

AUTORITA' PORTUALE NORD SARDEGNA

COMUNE DI PORTO TORRES

PORTO CIVICO DI PORTO TORRES

Hub portuale di Porto Torres –Prolungamento  
dell'antemurale di ponente e resecazione banchina alti  
fondali

## **STUDIO D'IMPATTO AMBIENTALE**

**Ai sensi del D.lgs 152/06 e successive integrazioni**

**(Allegato VII del D.Lgs 4/2008)**

### **Quadro di Riferimento Progettuale**

**Studio specialistico 3.** Mappatura e analisi della prateria di Posidonia oceanica nelle acque antistanti la diga di sopraflutto del Porto civico di Porto Torres e progetto degli interventi di trapianto e compensazione

Dicembre 2016

AUTORITA' PORTUALE NORD SARDEGNA  
OLBIA - GOLFO ARANCI - PORTO TORRES



**OGGETTO:**

**PROGETTO DEFINITIVO:**

HUB PORTUALE DI PORTO TORRES

PROLUNGAMENTO DELL'ANTEMURALE DI PONENTE E

RESECAZIONE BANCHINA ALTI FONDALI 1° E 2° STRALCIO

DATI	
Aggiornamento	Cod. Cliente
1° Dicembre 2016	

**Mappatura e analisi della prateria di Posidonia oceanica nelle acque antistanti la diga di sopraflutto del Porto civico di Porto Torres e progetto degli interventi di trapianto e compensazione**

Raggruppamento Temporaneo di Progettisti

**sales**



SEACON

Ing. Lucio Abbadessa



GEOTECHNICAL ENGINEERING

**INTERPROGETTI**

Ing. Marco Pittori

Responsabile dell'integrazione fra le varie prestazioni specialistiche: Ing. Marco Pittori

consulenza specialistica:

**Prof. Andrea Cossu - Prof. Vincenzo Pascucci - Dott. Mario De Luca**

Firma

## INDICE

<u><b>Mappatura e analisi della prateria di Posidonia oceanica nelle acque antistanti la diga di sopraflutto del Porto civico di Porto Torres.....</b></u>	<b>2</b>
<b>Premessa.....</b>	<b>2</b>
<b>Introduzione.....</b>	<b>3</b>
✓ <i>Posidonia oceanica.....</i>	<i>3</i>
✓ <i>Area di studio.....</i>	<i>5</i>
<b>Analisi pregresso.....</b>	<b>6</b>
✓ <i>Cartografia Ministero-Distribuzione P. oceanica in Sardegna.....</i>	<i>6</i>
✓ <i>Caratterizzazione ambientale dei fondali marini nelle acque antistanti la diga di sopraflutto del Porto civico di Porto Torres .....</i>	<i>7</i>
✓ <i>Relazione geotecnica.....</i>	<i>8</i>
✓ <i>Relazione meteomarina.....</i>	<i>9</i>
<b>Realizzazione del nuovo studio.....</b>	<b>10</b>
<b>Metodologie utilizzate.....</b>	<b>11</b>
<b>Risultati.....</b>	<b>12</b>
✓ <i>Cartografia S.S.S.....</i>	<i>12</i>
✓ <i>Densità, copertura e fenologia.....</i>	<i>14</i>
✓ <i>Analisi biometriche.....</i>	<i>15</i>
<b>Presenza di Caulerpa cylindracea nell'area di studio.....</b>	<b>19</b>
<b>Considerazioni conclusive.....</b>	<b>20</b>
<b>Bibliografia.....</b>	<b>21</b>
<b>Allegati.....</b>	<b>22</b>
<u><b>Progetto degli interventi di trapianto.....</b></u>	<u><b>31</b></u>
<b>Premessa.....</b>	<b>32</b>
<b>Tecnica di trapianto proposta.....</b>	<b>34</b>
✓ <i>Proposte di trapianto e reimpianto.....</i>	<i>34</i>
<b>Piano di Monitoraggio.....</b>	<b>36</b>
<b>Bibliografia.....</b>	<b>38</b>
<u><b>Misure di compensazione.....</b></u>	<u><b>40</b></u>
<b>Premessa.....</b>	<b>41</b>
<b>Proposte di posizionamento dissuasori.....</b>	<b>42</b>

## ***Mappatura e analisi della prateria di Posidonia oceanica nelle acque antistanti la diga di sopraflutto del Porto civico di Porto Torres***

### **PREMESSA**

La presente relazione si riferisce alla mappatura e analisi del livello di stabilità ambientale della prateria di *Posidonia oceanica* nelle acque antistanti la diga di sopraflutto del Porto civico di Porto Torres. Tale lavoro, commissionato dalla Sales S.P.A, (*Società incaricata dall'Autorità Portuale del Nord Sardegna a realizzare il prolungamento dell'antemurale di ponente e la resecazione della banchina alti fondali del Porto Civico di Porto Torres*), alla Cassiopea S.A.S. con lettera di incarico (ODA n.29849 del 19/10/2016). Il lavoro è stato realizzato sotto la responsabilità dei Prof. Andrea Cossu, Prof. Vincenzo Pascucci e del Dott. Mario De Luca in collaborazione con il personale del "Gruppo Ormeggiatori e Barcaiooli di Porto Torres".

Il presente studio si è articolato:

- Esamina dei dati pregressi relativi a:
  - *Mappatura di Posidonia oceanica in Sardegna - MATTM 1999*
  - *Caratterizzazione ambientale dei fondali marini nelle acque antistanti la diga di sopraflutto del Porto civico di Porto Torres – relazione tecnica -Pragma Due - Ambiente e Sicurezza diretto da Augusto Navone - 2015*
  - *Relazione Geotecnica relativa alla realizzazione del prolungamento dell'antemurale di ponente e la resecazione della banchina alti fondali del Porto Civico di Porto Torres - Sales SPA 2014*
  - *Studio meteomarinario - De Girolamo P., 2012*
  
- Realizzazione di un nuovo studio con:
  - Analisi delle foto aeree e satellitari
  - Tracciati Side Scan Sonar dell'area in esame condivisa con la ditta appaltatrice.
  - Verità a mare in A.R.A. nelle aree principali rilevate sulla base dei precedenti.

## **INTRODUZIONE**

### *Posidonia oceanica*

*Posidonia oceanica* (L.) Delile (Fig.1) è una fanerogama endemica del Mediterraneo con radici, rizoma e foglie, si riproduce con fiori e frutti e per stolonizzazione. Le praterie a cui dà luogo ricoprono i fondi marini dalla superficie sino alle batimetriche dei 30-40 metri e il loro ruolo ecologico, nei confronti del sistema costiero, è di importanza assai rilevante. Questa fanerogama, infatti, è una specie strutturante, per la sua azione di consolidamento e arricchimento sul substrato, per le risorse e la protezione verso il biota; la formazione rappresenta una vera area di nursery per le fasi giovanili di moltissime specie alieutiche, e offre rifugio e cibo anche agli esemplari adulti (Francour P., 1997). La pianta produce con la fotosintesi una grande quantità di materia organica che rappresenta una fonte di cibo diretta e indiretta per numerosi organismi ed è il punto di partenza di una complessa rete trofica.



