profondità pari ad 1 metro e fino alla massima profondità raggiungibile nell'area di interesse.

I dati raccolti venivano di volta in volta inseriti nel programma di acquisizione del sistema multibeam.

Acquisizione Dati Side Scan Sonar e Sub Bottom Profiler

I sistemi Side Scan Sonar e Sub Bottom Profiler sono controllati e gestiti ciascuno attraverso una workstation capace di acquisire e visualizzare in tempo reale sul monitor i dati durante il rilievo. I sistemi, interfacciati con il sistema di acquisizione dati e navigazione, sono capaci di corredare i dati acquisiti in formato digitale di tutte le informazioni concernenti la posizione, ora e velocità della nave, necessarie per l'interpretazione e l'elaborazione dei dati.

Normalmente, anche per l'acquisizione dei dati stratigrafici e morfologici c'è una corrispondenza tra nome delle linee di navigazione e nome del file di acquisizione, sempre che non intervengano eventi, come calate SVP o altro ad interrompere temporaneamente l'acquisizione; in tal caso il nome del file è corredato da un appropriato suffisso.

Acquisizione Dati Magnetometrici

Il sistema magnetometrico marino è controllato e gestito attraverso una workstation corredata del software SeaLINK capace di acquisire e visualizzare in tempo reale sul monitor i dati durante il rilievo. Il sistema, interfacciato con il sistema di posizionamento DGPS, è capace di corredare i dati acquisiti in formato digitale di tutte le informazioni concernenti la posizione della nave, necessarie per l'interpretazione e l'elaborazione dei dati. Il sensore del magnetometro è stato trainato fuoribordo avendo cura di mantenerlo quanto più radente al fondo possibile.

4. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE DATI

Questa attività è stata svolta presso il Centro Elaborazione Dati al termine della campagna in mare ed ha previsto le seguenti fasi operative principali.

4.1. Elaborazione Dati di Posizione e Navigazione

Per mezzo del modulo Processing del software di Acquisizione e Navigazione HydroPro, si è provveduto ad analizzare tutti i dati di posizione raccolti durante i rilievi. È stata controllata la qualità dei dati di posizione e sono stati eliminati gli eventuali errori di posizionamento utilizzando i fattori di qualità contenuti nel messaggio digitale ricevuto dal sistema GPS (HDOP).

In Figura 2 viene riportato il piano di navigazione eseguito con l'indicazione della strumentazione geofisica utilizzata.

4.2. Elaborazione Dati Batimetrici

Il post-processing dei dati MBES è stato svolto, utilizzando la workstation Sun Ultra come piattaforma per i software Neptune (Simrad) e Cfloor (Smedvig Technologies). Il software Neptune consente di operare un'approfondita valutazione dei dati secondo tre passaggi fondamentali:

- correzione della posizione, mediante un modulo che consente di definire i criteri base per la reiezione automatica dei dati anomali, dovuti a salti del sistema di posizionamento, e di intervenire manualmente per eliminare registrazioni non accurate;
- correzione della profondità, mediante un modulo che permette di applicare all'intero dataset la compensazione di marea;
- controllo statistico dei dati, basato sulla definizione di una serie di parametri e regole empiriche, per estrarre un *dataset* di misure affidabili.

I dati batimetrici così controllati e filtrati sono stati elaborati al fine di ottenere un modello digitale del fondo (DTM) consistente con la risoluzione del rilievo ed adeguato alla scala di rappresentazione cartografica richiesta.

In Figura 3 viene riportata la batimetria generale dell'area d'indagine con isobate ad intervallo di 0.25 m.

4.3. Elaborazione Dati Side Scan Sonar

L'elaborazione delle registrazioni Side Scan Sonar è stata eseguita con il supporto dei software ISIS e DelphMap della Triton Elics. Il primo passo di elaborazione ha permesso di eseguire la riproduzione e georeferenziazione dei record applicando la correzione per la rimozione della colonna d'acqua (water column removal) e la compensazione geometrica per la distanza inclinata (slant range correction).

Le registrazioni georeferenziate delle singole linee di rilievo sono state mosaicate, sia per ottenere una visione d'insieme della morfologia dell'area, sia per facilitare il lavoro d'interpretazione e mappatura del fondale e individuazione di target significativi.

In Figura 4 viene riportato il mosaico Side Scan Sonar dell'area d'indagine.

