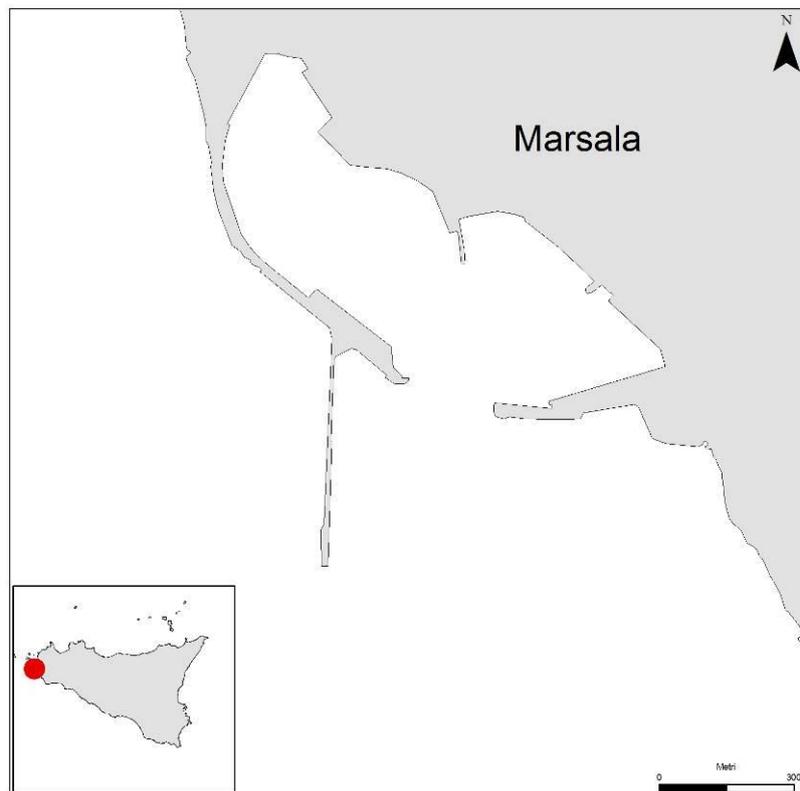




Studio integrativo ed indagini geofisiche e biocenotiche ad alta risoluzione sulla presenza qualitativa e quantitativa di *Posidonia oceanica* finalizzati alla realizzazione di una cartografia biocenotica sui fondali antistanti il porto di Marsala (Trapani).



Gennaio 2013

INDICE:

Introduzione	1
1. Area di studio	2
2. Rilievi acustici	4
3. Rilievi batimetrici.....	6
4. Rilievi morfometrici.....	12
5. Attività di verità mare	14
6. Qualità dell'ambiente marino costiero.....	15
6.1 Caratteristiche generali dell'area biogeografica	15
6.2 La prateria di Posidonia oceanica	17
7. Risultati.....	22
8. Considerazioni conclusive e raccomandazioni.....	29
Allegati	30
Bibliografia	31

Introduzione

In data 12/12/2012 Il comune di Marsala ha dato incarico alla Biosurvey srl, *spin-off* dell'Università degli Studi di Palermo, di effettuare indagini geofisiche mediante sistemi acustici ad alta risoluzione in prossimità dell'imboccatura del porto. L'obiettivo del presente lavoro è stato quello di raccogliere precise informazioni, sia da un punto di vista qualitativo che quantitativo, riguardo le principali biocenosi bentoniche presenti nei fondali prospicienti l'area portuale, con particolare riferimento alla prateria di *Posidonia oceanica*.

Le opere in progetto consistono, sinteticamente, nella realizzazione di:

- una barriera di sopraflutto, che si estende per circa 426m con una larghezza di circa 38m ed una superficie totale di 15.741m²;
- una barriera di sottoflutto con una estensione di 600m, una larghezza massima di 200m ed una superficie complessiva di 85.250m².

Al fine di raggiungere gli obiettivi oggetto del presente rapporto sono stati utilizzati i seguenti sistemi acustici ad alta risoluzione:

- Multibeam Echosounder (MB) per le indagini batimetriche;
- Side Scan Sonar (SSS) per le indagini morfologiche.

Contestualmente alle attività qui riportate sono state effettuate indagini sismo-acustiche mediante sistema Sub-Bottom Profiler (SBP), finalizzate all'individuazione di elementi di natura antropica di possibile interesse archeologico/culturale, i cui risultati sono stati presentati in un apposito elaborato. Sono state, inoltre, effettuate attività di verità-mare, di supporto alla interpretazione dei dati acquisiti da remoto, ed è stata definita la qualità della prateria presente nell'area utilizzando i dati più recenti riportati in letteratura.

Nel presente rapporto e nella cartografia allegata vengono riportati i risultati delle indagini biocenotiche condotte.

1. Area di studio

Le indagini hanno interessato il tratto di mare antistante l'imboccatura dell'attuale porto del comune di Marsala (Trapani) (Figure 1.1; 1.2).

I fondali si presentano di natura essenzialmente rocciosa ed in prossimità dell'attuale porto è presente una densa prateria di *P. oceanica*, prevalentemente insediata su *matte*, che come è noto colonizza gran parte della costa Occidentale della Sicilia.

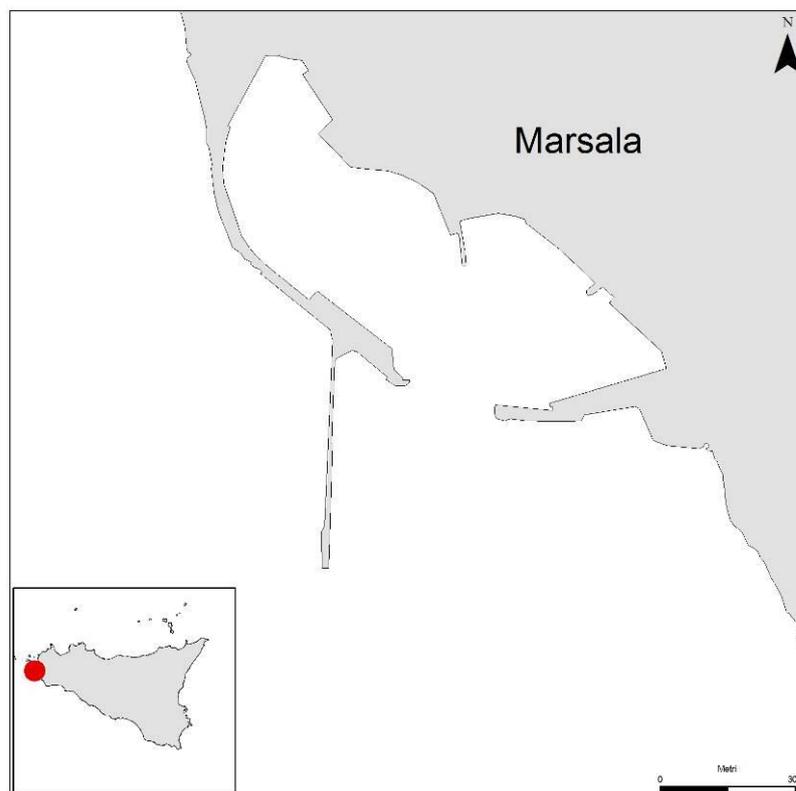


Figura 1.1 – Area di studio.