**Figura 1** - Prateria di *Posidonia oceanica*.

La prateria svolge inoltre un ruolo fondamentale nel contenimento e protezione delle coste dall'azione erosiva del moto ondoso; smorza l'idrodinamismo, intrappola tra i rizomi il sedimento più fine e consolida il substrato; le foglie morte spiaggiate, possono costituire formazioni dette banquettes, che proteggono il litorale dai fenomeni erosivi causati dal moto ondoso (Jeudy de Grissac A., 1984).

Nell'intento di salvaguardare l'ecosistema a *P. oceanica*, assume un'importanza basilare definire le aree occupate dalle praterie, studiarne la struttura, la fenologia ed i popolamenti epifiti. Per realizzare tale proposito si utilizzano metodologie che, attraverso rilevamenti sul campo, conducono

a rappresentazioni cartografiche immediatamente interpretabili e ad indicazioni sullo stato di salute delle praterie e dei popolamenti ad esse associati (Pergent G., *et al.*, 1995).

I rizomi di *P. oceanica* sono fusti modificati che possono accrescersi sia in senso orizzontale (rizoma plagiotropo) che verticale (rizoma ortotropo). Lo sviluppo in verticale determina un progressivo innalzamento dal fondo, che dà origine ad una tipica formazione chiamata matte, costituita dall'intreccio di più strati di rizomi e radici di vecchie piante e dal sedimento intrappolato tra questi elementi: solo la sommità di questa formazione è ricoperta da piante vive. Le foglie sono nastriformi, con apici arrotondati, di colore verde intenso, hanno una larghezza media di un centimetro e possono raggiungere un metro e mezzo di lunghezza; sono organizzate in fasci, ognuno dei quali ne contiene in media sei o sette, a formare quasi un ventaglio.

*P. oceanica* è estremamente sensibile a tutte le variazioni ambientali e scompare a causa dell'inquinamento; per questo motivo risulta essere un eccellente bioindicatore. Le principali cause di regressione delle praterie sono imputabili alla crescente pressione antropica sulle coste, dovuta all'immissione diretta di sostanze inquinanti o eutrofizzanti e alla costruzione di manufatti, come porti, moli e dighe, che alterano il regime idrodinamico costiero. Si verifica allora, con la regressione o la scomparsa delle praterie, una perdita di biodiversità e una maggiore esposizione delle coste verso i fenomeni erosivi, con notevoli danni, biologici oltre che economici (Pérès J. M., 1984).

*P. oceanica* è una specie sottoposta a tutela, come riportato nelle Convenzioni Internazionali sulla Tutela della Biodiversità in Mediterraneo (Relini G. *et al.*, 2009): è citata nell'Annesso I (specie rigorosamente protette) della Convenzione di Berna e nell'Annesso II (Specie Minacciate) del Protocollo delle Aree Specialmente Protette della Convenzione di Barcellona; inoltre, nel "Piano d'Azione per la conservazione della vegetazione marina in Mediterraneo", adottato dai paesi mediterranei nell'ambito della Convenzione di Barcellona nel 1999, le nazioni aderenti si sono impegnate a condurre inventari e mappature delle praterie di *P. oceanica* che insistono lungo le loro coste. Le praterie di Posidonia rappresentano uno degli habitat inclusi nell'Allegato I "Tipi di habitat naturali di interesse comunitario la cui conservazione richiede la designazione di aree speciali di conservazione" della Direttiva 92/43/CEE del 21 maggio 1992 relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche.

### Area di studio

L'area di studio (Fig.2), condivisa con il committente, corrisponde ad una superficie di oltre 140 ha, che include il molo di sopraflutto già presente e il suo futuro prolungamento antemurale. L'area è caratterizzata da fondali con sabbie medie organogene e matte di *Posidonia oceanica* con superfici colonizzate da *Caulerpa prolifera* e *Codium bursa*.

Particolare attenzione è stata posta nella valutazione dell'area soggetta alla posa dei cassoni utilizzati per la costruzione del molo e ad una fascia di rispetto di 10 metri intorno a questa, che potrebbe risentire degli effetti causati dalle operazioni di posa in opera di materiale lapideo per la formazione dell'imbasamento cassoni.