4.4. Elaborazione Dati Sub Bottom Profiler

Per le sezioni SBP si è proceduto al playback dei dati raccolti su campo ed alla stampa delle sezioni. Successivamente è stata eseguita l'interpretazione delle stesse al fine di individuare i principali orizzonti presenti e caratterizzarli dal punto di vista stratigrafico. Particolare attenzione è stata posta alla individuazione di eventuali target presenti sul fondo o sottofondo dell'area d'indagine, presumibilmente riconducibili a reperti archeologici.

In Figura 5 viene riportata la registrazione Sub Bottom Profiler lungo il tracciato di progetto della condotta sottomarina.

4.5. Restituzione Cartografica

Al termine delle attività di analisi, elaborazione ed interpretazione dei dati sono stati realizzati gli elaborati cartografici in conformità con le specifiche tecniche.

Gli elaborati cartografici sono stati strutturati in modo da consentire un'agevole lettura e interpretazione di tutte le informazioni riportate. In dettaglio sono stati realizzati i seguenti elaborati cartografici:

CARTOGRAFIA		
Nome/Scala	Titolo	Descrizione
01_AREA	Inquadramento	Inquadramento dell'area
02_PNAV_10M 1:10000	Piano di Navigazione	Piano di navigazione eseguito con indicazione della strumentazione geofisica utilizzata
03_BAT_10M 1:10000	Batimetria	Batimetria generale dell'area d'indagine isobate ad intervallo 0.25 m
04_MOS_10M 1:10000	Mosaico SSS	Mosaico Side Scan Sonar dell'area d'indagine
05_SBP	Record SBP	Registrazione Sub Bottom Profiler lungo il tracciato di progetto della condotta sottomarina

Tutti gli elaborati cartografici prodotti sono stati resi disponibili sia su supporto cartaceo che su supporto informatico (CD-ROM) in formato Acrobat (PDF).

5. RISULTATI

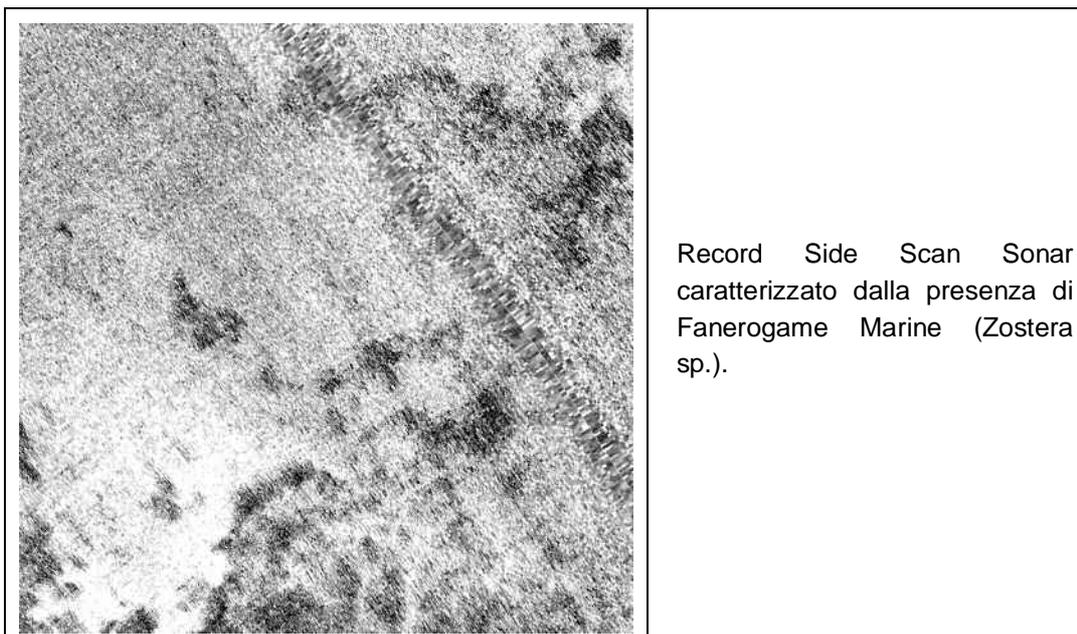
Nel paragrafo seguente sono riportati i principali risultati dei rilievi eseguiti.

Relativamente alla individuazione di eventuali reperti archeologici sepolti sotto il fondo del canale è possibile dire che non si rileva alcuna indicazione, nei record morfologici, stratigrafici e magnetometrici analizzati, che possa indicarne la eventuale presenza.