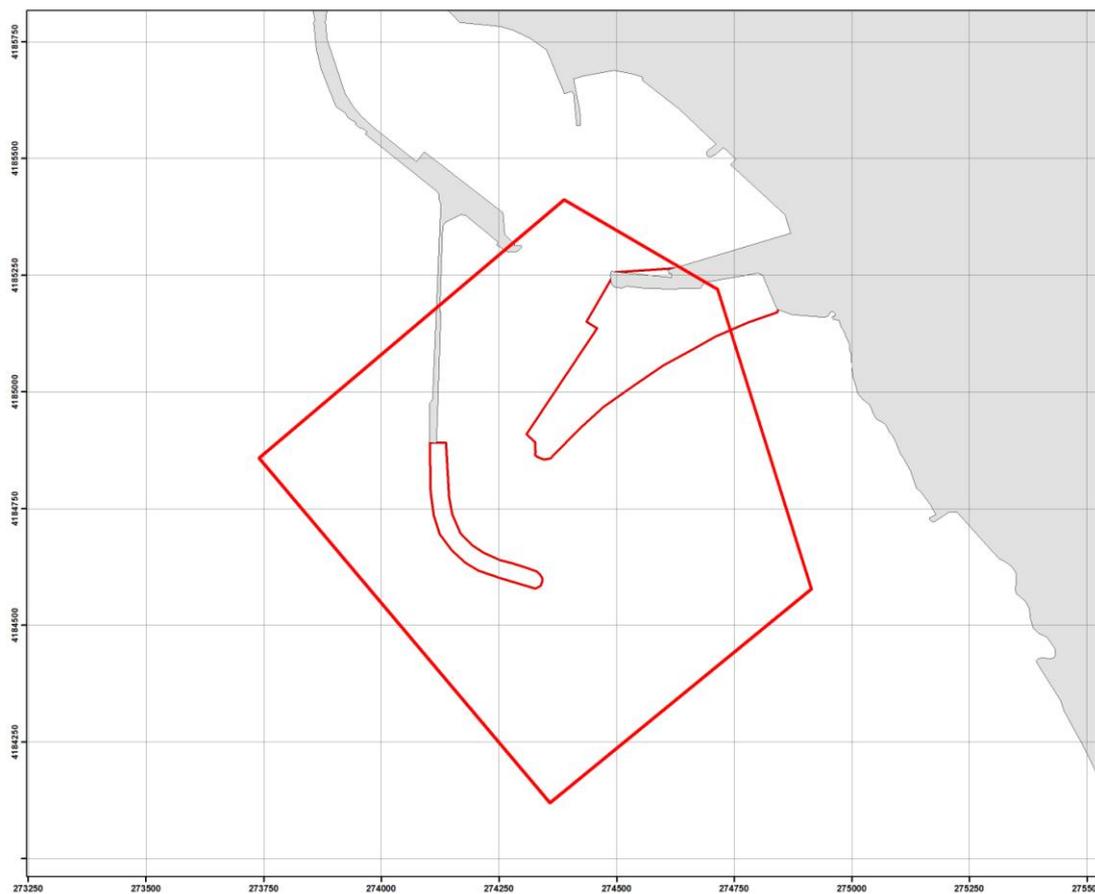


Figura 1.2 – Area interessata dalle indagini, in rosso le opere in progetto.

2. Rilievi acustici

I rilievi acustici ad alta risoluzione sono stati effettuati nel tratto di mare antistante l'imboccatura del porto, con particolare attenzione rivolta ai fondali direttamente interessati dalle opere in progetto.

A tal fine è stata utilizzata un'imbarcazione locale su cui è stata installata la strumentazione necessaria allo svolgimento delle attività in oggetto (Figure 2.1; 2.2).



Figura 2.1 – Parte della strumentazione installata nell'imbarcazione utilizzata.

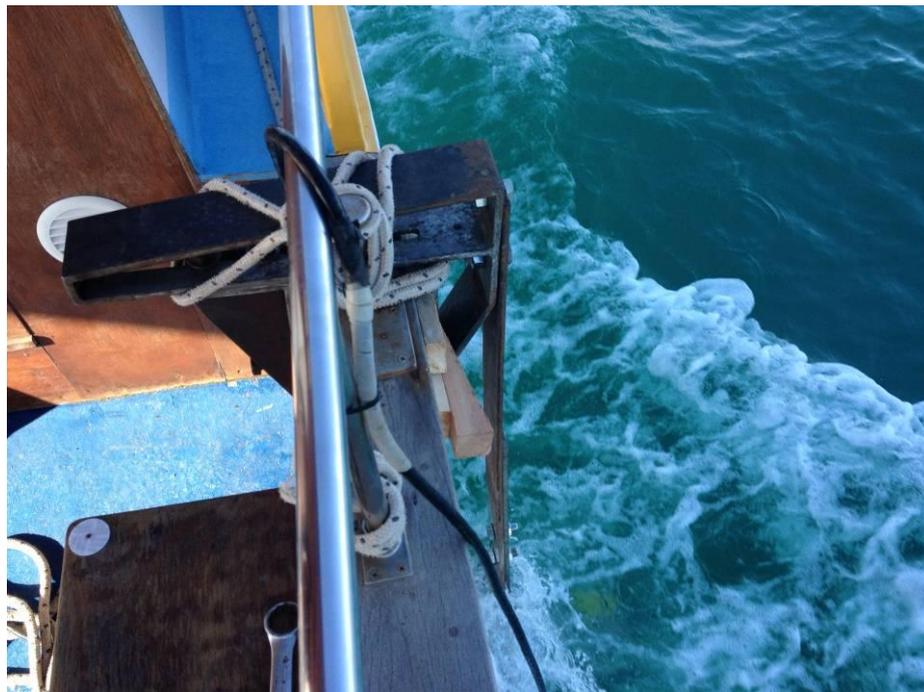


Figura 2.2 – Sistema di fissaggio del sensore in paratia.

In particolare, la strumentazione acustica impiegata durante i rilievi comprende:

- Sistema Multibeam RESON Seabat 8125, operante alla frequenza di 455 kHz;
- Side Scan Sonar Klein 3900;
- Sub-Bottom Profiler INNOMAR SES-2000 Compact;
- Sistema TSS-MAHRS girobussola/sensore di moto tridimensionale (MRU) integrato;
- Sonda per il profilo della velocità nel suono nell'acqua RESON SVP/15;
- Sonda per la velocità del suono al trasduttore;
- Sistema di posizionamento RTK Topcon GRS-1;
- Software per rilievi idrografici RESON PDS 2000.

3. Rilievi batimetrici

Il sistema acustico Multibeam utilizzato (Figura 3.1; Tabella 3.1) permette di raccogliere precise informazioni e misure sulla batimetria del fondale, attraverso l'emissione di un fascio acustico avente ampiezza di 120° ed una risoluzione verticale di 6mm.

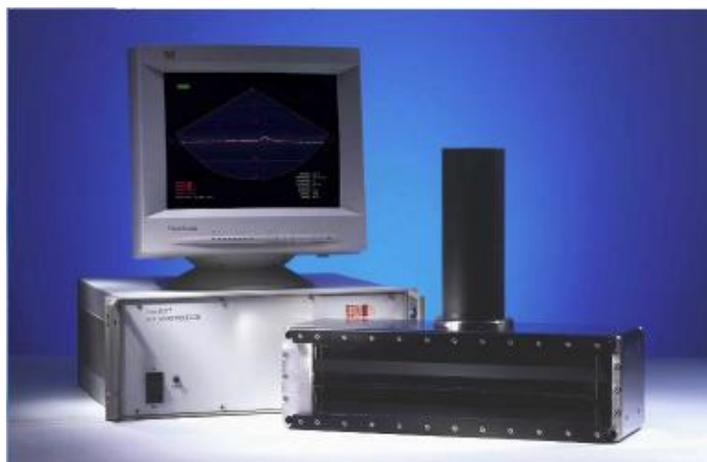


Figura 3.1 – Sistema integrato MultiBeam-SSS RESON Seabat 8125.

Tabella 3.1 – Caratteristiche del sistema MB-SSS RESON 8125.

Frequenza	455 KHz
Risoluzione in profondità	6 mm
Copertura spazzata	120°
Operatività massima	120 m
Numero di Beam	240
Apertura anteriore del singolo Beam	1°
Apertura laterale del singolo Beam	0.5°

Il trasduttore è stato fissato sulla murata dell'imbarcazione mediante palo in acciaio; tale soluzione assicura una perfetta stabilità del sensore limitando le possibilità di errore nella fase di acquisizione.

Le correzioni necessarie per compensare i movimenti dell'imbarcazione rispetto al fondale e la corretta direzione rispetto al nord geografico, sono affidate al sensore

di moto/girobussola TSS-Mahrs (Figura 3.2). Tale sistema, dotato di una serie di accelerometri, garantisce un'elevata accuratezza nel fornire indicazioni circa la posizione relativa del mezzo permettendo una correzione in tempo reale dei dati batimetrici acquisiti.



Figura 3.2 – Sensore di moto/Girobussola TSS-Mahrs.

Al fine di una ottimale acquisizione dei dati è stato necessario effettuare un profilo della velocità del suono. In particolare la raccolta dei dati relativi alla velocità del suono è stata affidata a due differenti sonde: una fissa al trasduttore del sistema MB-SSS, che in tempo reale raccoglie informazioni relative al primo strato d'acqua; ed una seconda sonda mobile, RESON SVP/15 (Figura 3.3), che è stata utilizzata nell'area d'indagine con l'obiettivo di ottenere un profilo della velocità del suono relativo a tutta la colonna d'acqua.



Figura 3.3 – Sonda di Velocità del suono RESON SVP/15.

Il posizionamento è stato affidato ad un sistema satellitare RTK Topcon GRS-1 (Figura 3.4). Tale sistema riceve, contemporaneamente, segnali sia dalla costellazione satellitare americana GPS, che dalla costellazione russa GLONASS. Tali informazioni vengono intergrate con la correzione inviata dalla rete di stazioni permanenti NetGEO, permettendo così di ottenere precisioni sub-centimetriche.



Figura 3.4 - Ricevitore Topcon GRS-1.

Tutti i sistemi sopra elencati sono stati interfacciati con il software di navigazione/gestione RESON PDS 2000, che permette in tempo reale la visualizzazione, la georeferenziazione e la correzione dei dati acquisiti. L'acquisizione dei dati e la successiva restituzione cartografica sono stati effettuati nel sistema di coordinate WGS84, con proiezione nel sistema UTM secondo i parametri della Tabella 3.2.

Tabella 3.2 – Parametri di acquisizione e restituzione cartografica.

Datum	WGS84
Vertical Datum	MSL
Emisfero	Nord
Proiezione	UTM Zona 33
Origine	Lat = 0°; long = 15° Est; Falso Est = 500000; Nord = 0
Fattore di scala	0.9996

Preliminarmente alla fase di acquisizione dei dati sono state effettuate le operazioni di calibrazione della strumentazione, in particolare del sensore di moto e del sistema MB-SSS.