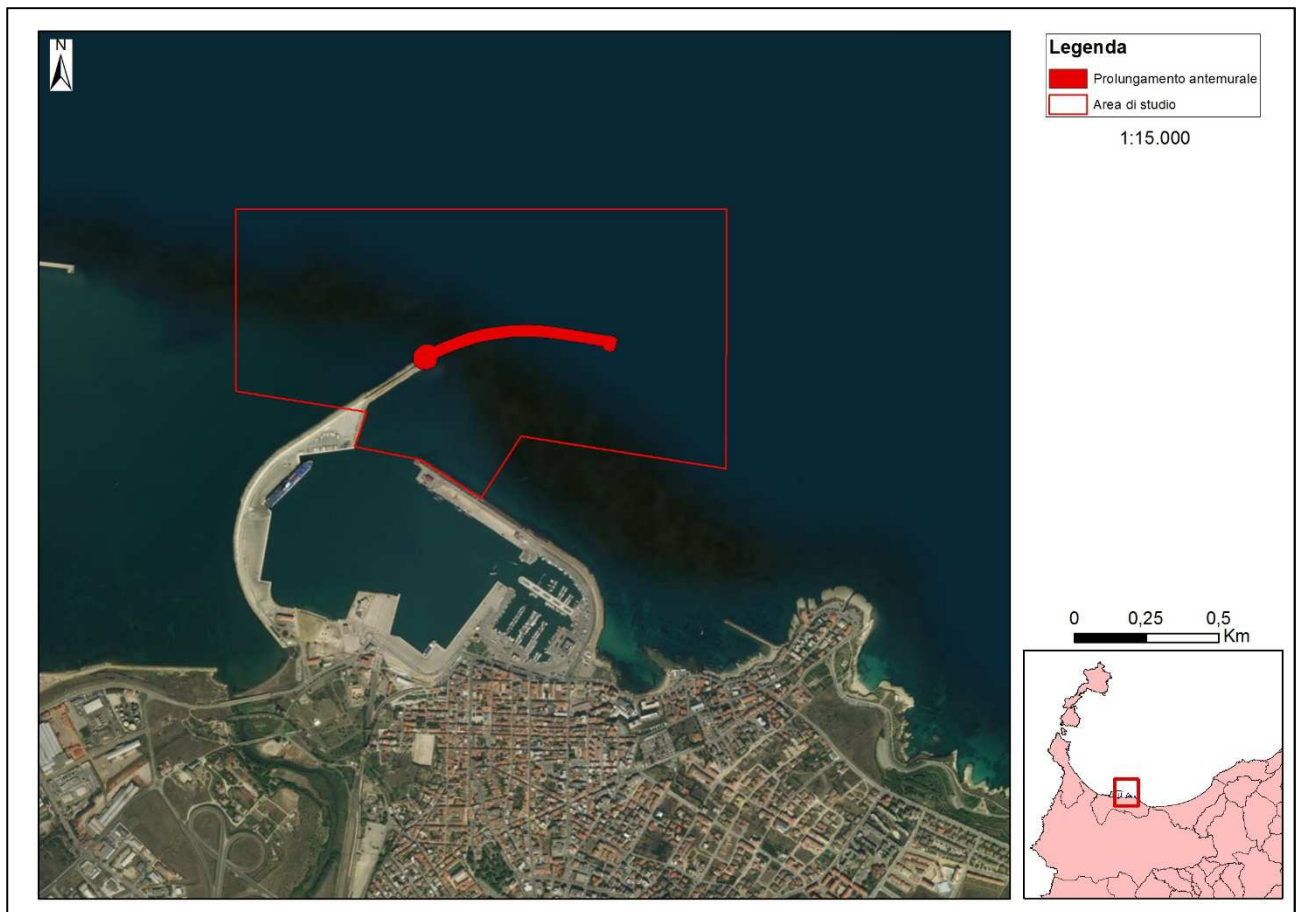


Figura 2 - Area di studio.

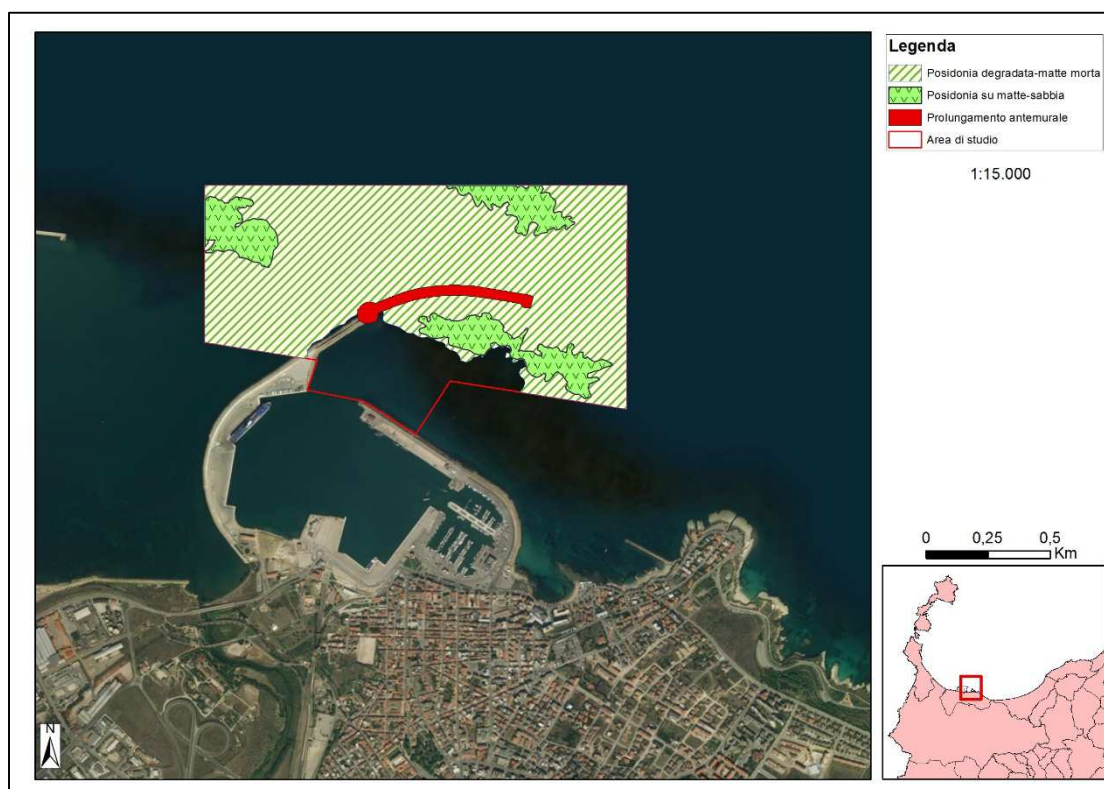
## ANALISI PREGRESSO

Di seguito verranno illustrati i principali lavori prodotti fino al 2015 nell'area di studio inerenti la tematica in oggetto:

*Cartografia Ministero-Distribuzione P. oceanica in Sardegna (MATTM 1999)*

La cartografia del *Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare* si riferisce alla distribuzione di *Posidonia oceanica* in Sardegna, realizzata su dati del 1999, ed è inclusa nella serie di studi per la caratterizzazione e la mappatura secondo il "Programma nazionale di individuazione e valorizzazione della *Posidonia oceanica* nonché di studio delle misure di salvaguardia della stessa da tutti i fenomeni che ne comportano il degrado e la distruzione" previsto dalla Legge n° 426/98 (M.A.T.T.M. - SiDiMar., 2008). Dall'analisi cartografica si evince che la prateria dell'area interessata ricopre 116 ha dei 140 ha relativi all'area di studio (Fig. 3) così suddivisa:

- *Posidonia oceanica* degradata –matte morta (98 ha)
- *Posidonia oceanica* su sabbia (18 ha)



**Figura 3-** Cartografia distribuzione *Posidonia oceanica* nell'area di studio (MATTM 1999).

Si rimarca che tale cartografia è stata effettuata con un Side Scan Sonar di vecchia generazione settato a 100 kHz che restituisce sonogrammi a bassa definizione di difficile interpretazione. In ogni caso tale mappatura rappresenta tuttavia un complemento di utili informazioni a livello di macroscala.



L'area esaminata (Fig. 4) è stata investigata con la tecnica dei campionamenti in situ e l'analisi di immagini satellitari ed aree. Sono stati eseguiti quattro transetti della lunghezza di 100 m seguendo una direzione di 0°. Inoltre sempre tramite immersioni con ARA sono state compiute 13 “verità a mare”. Lungo i transetti sono state effettuate 6 repliche per le misure di densità ed è stata valutata la copertura. I risultati indicano nell'area di studio (riquadro nero della fig. 3) la presenza di una prateria disturbata secondo Pergent *et al.*, 1995. Tale giudizio scaturisce dall'analisi della densità nei transetti T1 e T2 con valori di 125/130 ciuffi per m<sup>2</sup> e una copertura del 45 %. Nei transetti T3 e T4 non risulta presente ed è **stata rilevata la presenza di *Caulerpa cylindracea***.

La presente relazione contiene a nostro avviso diverse criticità. In primo luogo diverse stazioni di rilevamento non coincidono con la posizione nelle carte allegate, rispetto alle coordinate geografiche indicate. Anche le profondità non risultano coerenti con la posizione riportate nelle carte ma altresì coerenti con la corretta posizione dei punti indicati. Tali riflessioni ci portano a pensare che vi sia un errore di posizionamento. Si rilevano altresì l'assenza della stima della superficie della prateria presente nell'area di studio. La lacuna del rapporto più evidente a nostro avviso è la mancanza di qualsiasi riferimento a mappature sonografiche che non permettono una corretta stima delle superfici interessate dal Posidonieto.