Si riporta in Allegato 3 la lettera prot. 129/Pos. T/CL/GELA/2 datata 15 febbraio 2007 della Soprintendenza del Mare dell'Assessorato Regionale Beni Culturali ed Ambientali e P.I. in cui, a seguito dell'esecuzione delle indagini svolte, è stato espresso parere favorevole alla esecuzione dei lavori di posa della condotta sottomarina che collega il campo Boe alla Diga foranea del Porto Isola di Gela.

5.1. Analisi Dati Morfologici

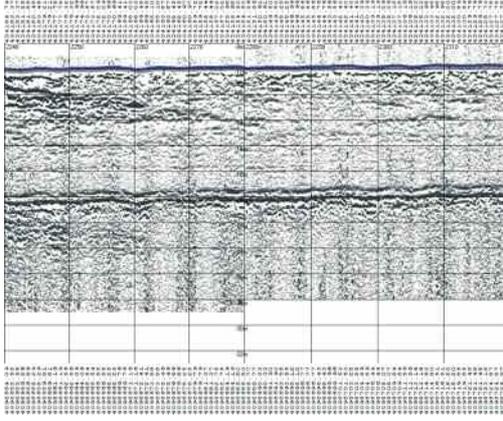
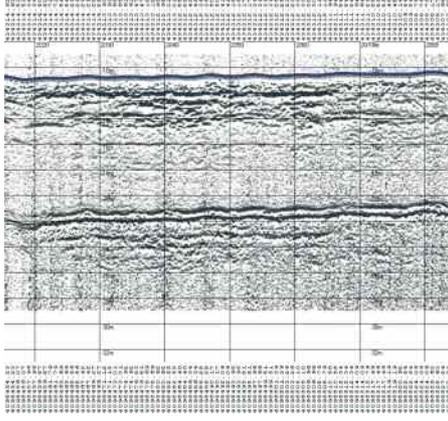
L'analisi dei record Side Scan Sonar (Figura 4) evidenzia la presenza di un fondo prevalentemente a sabbie fini. È da notare in prossimità del pontile della Raffineria di Gela la presenza di Fanerogame marine (*Zostera* sp.).



Dall'analisi dei dati morfologici non si evidenzia la presenza di target di alcuna rilevanza dal punto di vista archeologico.

5.2. Analisi Dati Stratigrafici

Dall'interpretazione dei profili stratigrafici acquisiti con il sistema Sub Bottom Profiler (Figura 5) si evidenziano le seguenti facies acustiche del fondo e del sottofondo marino:

<p>In generale la stratigrafia acustica dell'immediato sottofondo mostra una facies complessivamente trasparente con deboli riflessioni a debole coerenza. Si interpreta tale facies come corrispondente a silt e sedimenti fini. Tale sequenza è a luoghi interrotta da riflessioni a maggiore ampiezza che possono corrispondere a corpi sabbiosi oppure a residui di matte (morte) di fanerogame marine.</p>	
<p>Al di sotto della sequenza superficiale dalla facies relativamente opaca si riconoscono alcuni riflettori più o meno continui lungo tutto il profilo a profondità variabili. Tali riflessioni, poste a profondità variabili da 1 a 2 m dal fondo mare (assumendo una velocità conservativa di Vp di 1500 m/sec. per i sedimenti) corrisponde probabilmente a sedimenti a granulometria maggiore sepolti (sabbie medie etc.) al di sotto delle sequenze a silt di fondo mare.</p>	

Complessivamente non si riscontra da un punto di vista acustico alcun target che possa avere rilevanza da un punto di vista archeologico.

5.3. Analisi Dati Magnetometrici

L'analisi dei dati magnetometrici acquisiti lungo il corridoio d'indagine non ha evidenziato alcuna anomalia tale da far presagire l'eventuale presenza di reperti archeologici.

Allegato 1 - Lettera Soprintendenza del Mare
prot. 2/Pos. T/CL/GELA/2 dell'8 gennaio 2007

Allegato 2 - Lettera Soprintendenza BB.CC.AA. di
Caltanissetta prot. 338 dell'8 febbraio 2007

Allegato 3 - Lettera Soprintendenza del Mare
prot. 129/Pos. T/CL/GELA/2 del 15 febbraio 2007

Allegato 4 - Schede Tecniche delle Attrezzature

Figure