Il sensore di assetto è stato calibrato mediante apposito software (DMS View) per il controllo delle misure degli angoli di rollio e beccheggio.

La calibrazione del sistema Multibeam è stata preceduta dal rilevamento della velocità del suono lungo tutta la colonna d'acqua. In sono state effettuate, in una porzione di fondale avente idonee caratteristiche, delle “strisciate” preliminari per raccogliere le informazioni utili alla corretta calibrazione dello strumento. Dall'analisi dei dati acquisiti sono stati calcolati i valori di correzione per:

- *pitch* (errore verticale del sensore secondo la direzione dell'imbarcazione);
- *roll* (errore verticale del sensore secondo la perpendicolare alla direzione dell'imbarcazione);
- *heading* (correzione dell'allineamento del trasduttore con l'asse dell'imbarcazione).

Dopo la fase di calibrazione dello strumento e dopo aver effettuato le dovute

correzioni, è iniziata la fase di acquisizione dei dati nell'area d'indagine.

Al termine delle operazioni di acquisizione i dati sono stati controllati direttamente a bordo, prima della demobilitazione della strumentazione, e salvati su supporto digitale per le successive fasi di elaborazione da effettuare in laboratorio. La procedura di elaborazione dei dati è stata poi eseguita tramite fasi successive così definite:

- *editing* dei valori batimetrici e correzione di eventuali errori di acquisizione (Figura 3.5);
- *editing* delle linee di navigazione per eventuali problemi connessi a salti del sistema di posizionamento o ad errori del sistema Multibeam (Figura 3.6);
- correzione dell'escursione di marea durante il periodo del rilievo;
- controllo dei filtri applicati ed eventuale uso di altri filtri;
- creazione del modello digitale del terreno;
- tracciamento delle isobate ad intervalli regolari di profondità;
- creazione di modelli tridimensionali del fondo.

Infine, i dati raccolti sono stati trattati in ambiente GIS (ESRI ArcGis 9.3) per la fase di restituzione e d'interpretazione cartografica.

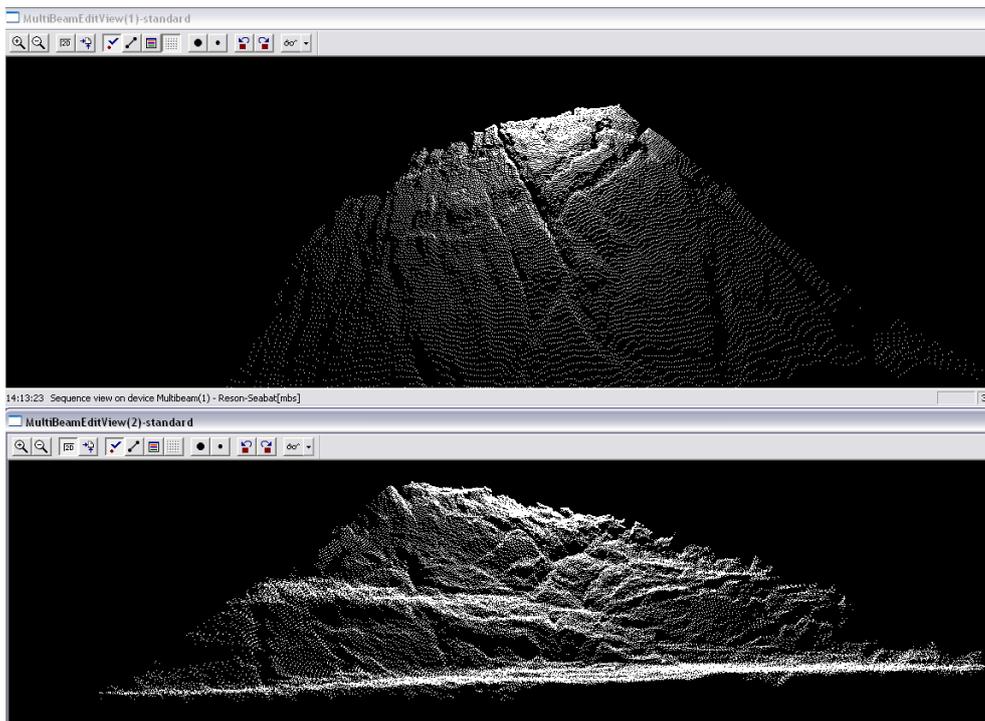


Figura 3.5 - Esempio di *editing* e correzione dei dati acquisiti.

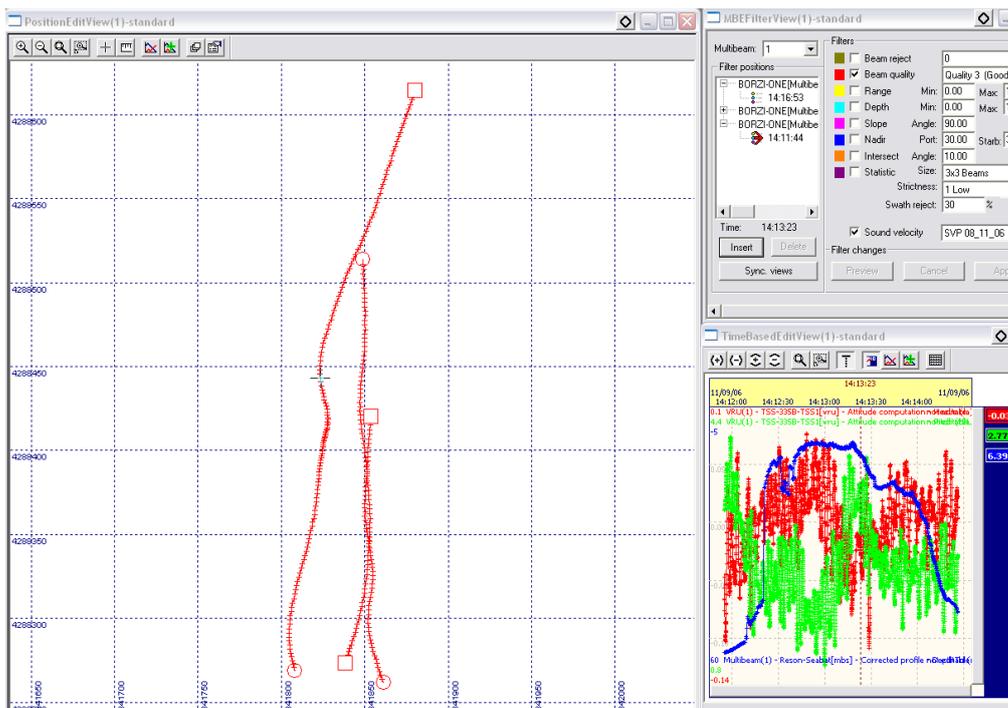


Figura 3.6 - Esempio di *editing* delle rotte, controllo filtri e parametri sensore di moto.

4. Rilievi morfometrici

I rilievi morfometrici sono stati effettuati, mediante un sistema Side Scan Sonar ad alta frequenza, nello specchio acqueo antistante il porto di Marsala (Trapani) all'interno di una superficie complessiva di 75.4ha, secondo quanto indicato nelle prescrizioni contrattuali.

In particolare durante i rilievi è stata impiegata la seguente strumentazione:

- ✓ Sistema Side Scan Sonar Klein 3900;
- ✓ Sistema di posizionamento RTK Topcon GRS-1;
- ✓ Software di acquisizione SONAR PRO III;
- ✓ Software per rilievi idrografici PDS 2000.

Il Klein 3900 è un sonar a scansione laterale (Side Scan Sonar) equipaggiato con due trasduttori ad alta sensibilità e un sistema di amplificazione del segnale, che permette di minimizzare il rumore di fondo garantendo l'acquisizione di dati ad alta qualità e un'alta risoluzione lungo l'intera spazzata. Il sistema è composto da un "Tow Fish" (Figura 4.1) e da una "Unità Centrale" (TPU). Il software di gestione e controllo SONAR PRO permette, oltre l'acquisizione e la correzione dei dati sonar, anche di impostare e visualizzare la navigazione, lo stato di funzionamento dei sensori e degli strumenti interfacciati al Side Scan Sonar (Tabella 4.1).



Figura 4.1 – "Tow Fish" del sistema Side Scan Sonar Klein 3900.

Tabella 4.1 - Caratteristiche tecniche del Klein 3900.

Frequenze: 900/445 kHz
Ampiezza del range: 450 m -100 kHz; 150 m - 500 kHz.
Risoluzione trasversale: 3.75 cm -100 kHz, 1.875 cm - 500 kHz (across track)
Risoluzione longitudinale: 20 cm (along track)
Inclusi nel towfish standard: Sensori di rollio (roll), beccheggio (pitch) e bussola (heading).