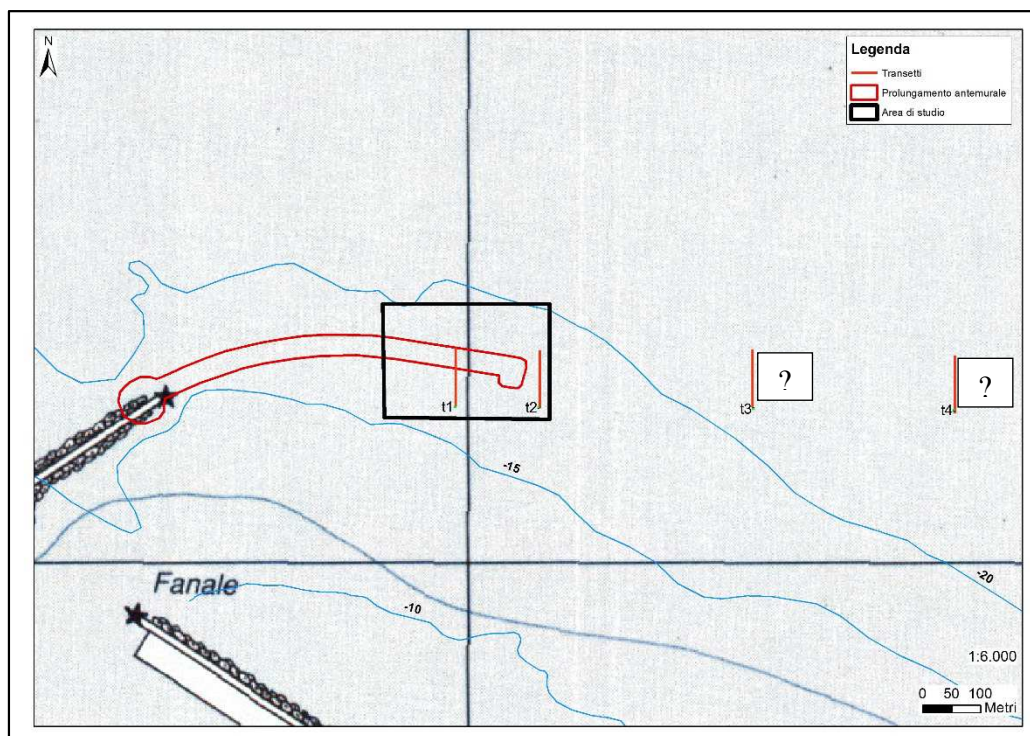


Figura 4 – Area di studio.

*Relazione geotecnica (Sales 2014)*

La relazione geotecnica redatta dai tecnici della Sales SPA ha messo in evidenza che nell'area del prolungamento dell'Antemurale di Ponente si riconoscono le unità geotecniche di seguito elencate:

- depositi detritici sabbiosi (DS); si tratta di sabbie, da medie a grossolane, con presenza di ghiaia, conchiglie e resti algali, di spessore medio pari a 0.40 m;
- substrato calcarenitico (SC); si tratta dell'unità litoide delle calcareniti.

Mentre nella zona della banchina Alti Fondali oggetto di resecazione, le analisi hanno rilevato la presenza di:

- *materiale di banchina*; si tratta del corpo e dello strato di fondazione della banchina, costituito da una massicciata con massi e blocchi ed elementi poligenici, fino a 15 m dal piano banchina posto a quota + 2 m slm;
- *depositi detritici sabbiosi*; si tratta delle sabbie già presenti in corrispondenza dell'Antemurale di Ponente; si presentano da fini a medie, di colore grigio scuro e con consistenza medio-bassa, con livelletti limoso-argillosi fino a 25 m dal piano banchina, per poi passare a sabbie con ciottoli in matrice limoso-argillosa alla base.

La relazione mette in evidenza come i fondali interessati dal futuro molo siano caratterizzati da substrati tipici della formazione a *Posidonia oceanica*, che, se le condizioni ambientali fossero buone (mancanza di fenomeni inquinanti, buona trasparenza), potrebbero ospitare praterie di ottima qualità, come a Cala Reale distante circa 10 miglia. I nostri rilievi mostrano comunque la presenza di **manufatti abbandonati, depositi ferrosi, cavi d'acciaio, cime e quant'altro** che pongono lo stato ambientale di questi fondali ben lontano dalla condizione di naturalità.

Confrontando il clima anemometrico con quello ondometrico (Fig. 5), l'area evidenzia come le onde di maggiore altezza provengono dal settore settentrionale e i venti più frequenti e di maggiore intensità provengono dai settori di levante e di ponente in ragione della direzione di provenienza dei venti locali condizionata dalla conformazione delle coste e dell'orografia del Golfo dell'Asinara. Anche in questo caso tale clima risulta idoneo alla crescita di praterie in ottimale stato di sviluppo.

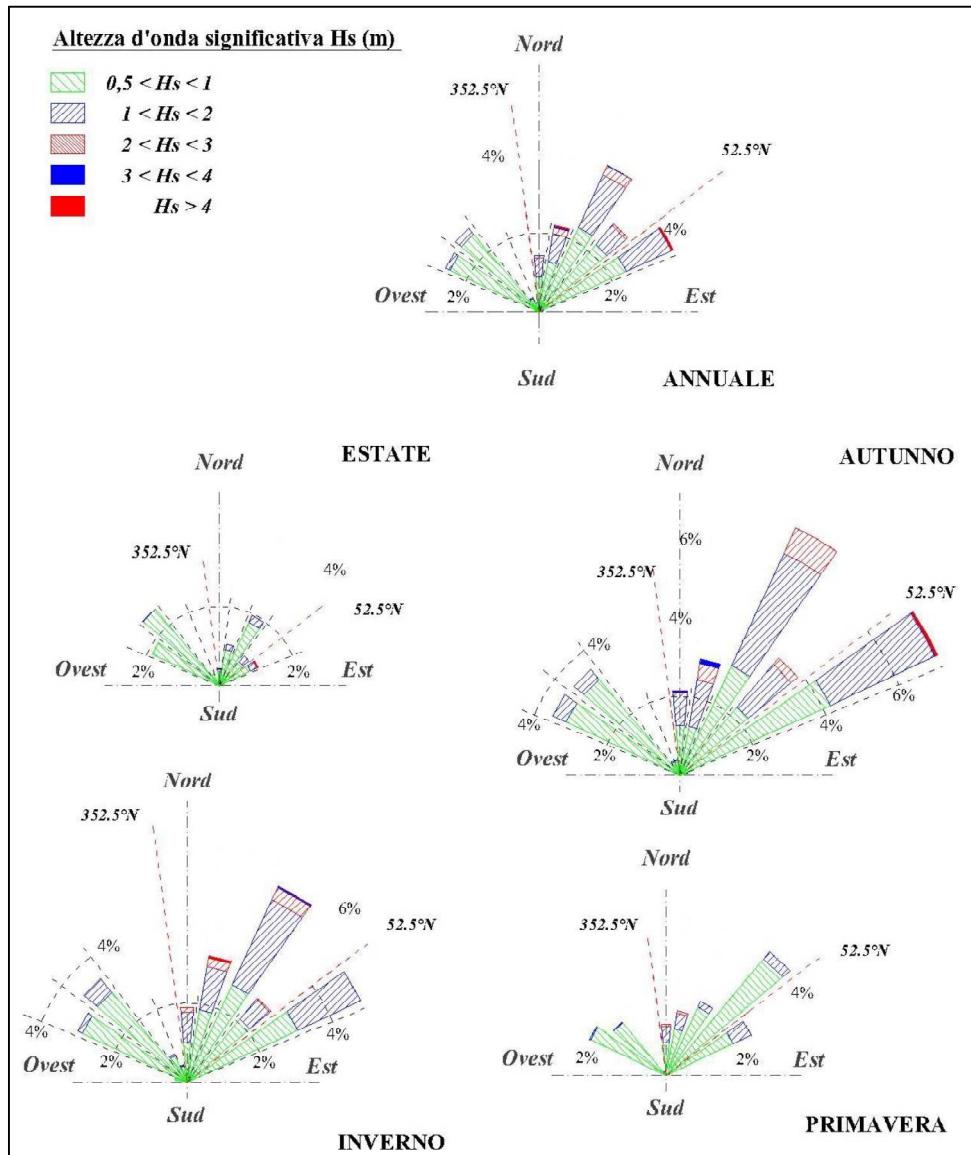


Figura 5 – Risultante della distribuzione direzionale degli eventi di moto ondoso nel punto di trasposizione al largo di Porto Torres (da Studio meteomarina - Ing. Paolo De Girolamo).

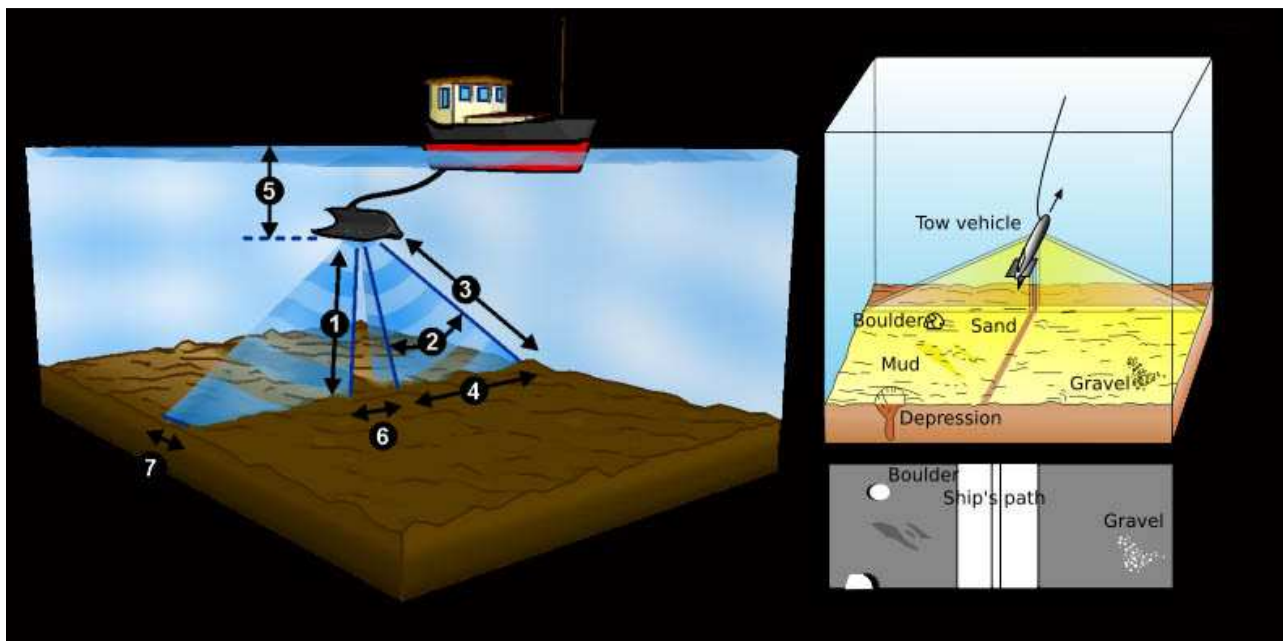
## **REALIZZAZIONE DEL NUOVO STUDIO, articolazione:**

1. *Analisi delle foto aeree e satellitari*
2. *Rilievo Side Scan Sonar dell'area in esame (30 Ottobre 2016)*
3. *Osservazioni con ARA nelle aree principali rilevate sulla base dei precedenti punti (31 Ottobre e 01 Novembre 2016)*
4. *Analisi dati*
5. *Stesura report*

## **METODOLOGIE UTILIZZATE**

### *Side Scan Sonar*

Il sonar utilizzato per l'analisi dei fondali è del tipo a scansione laterale: Side Scan Sonar (SSS). Lo strumento consente di ottenere delle immagini morfo-acustiche (sonogrammi) del fondo marino per molti aspetti paragonabili alle foto aeree terrestri. Le immagini vengono acquisite tramite l'emissione di 255 impulsi acustici contemporanei (ping) secondo un fascio orientato trasversalmente alla direzione di navigazione (slate range). Le onde di ritorno (backscatter) provenienti dal fondale vengono captate, registrate e trasformate in immagini.



**Figura 6** - Principio di funzionamento del SSS. 1) altezza SSS dal fondo; 2) beam verticale; 3) massimo range acustico-beam laterale; 4) slate range; 5) profondità; 6) separazione canali dx e sx - zona di non acquisizione; 7) larghezza del beam.

Le immagini acustiche registrano le diverse intensità dell'impulso riflesso dal fondo del mare.



**Figura 6a - SSS Klein System 3000**

Queste sono convertite in tonalità di colore (o grigio); un ritorno molto forte ha toni più chiari (high backscatter), mentre un ritorno debole ha toni più scuri (low backscatter). Il SSS è uno strumento che di norma viene trainato (towfish) da una imbarcazione a motore. Il cavo di traino deve essere abbastanza lungo da consentirne il mantenimento ad una profondità costante dal fondo ed evitare interferenze tra imbarcazione e motore (Fig. 5). Lo strumento utilizzato durante le campagne è del tipo KLEIN

SYSTEM 3000 (Fig. 6a) settato con acquisizione a 500 kHz e slate range a 150m. Tutti i dati sono stati processati tramite il software SonaPro e software GIS.

I rilievi sono stati effettuati tramite l'imbarcazione Pantera (L.F.T 10.31 m) messa a disposizione dal Consorzio Ormeggiatori e Barcaoli di Porto Torres nelle giornate del 31 ottobre e 01/02 novembre 2016.