Il posizionamento del Side Scan Sonar è stato affidato ad un sistema satellitare RTK Topcon GRS-1. Tale sistema riceve contemporaneamente segnali sia dalla costellazione satellitare americana GPS, che dalla costellazione russa GLONASS. Tali informazioni vengono integrate con la correzione inviata dalla rete di stazioni permanenti NetGEO permettendo, così, di ottenere precisioni sub-centimetriche. Tutti i sistemi sopra elencati sono stati interfacciati con il software di navigazione/gestione RESON PDS 2000, che permette la visualizzazione, la georeferenziazione e la correzione dei dati acquisiti in tempo reale. L'acquisizione dei dati e la successiva restituzione cartografica sono stati effettuati nel sistema di coordinate WGS84, con proiezione nel sistema UTM secondo i parametri della Tabella 3.2.

I rilievi morfo-batimetrici sono stati condotti mediante rotte parallele aventi tra loro una distanza media di 90m, a fronte di un *range* utilizzato nel sistema SSS di 50/75m in alta risoluzione (900KHz). Tale metodologia di acquisizione ha permesso di ottenere una copertura totale dell'area interessata dalle opere in progetto consentendo, inoltre, di avere una risoluzione adeguata al riconoscimento della composizione e della morfologia dei fondali investigati.

I dati acquisiti sono stati corretti per la velocità di acquisizione e quindi esportati in formato Geotiff per essere importati su piattaforma GIS, che ne permette la visualizzazione ed il posizionamento spaziale, quindi la loro interpretazione.

5. Attività di verità mare

Al fine di verificare e validare i dati acquisiti mediante sistemi remoti, sono state condotte delle osservazioni dirette nell'area interessata dalle indagini. Tali osservazioni hanno permesso, inoltre, di raccogliere ulteriori informazioni relative ai fondali che non era stato possibile investigare mediante strumentazione acustica a causa della loro bassa profondità. Le operazioni sono state condotte da personale dotato di apparecchiature foto/video ed il posizionamento dell'operatore è stato continuamente monitorato attraverso il sistema satellitare interfacciato ad una piattaforma GIS.

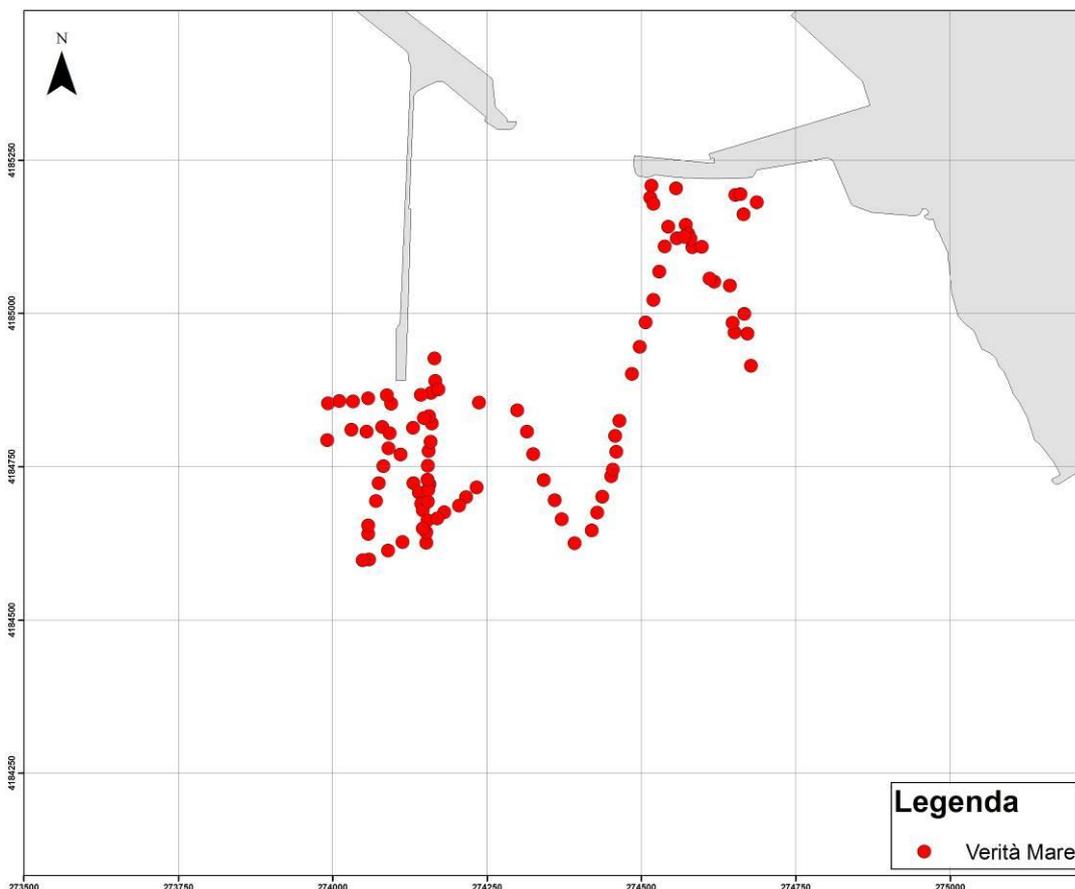


Figura 5.1 – Attività di verità mare, in rosso punti di osservazione.

6. Qualità dell'ambiente marino costiero

6.1 Caratteristiche generali dell'area biogeografica

Il tratto costiero in cui insiste l'area oggetto dei rilievi è compreso tra Capo Granitola e Capo Lilibeo e ricade interamente nella provincia di Trapani. Si sviluppa per circa 45 km e presenta livelli modesti di antropizzazione urbana ed industriale.

La configurazione geografica dell'entroterra è rappresentata in prevalenza da vaste pianure alluvionali e colline intensamente coltivate a vigneti e cereali. Il porto di rilievo è quello di Mazara del Vallo, che presenta la maggiore flotta peschereccia italiana ed un'imponente movimento di natanti e di prodotto parzialmente lavorato sul posto. In accordo con quanto riportato in letteratura (AA. VV.:, 2006a) nel tratto costiero sono stati posizionati 5 transetti costa-largo (figura 6.1.1) codificati da MC18 a MC22 (Tabella 6.2.1), per un totale di 15 stazioni.

Le masse d'acqua superficiali evidenziano valori minimi di temperatura (13,6 °C) nel corso della III campagna (gennaio 2006) e valori massimi (22,5 °C) nella I campagna (luglio 2005). Nel corso della I campagna tutte le stazioni presentano un deciso termocline superficiale, che scompare nei dati registrati nella II e nella III campagna. Durante la IV campagna (maggio 2006) la circolazione invernale ha termine e si evidenzia, a seguito del riscaldamento delle acque superficiali, una nuova fase di stratificazione. La salinità non mostra differenze significative nelle diverse stagioni oscillando in superficie tra 37,2 e 37,9 ‰. In estate l'ossigeno disciolto risulta compreso tra 103,3 e 118,6 %, mentre i valori più bassi si registrano in autunno (61,9 – 81,5 %).

I valori più elevati di azoto inorganico si rilevano nel transetto 19, probabilmente in relazione con apporti di natura produttiva. L'azoto ammoniacale raggiunge le maggiori concentrazioni nella II e III campagna (33,1 µg/l). Ad eccezione della I campagna il fosforo ortofosfato si presenta con basse concentrazioni nel tratto

costiero e mostra valori che oscillano in media da 1,0 a 6,5 $\mu\text{g}/\text{l}$.

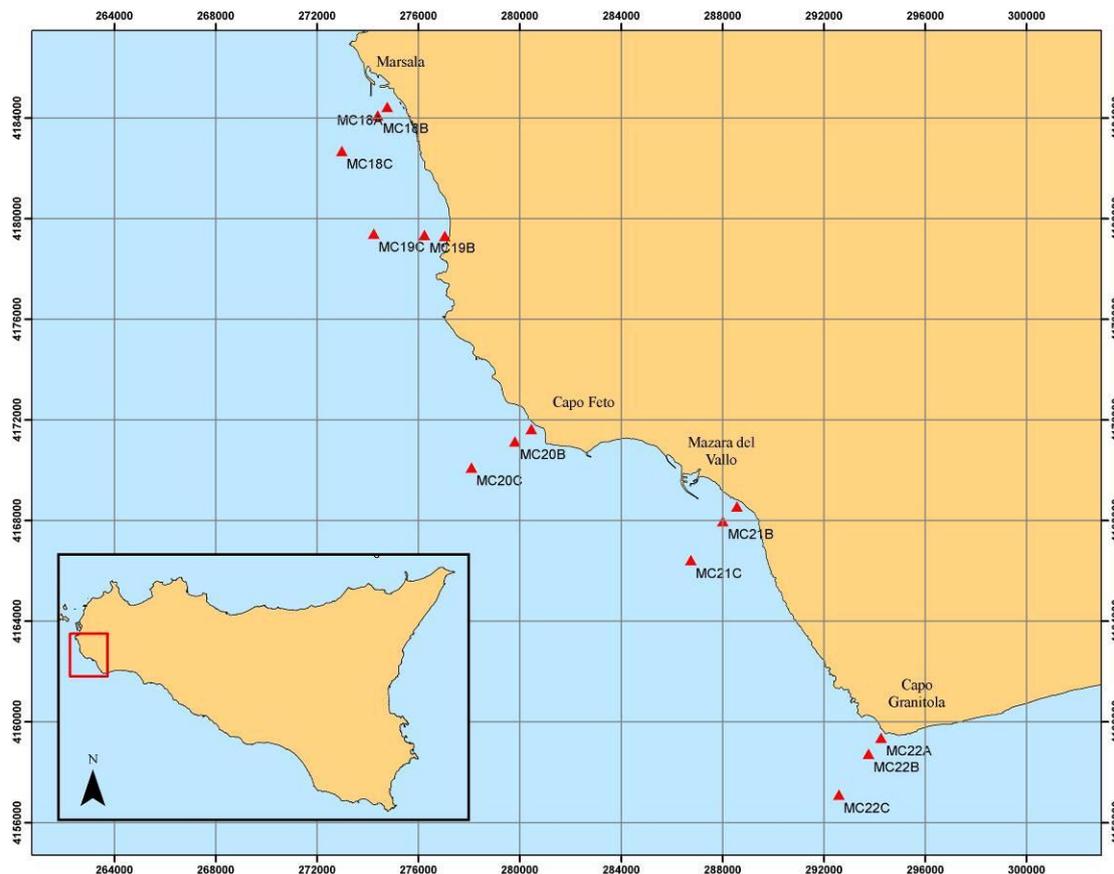


Figura 6.1.1 – Ubicazione dei transetti nel tratto costiero tra Capo Lilibeo e Capo Granitola.