#### *Indagini fenologiche su Posidonia oceanica*

Sulla base dei tracciati SSS sono state individuate 6 stazioni all'interno dell'area interessata per le verità a mare.

Per ogni stazione sono state effettuate:

- 10 repliche per le misure di densità mediante quadrato 40 x 40cm e copertura (%);
- il prelievo di 15 ciuffi per stazione per le analisi biometriche.

La densità è stata rilevata attraverso il conteggio dei fasci fogliari mediante il quadrato lasciato cadere casualmente dall'altezza di 1 metro dal fondale (vedi "Manuale di metodologie campionamento e studio del benthos marino mediterraneo", Gambi M. C., Doppiano M., 2003). Per ogni stazione sono state effettuate 10 repliche. La classificazione delle praterie è stata effettuata secondo Pergent (1995, modificata). La stima di percentuale di fondo ricoperta dalla pianta, è stata effettuata con rilevamento visivo su scala da 0 a 100%. In Laboratorio le misure biometriche sono state rilevate manualmente tramite righello e calibro nonio.

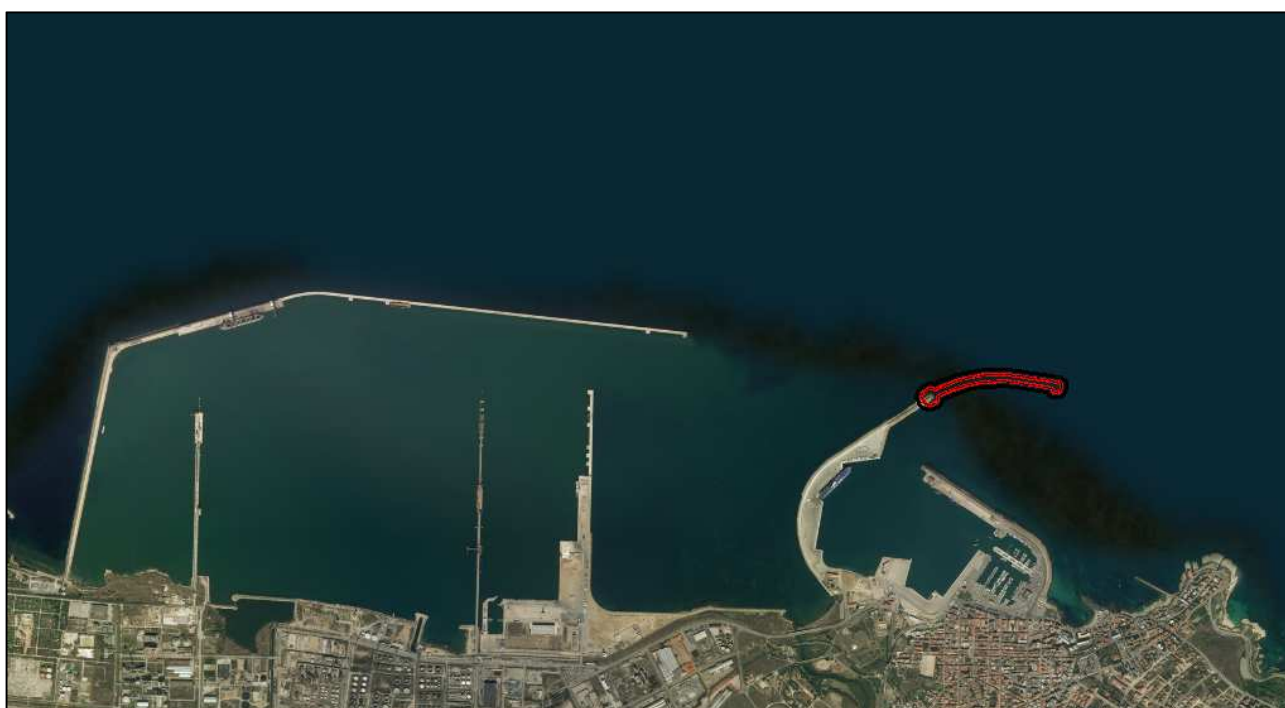
## **RISULTATI**

### *Cartografia S.S.S*

Le indagini eseguite sui fondali in esame sono state condotte su una superficie di 140 ha sia a sud che a nord della diga di sopraflutto. I tracciati SSS evidenziano una significativa differenza rispetto alla cartografia del MATTM. In particolare sia la presenza come anche la distribuzione di *P. oceanica* appare molto più abbondante.

La zona interessata dalla posa del molo ammonta a circa 2,38 ha (Fig. 7 e 8) e se si considera una fascia periferica di 10 m di spessore l'area totale ammonta ad oltre 3,84 ha. Tale fascia viene considerata poiché durante le operazioni di posa in opera di materiale lapideo per la formazione dell'imbasamento cassoni, interesserà le formazioni bentoniche presenti.

Se si considera la sola frazione di *Posidonia oceanica* che verrà asportata (Fig. 8), perché direttamente interessata dall'opera, la nostra stima è di **0,68** ha, ma se consideriamo anche la zona che comunque risentirà della realizzazione, la Posidonia che sarà compromessa è pari a **1,08** ha.



**Figura 7 - Area Portuale.**



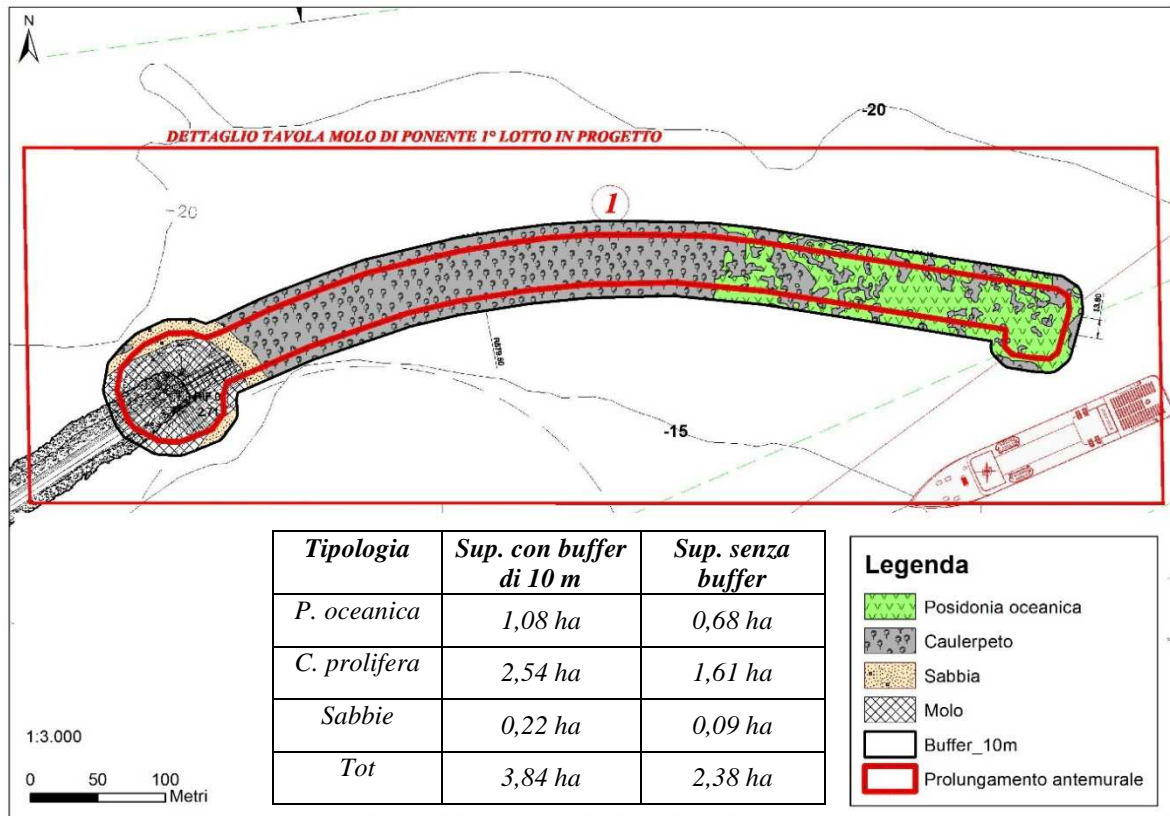


Figura 8 – Particolare dell’area interessata dalla posa dei cassoni con un buffer di 10 m di lato.

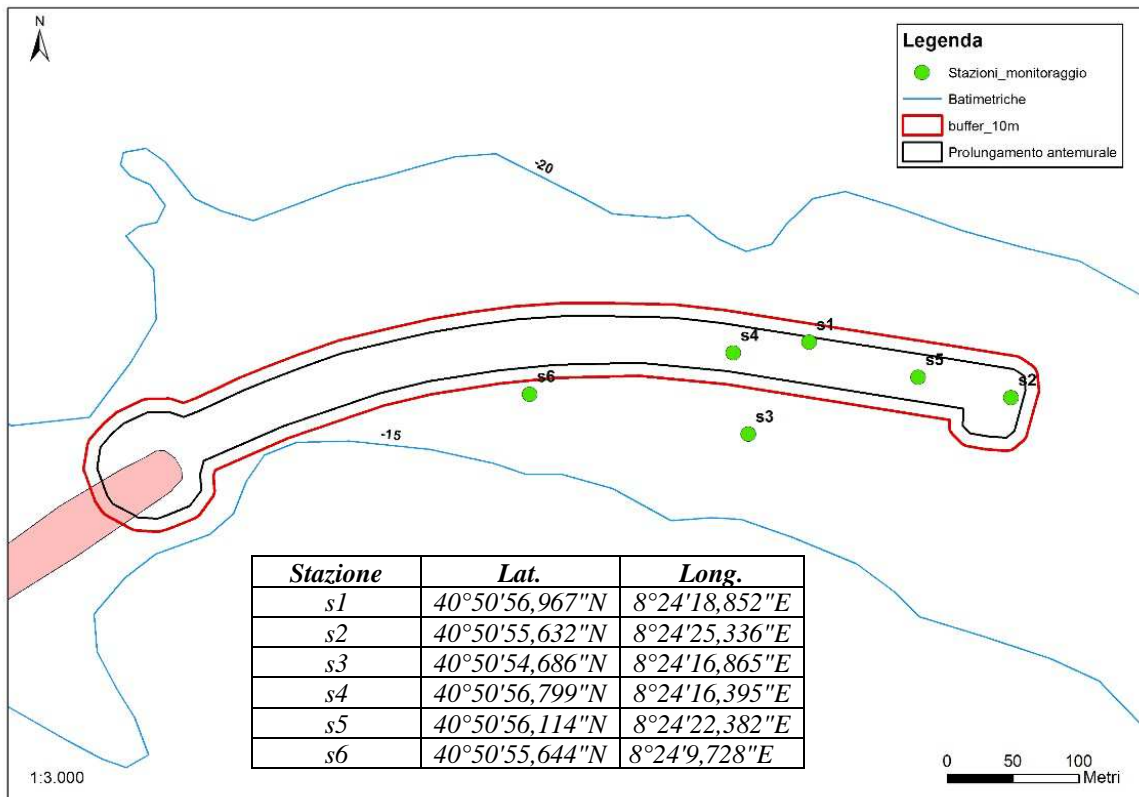


Figura 9 – Stazioni area di studio.

## Densità, copertura e fenologia

**-Stazione S1:** la prateria presenta valori medi di 70 ( $\pm 15.5$  sd) fasci per m<sup>2</sup> (Tab. 1 e fig. 9) corrispondenti ad una **densità bassa** secondo la classificazione della prateria di Pergent *et al.* 1995. Relativamente al grado di copertura del fondo si registra una percentuale del 45%.

**-Stazione S2:** i valori registrati corrispondono ad una **densità anormale**, con valori medi di 57,5 ( $\pm 14,7$ sd) fasci per m<sup>2</sup>. Il grado di copertura del fondo è del 30% (Tab. 1 e fig 9).

**-Stazione S3:** anche in questo caso i valori registrati corrispondono ad una **densità anormale**, con valori medi di 51,3 ( $\pm 22.2$  sd) f. per m<sup>2</sup>. Il grado di copertura del fondo è del 25% (Tab. 1 e fig. 9).

**-Stazione S4 :** la prateria presenta valori medi di 46,3 ( $\pm 22.9$  sd) fasci per m<sup>2</sup> (Tab. 1 e fig. 9) corrispondenti ad una **densità anormale**. Il grado di copertura del fondo è del 25% (Tab. 1 e fig. 9).

**-Stazione S5 :** la prateria presenta valori medi di 48,1 ( $\pm 20.2$  sd) fasci per m<sup>2</sup> (Tab. 1 e fig. 9) corrispondenti ad una **densità anormale**. Il grado di copertura del fondo è del 30% (Tab. 1 e fig. 9).