Fatta eccezione per la I campagna il rapporto N/P indica prevalentemente il fosforo come fattore limitante. La concentrazione di fosforo totale, infatti, presenta valori compresi tra 3,2 e 66,7 $\mu\text{g}/\text{l}$ (transetto 19), rispettivamente durante la stagione estiva ed invernale. La risposta trofica, espressa in termini di concentrazione di clorofilla “a”, mostra valori sempre inferiori ad 1 $\mu\text{g}/\text{l}$ nel corso di tutte le campagne idrologiche.

I valori dell’Indice Trofico (TRIX) sono compresi tra 1,7 e 4,2 e collocano il 95 % dei campioni in classe 1 (stato elevato). Solo 3 campioni su 60 (transetti 18 e 19) ricadono in classe 2 (stato buono).

L'indice di torbidità (TRBIX) mostra valori medi compresi tra 3,0 e 3,3; il valore minimo e massimo si ottengono in autunno rispettivamente nei transetti 18 e 21-22. I valori di trasparenza al disco di Secchi evidenziano valori che oscillano tra 3,8 e 19 metri rispettivamente in estate e primavera. Tenuto conto dei bassi valori di clorofilla "a" rilevati nel tratto costiero, i valori di TRBIX sono da mettere in relazione con una significativa quantità di particolato non vivente in sospensione. Infine, gli enterococchi sono poco presenti in tutte le stazioni con valori massimi di 75 UFC/100ml in autunno nel transetto 18.

6.2 La prateria di *Posidonia oceanica*

La prateria di *P. oceanica* presente nel tratto costiero (Figura 6.2.1) ricopre circa il 57% (15.691 ha) dei fondali compresi tra la linea di costa e la batimetrica dei -50m (AA. VV., 2002; AA. VV., 2006b). Il limite inferiore è principalmente di tipo progressivo su fondo sabbioso ed a concrezionamento biologico a profondità comprese tra i 19m ed i 35m. Inoltre, si è osservato un limite inferiore della prateria di tipo netto, da substrato, su concrezionamento biologico e di tipo erosivo a profondità comprese tra i 20m ed i 30m.

Nelle stazioni analizzate la prateria è caratterizzata prevalentemente da una distribuzione continua e da un substrato di impianto a *matte*. È stato valutato un ricoprimento che va dal 70 al 95% e, solo nella stazione 18 è stato osservato un ricoprimento a *matte* morta del 15%. La percentuale di rizomi plagiotropi oscilla da un minimo di 20% ad un massimo di 80%. Il sedimento della zona di confine risulta molto eterogeneo. *Ripple marks* sono presenti nella stazione 19 con un'altezza inferiore ai 10cm, e nelle stazioni 21 e 22 con un'altezza compresa tra 10 e 20cm; si riscontrano inoltre marmitte e canali intermatte e solo nella stazione 99 anche arature da ancore (tabella 6.2.1).

I valori medi di densità dei fasci variano da un minimo di $286,3 \pm 14,0$ fasci/m² nella stazione 99, situata nei pressi del Porto di Marsala, ad un massimo di

537,5±15,6 fasci/m² nella stazione 19. Il numero medio di foglie per fascicolo fogliare è compreso tra 5,2 e 6,1 (I campagna) e tra 5,3 e 6,4 (II campagna); la foglia più lunga (altezza della prateria) è stata misurata nel corso della II campagna nella stazione 19 (118,3cm).

L'indice di area fogliare mostra i valori più elevati nella stazione 22 nel corso della I campagna (15,3m²/m²); i valori più bassi si registrano nella stazione 21 nella II campagna (4,9m²/m²). Il coefficiente "A" mostra i valori più elevati durante la II campagna nella stazione 22 (79,8%), mentre il tessuto bruno, virtualmente assente nella I campagna, presenta un valore compreso tra 1,9 e 11,8% nella II campagna.

L'intervallo temporale analizzato attraverso analisi lepidocronologica va dal 1973 al 2006. Il numero medio di foglie prodotte annualmente è 6,9±0,1. Sia l'allungamento che la produzione media annuale dei rizomi evidenziano i valori più elevati nella stazione 22 (13,4±0,5mm - 0,140±0,006 g ps/anno); nella stazione 99 si registrano invece i valori più bassi (6,0±0,1mm - 0,084±0,003 g ps/anno). Eventi riproduttivi sessuati sono stati riscontrati negli anni lepidocronologici 2000 e 2004 nelle stazioni 19 e 22, con indici di fioritura che variano dal 5 al 25%.

Le variabili fenologiche e lepidocronologiche rilevate nelle stazioni ricadenti nel tratto di costa considerato sono riportate nella figura 6.2.2 e nelle tabelle 6.2.2 e 6.2.3.



Figura 6.2.1 – Ubicazione delle stazioni nel tratto costiero tra Capo Lilibeo e Capo Granitola.

Tabella 6.2.1 – Principali caratteristiche fisiografiche

Tratto costiero	Stazione	Distribuzione	% Ric	% Ric a matte morta	% PL	Substrato d'impianto	Strutture d'erosione	Sedimento della zona di confine	RM
7	18	Radure	95	15	80	roccia-matte	-	massi-ciottoli-ghiaia-sabbia organogena	-
	19	Continua	90	-	30	sabbia-matte	marmitte-canali intermatte	sabbia	<10
	20	Continua	70	-	20	matte	marmitte-canali intermatte	limo-sabbia organogena	-
	21	Continua	90	-	-	matte	marmitte-canali intermatte	ciottoli-sabbia	10-20
	22	Continua	70	-	80	matte	marmitte	sabbia	10-20
	99	Continua	70	-	20	roccia-matte	marmitte-canali intermatte-ancore	massi	-

Tabella 6.2.2 – Variabili fenologiche misurate nel corso delle due campagne (\pm e.s).

Tratto costiero	Campagna	Codice stazione	foglie adulte (n)	foglie intermedie (n)	foglie giovanili (n)	larghezza foglie adulte (cm)	larghezza foglie intermedie (cm)	larghezza foglie giovanili (cm)	altezza prateria (cm)
7	I	18	2,3 \pm 0,1	3,4 \pm 0,1	0,2 \pm 0,1	1,1 \pm 0,0	1,0 \pm 0,0	0,7 \pm 0,1	85,5
		19	2,7 \pm 0,1	2,7 \pm 0,1	-	1,0 \pm 0,0	1,0 \pm 0,0	-	112,5
		20	2,3 \pm 0,1	3,1 \pm 0,1	-	1,0 \pm 0,0	0,9 \pm 0,0	-	77,5
		21	2,6 \pm 0,1	2,6 \pm 0,1	-	1,0 \pm 0,0	1,0 \pm 0,0	-	111,6
		22	2,9 \pm 0,1	3,2 \pm 0,1	-	1,0 \pm 0,0	0,9 \pm 0,0	-	88,1
		99	2,5 \pm 0,1	2,7 \pm 0,1	0,1 \pm 0,1	1,0 \pm 0,0	1,0 \pm 0,0	-	87,1
	II	18	2,9 \pm 0,2	1,3 \pm 0,1	1,8 \pm 0,2	1,0 \pm 0,0	1,0 \pm 0,0	0,8 \pm 0,0	106,1
		19	2,7 \pm 0,2	1,7 \pm 0,1	0,9 \pm 0,1	0,9 \pm 0,0	0,9 \pm 0,0	0,8 \pm 0,0	118,3
		20	3,2 \pm 0,1	1,2 \pm 0,1	1,9 \pm 0,1	0,9 \pm 0,0	0,9 \pm 0,0	0,7 \pm 0,0	95,0
		21	2,7 \pm 0,1	2,0 \pm 0,2	1,7 \pm 0,1	0,9 \pm 0,0	1,0 \pm 0,0	0,9 \pm 0,0	79,0
		22	3,2 \pm 0,1	1,5 \pm 0,2	1,5 \pm 0,2	1,0 \pm 0,0	1,0 \pm 0,0	0,8 \pm 0,0	86,2
		99	3,0 \pm 0,1	1,3 \pm 0,2	2,1 \pm 0,2	1,0 \pm 0,0	1,0 \pm 0,0	0,8 \pm 0,0	92,8

Tabella 6.2.3 – Variabili lepidocronologiche (\pm e.s).

Tratto costiero	Codice stazione	Scalzamento dei rizomi (cm)	Lunghezza scaglie (cm)	Peso scaglie (g p.s./anno)
7	18	-	4,4 \pm 0,1	0,296 \pm 0,032
	19	8,6 \pm 0,3	5,0 \pm 0,1	0,389 \pm 0,026
	20	13,3 \pm 0,3	4,2 \pm 0,1	0,277 \pm 0,025
	21	11,8 \pm 0,2	4,9 \pm 0,1	0,251 \pm 0,035
	22	2,7 \pm 0,2	5,1 \pm 0,1	0,429 \pm 0,022
	99	8,0 \pm 0,2	4,1 \pm 0,1	0,196 \pm 0,033

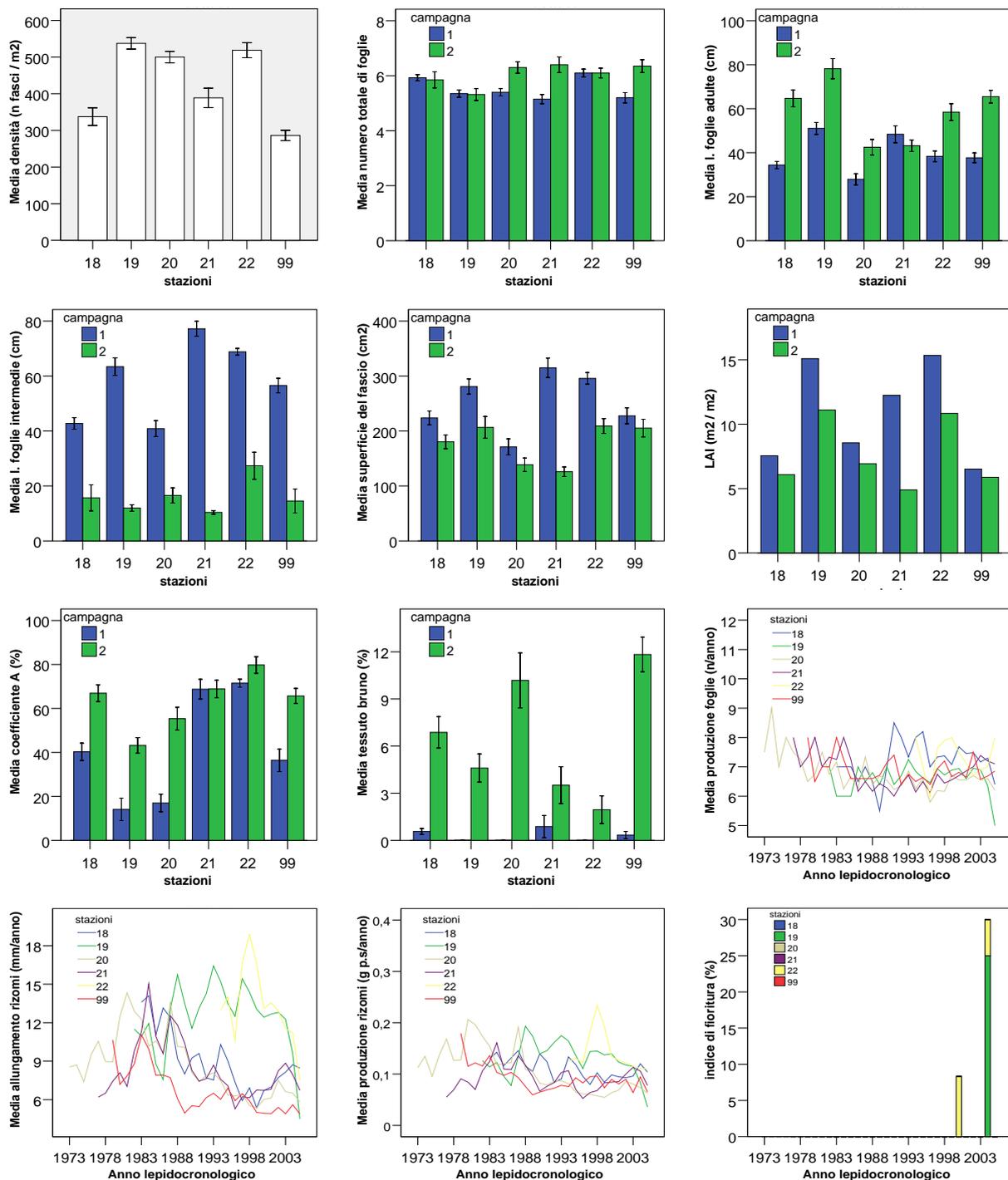


Figura 6.2.2 – Andamento delle variabili fenologiche e lepidocronologiche.

7. Risultati

I rilievi batimetrici condotti sui fondali in prossimità del Porto commerciale di Marsala hanno interessato una superficie complessiva di circa 93.4 ha, tra le batimetriche dei -1.5m e dei -11m (Figura 7.1). Nel complesso i fondali degradano in maniera lenta e progressiva verso il largo.

In particolare, nella parte centrale dell'area investigata, si rileva una zona di depressione con valori batimetrici intorno a -8m. Tale depressione è imputabile a pregresse attività di dragaggio condotte attorno agli anni '90 con lo scopo di realizzare una zona di contenimento dei sedimenti che tendevano ad insabbiare l'imboccatura del porto. Tali variazioni nella morfologia dei fondali vengono ulteriormente confermate dal rilievo ombreggiato (Figura 7.2), dove la parte dei fondali oggetto di interventi di dragaggio è chiaramente delineata. I fondali circostanti evidenziano invece una maggiore articolazione e complessità e sono prevalentemente colonizzati dalla prateria di *Posidonia oceanica*.

L'analisi della carta delle pendenze (Figura 7.3), evidenzia ampie rotture (6-14%) in prossimità dell'imboccatura del porto, in accordo con le attività di dragaggio in precedenza indicate. In particolare, si osserva un salto di quota dei fondali di circa 1.5 - 2 m in prossimità dell'imboccatura del porto.

I dati morfometrici, integrati con quelli ottenuti per mezzo dei sistema Side Scan Sonar (Figura 7.4) e delle attività di verità-mare, hanno consentito di realizzare una dettagliata cartografia delle principali biocenosi presenti (Figura 7.5).

E' stato possibile discriminare le seguenti categorie:

- Prateria di *Posidonia oceanica*;
- Comunità algali ad alta vitalità;
- Comunità algali a ridotta vitalità;
- Comunità dei fondi mobili.

I fondali posti all'interno ed in prossimità dell'imboccatura portuale sono costituiti da sedimenti sciolti a varia granulometria, con sporadici affioramenti rocciosi nella parte centrale dell'ingresso del porto. Ampie lenti sabbiose si rilevano anche all'esterno ed in prossimità dell'area portuale, evidenziando un certo grado di frammentazione nella distribuzione spaziale delle biocenosi che colonizzano i fondali. Nel complesso i substrati sabbiosi occupano una superficie di 21,5 ha che rappresenta il 23,08% dell'area investigata (Tabella 7.1).

In prossimità delle banchine si rileva la presenza di substrato di natura rocciosa, ricoperto dalle tipiche comunità algali che occupano complessivamente una superficie di 4,94 ha (5,28% della superficie investigata).

Tali comunità si presentano alterate ed a ridotta vitalità nelle porzioni più interne del bacino, mentre all'esterno del porto di Marsala, evidenziano significativi livelli di biodiversità e naturalità.

La biocenosi che colonizza la maggior parte dei fondali è rappresentata dalla prateria di *Posidonia oceanica* (66,92 ha rappresenta il 71,64% della superficie investigata).

La prateria di *Posidonia oceanica* evidenzia un elevato grado di qualità e naturalità, come peraltro evidenziato dai rilevamenti effettuati in prossimità del porto di Marsala (AA. VV., 2006b) riportati nel capitolo 6 (cfr. le stazioni 18 e 99 riportate nelle tabelle 6.2.1, 6.2.2 e 6.2.3 e figura 6.2.2). *P.oceanica* si insedia prevalentemente su *matte* (Figura 7.6) e mostra marmitte di erosione e canali *intermatte* che testimoniano l'elevato idrodinamismo che caratterizza l'area. Si osservano, inoltre, significativi processi di ricolonizzazione su sabbia in prossimità del margine esterno dei fondali dragati negli anni '90 (Figura 7.7).

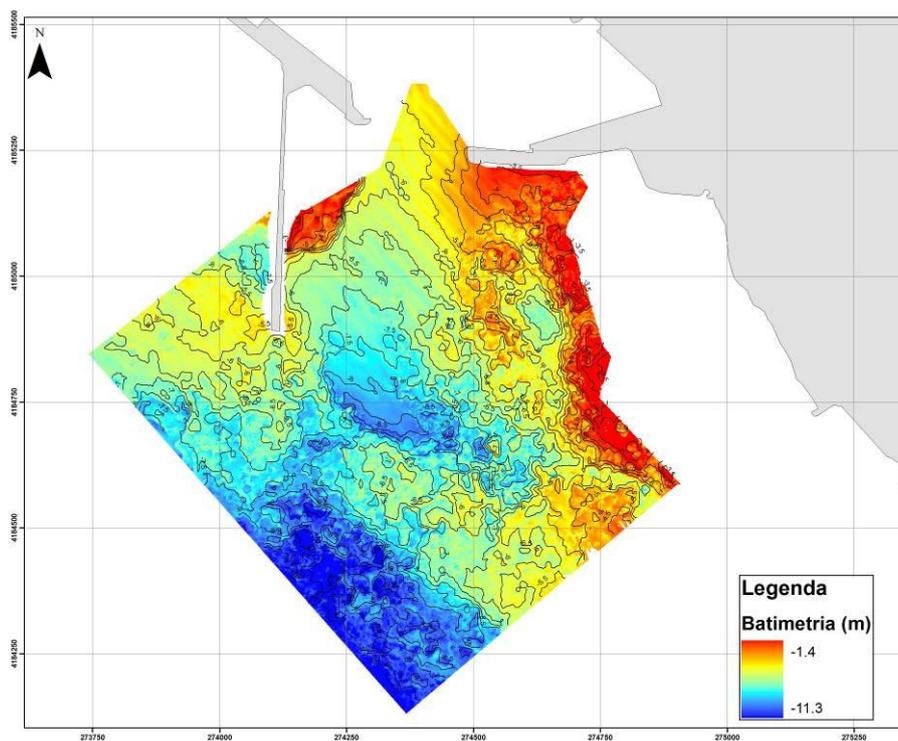


Figura 7.1 - Andamento batimetrico dei fondali investigati.

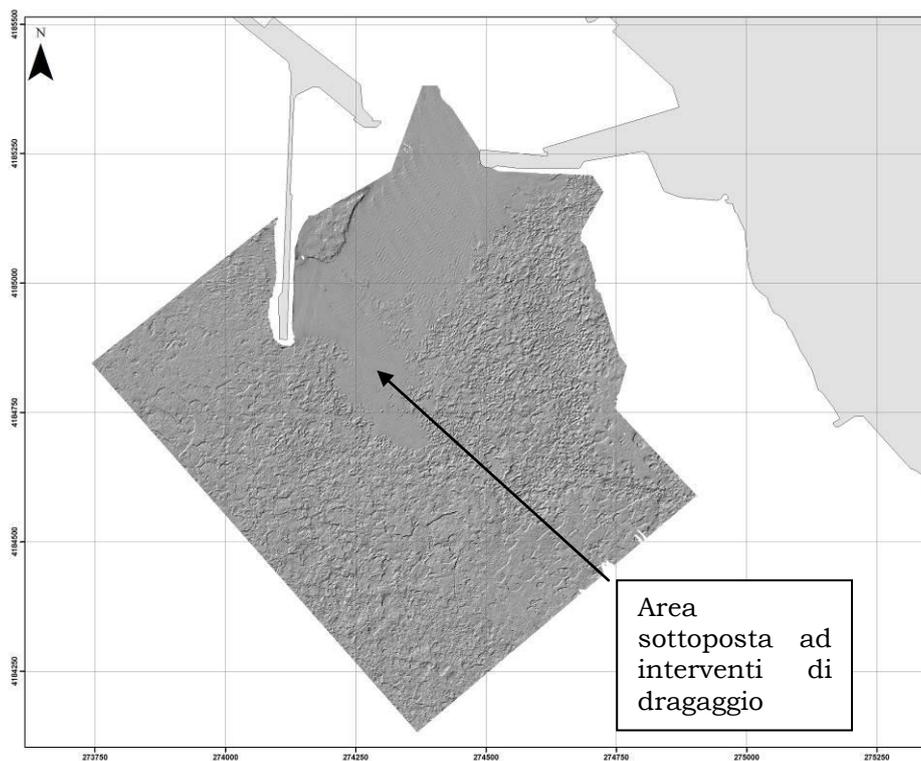


Figura 7.2 - Rilievo ombreggiato dell'area investigata.

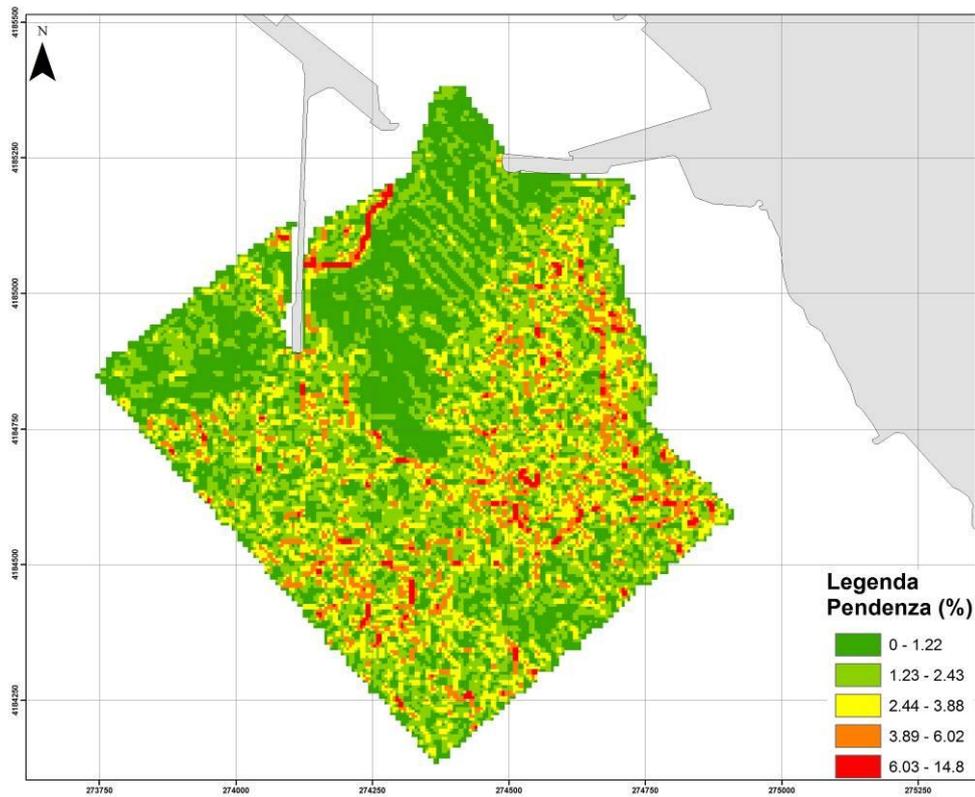


Figura 7.3 - Andamento delle pendenze.

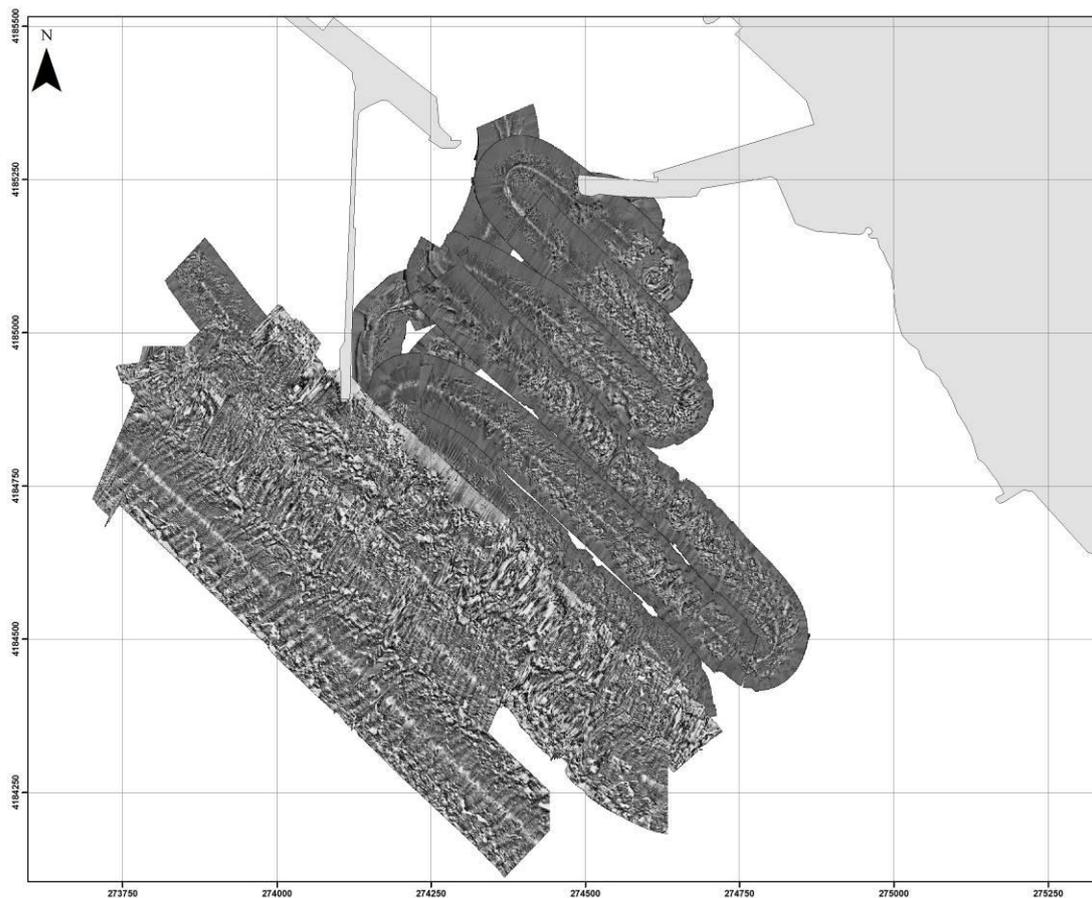


Figura 7.4 – Rilievo morfometrico effettuato mediante sistema Side Scan Sonar.

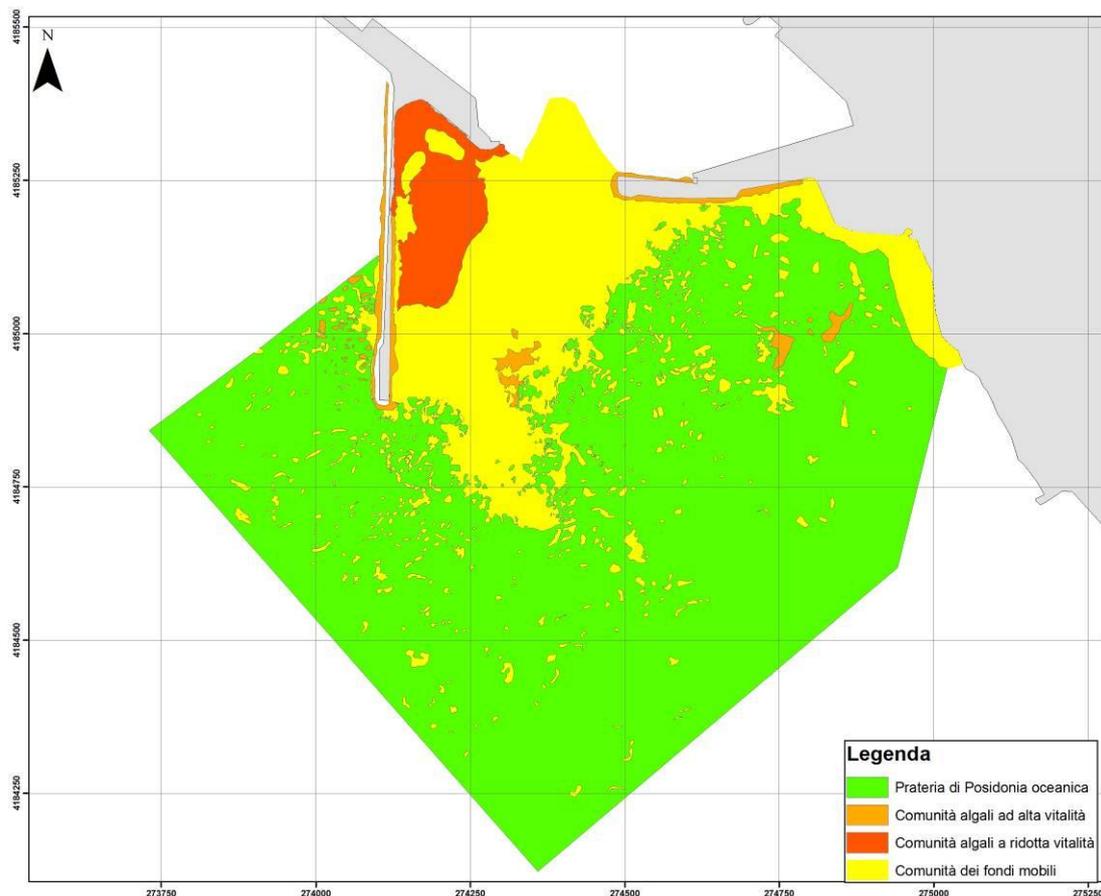


Figura 7.5 – Rappresentazione cartografica delle principali biocenosi presenti nell'area.

Tabella 7.1 – Coperture delle biocenosi presenti

Biocenosi	Superficie (ha)	% di ricoprimento
Comunità algali ad alta vitalità	1,52	1.62 %
Comunità algali a ridotta vitalità	3,42	3.66 %
Prateria di Posidonia oceanica	66,92	71.64 %
Comunità dei fondi mobili	21,54	23.08 %
Totale	93.40	100 %

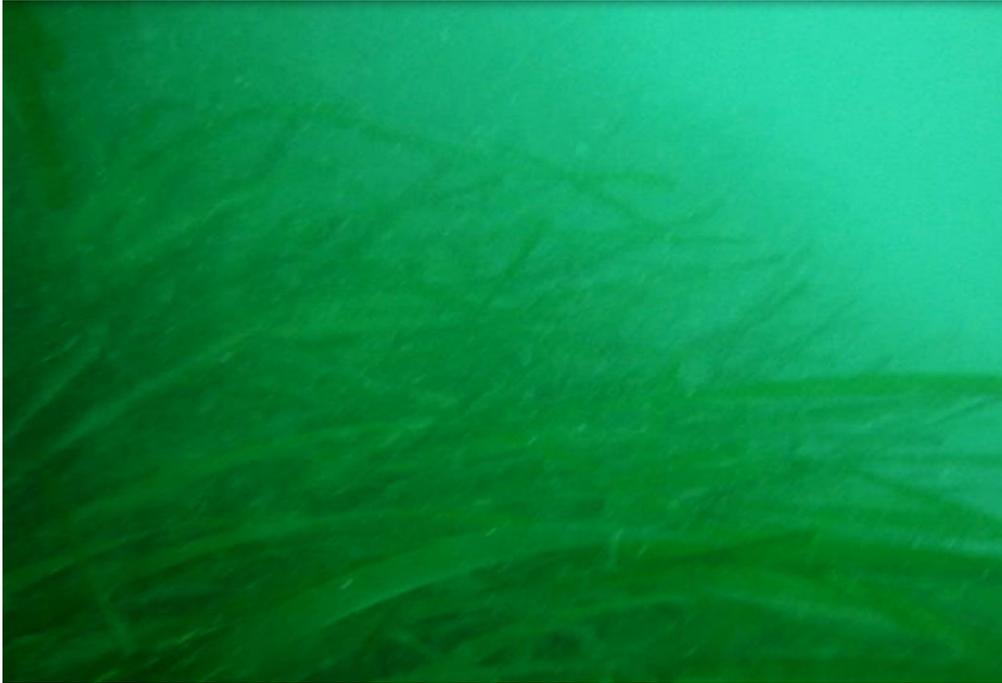


Figura 7.6 – Prateria di *Posidonia oceanica*



Figura 7.7 – Prateria di *Posidonia oceanica*, nel dettaglio canale intermatte

8. Considerazioni conclusive e raccomandazioni

Le indagini effettuate hanno permesso di definire i livelli di qualità del sistema ambientale marino prospiciente l'area portuale di Marsala.

L'aspetto ambientale più significativo è rappresentato dalla prateria di *Posidonia oceanica*; quindi vista l'elevata qualità, sensibilità e vulnerabilità del sistema ambientale, che questa fanerogama forma, si raccomanda la massima attenzione nella fase di programmazione degli interventi di messa in sicurezza del Porto di Marsala.

Si ritiene che gli elementi forniti e le indicazioni riportate nel presente rapporto tecnico possono consentire di progettare opere compatibili con la conservazione ed il mantenimento dei livelli di qualità ambientale attuali.



Allegati

Bibliografia

- AA. VV., 2006a. Studi applicativi finalizzati all'attivazione del sistema di monitoraggio delle acque marino costiere della Regione Sicilia. Stato ecologico delle coste siciliane e inquinanti inorganici ed organici nei sedimenti delle aree a rischio ambientale (D. Lgs. 152/99). Convenzione ARPA Sicilia – Centro Interdipartimentale per lo Studio dell'Ecologia degli Ambienti costieri (CISAC). Rapporto tecnico, 217 pp..
- AA. VV., 2006b. Studi applicativi finalizzati all'attivazione del sistema di monitoraggio delle acque marino costiere della Regione Sicilia. Standardizzazione di descrittori biotici in *Posidonia oceanica* e nelle comunità meiobentoniche di fondi mobili e predisposizione di criteri per il posizionamento di reti di sorveglianza della qualità dell'acqua (D. Lgs. 152/99 e Direttiva 2000/60/UE). Convenzione ARPA Sicilia – Centro Interdipartimentale per lo Studio dell'Ecologia degli Ambienti costieri (CISAC). Rapporto Tecnico, 249 pp..
- AA. VV., 2002. Mappatura delle praterie di *Posidonia oceanica* lungo le coste della Sicilia e delle isole minori circostanti. Ministero dell'Ambiente – Servizio Difesa del Mare. Rapporto Tecnico, pp. 580.