**-Stazione S6 : Caulerpeto**

**Tabella 1:** densità (n. fasci/m<sup>2</sup>) e ricoprimento (in %) dei fasci della prateria di *Posidonia oceanica*.

Stazione	Profondità (m)	Densità media ( $\pm$ sd)	Classificazione secondo Pergent <i>et al.</i> (1995) - ambito	Copertura media (%)	Densità globale
S1	20	70 ( $\pm 15,5$ )	61 < densità bassa < 173	45	31,5
S2	19	57,5 ( $\pm 14,7$ )	61 < densità anormale	30	17,3
S3	18,5	51,3 ( $\pm 22,2$ )	61 < densità anormale	25	12,8
S4	19	46,3 ( $\pm 22,9$ )	61 < densità anormale	25	11,6
S5	19	48,1 ( $\pm 20,2$ )	61 < densità anormale	30	14,4



**- Numero medio di foglie per fascio:** Le *foglie adulte* sono risultate 3.8 ( $\pm 0.7$  sd) per la stazione S1 4.53 ( $\pm 0.7$  sd) per la stazione S2, 4.8 ( $\pm 1.1$  sd) per la stazione S3, 4,53 ( $\pm 0.5$  sd) per la stazione S4 e 4,13 ( $\pm 1$  sd) per la stazione S5. Il numero medio di *foglie intermedie* è 1.9 ( $\pm 0.5$  sd) per la stazione S1, 1.8 ( $\pm 0.5$  sd) per la stazione S2, 1,7 ( $\pm 0.8$  sd) per la stazione S3, 2,1 ( $\pm 0.7$  sd) per la stazione S4 e 2 ( $\pm 0.5$  sd) per la stazione S5. Le *foglie giovanili* sono risultate 1,6 ( $\pm 0.6$  sd) per la stazione S1, 1,4 ( $\pm 0.8$  sd) per la stazione S2 ( $\pm 0.5$  sd) ed S3 ( $\pm 0.5$  sd), 2,1 ( $\pm 0.5$  sd) per la stazione S4 e 0,7 ( $\pm 0.3$  sd) per la stazione S5 (Fig. 10).

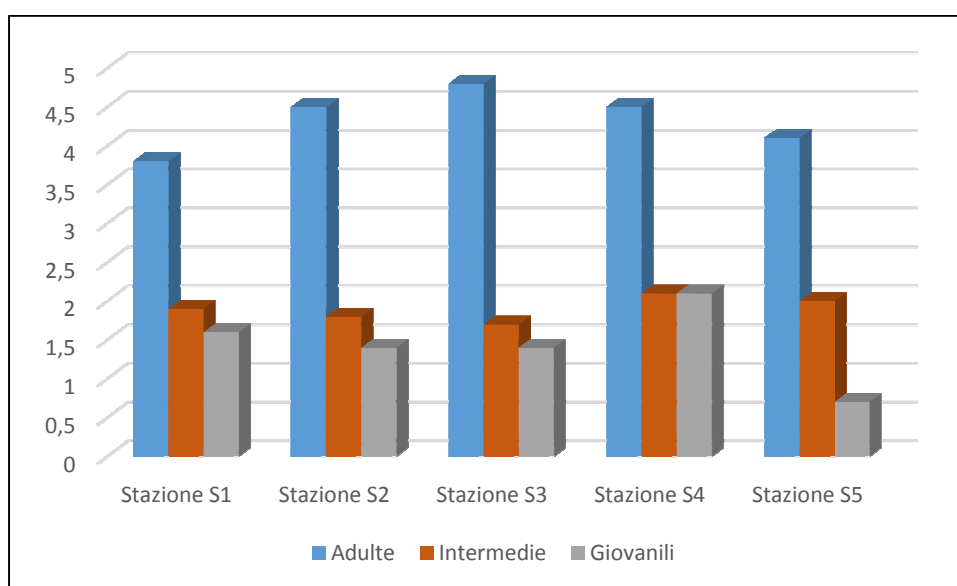


Figura 10 - Numero medio di foglie per fascio per classe d'età.

**- Lunghezza media delle foglie:** per le *adulte* è di cm 29,4 ( $\pm 14,7$  sd) per la stazione S1, di cm 32,67 ( $\pm 17$  sd) per la stazione S2, di cm 26,09 ( $\pm 12,8$  sd) per la stazione S3, di cm 32,94 ( $\pm 19$  sd) per la stazione S4 e di cm 33,67 ( $\pm 17,5$  sd) nella stazione S5. Le *intermedie* misurano cm 11,85 ( $\pm 4,6$  sd) nella stazione S1, cm 11,12 ( $\pm 4,1$  sd) nella stazione S2, cm 9,18 ( $\pm 3,4$  sd) nella stazione S3, cm 11,60 ( $\pm 4,3$  sd) per la stazione S4 e cm 10,59 ( $\pm 3,9$  sd) per la stazione S5. Le *giovanili* misurano cm 2,66 ( $\pm 1,4$  sd) nella stazione S1, cm 2,87 ( $\pm 1,5$  sd) nella stazione S2, cm 3,10 ( $\pm 1,1$  sd) nella stazione S3, cm 2,43 ( $\pm 1,6$  sd) per la stazione S4 e cm 2,87 ( $\pm 1,1$  sd) per la stazione S5 (Fig. 11).

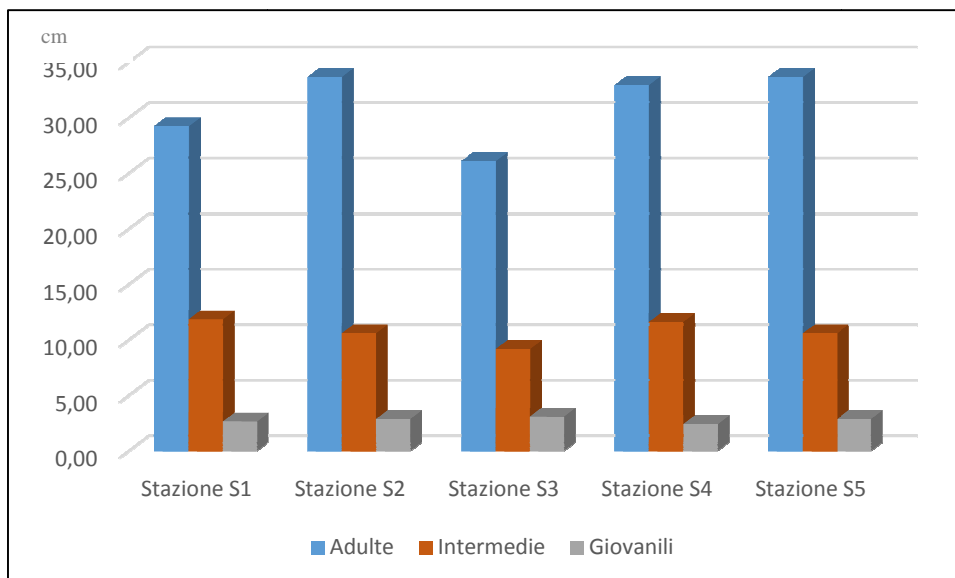


Figura 11 - Lunghezza media delle foglie (espressa in cm) per classe d'età.

**- Larghezza media delle foglie:** le **adulte** misurano cm 0,96 ( $\pm 0,08$  sd) nella stazione S1, cm 0,97 nella stazione S2 ( $\pm 0,06$  sd) ed S3 ( $\pm 0,07$  sd), cm 1,03 ( $\pm 0,06$  sd) nella stazione S4 e cm 0,94 ( $\pm 0,06$  sd) nella stazione S5. Quella delle foglie **intermedie** è rispettivamente di cm 0,95 ( $\pm 0,08$  sd) per la stazione S1, di cm 0,96 ( $\pm 0,06$  sd) nella stazione S2, di cm 0,90 ( $\pm 0,08$  sd) nella stazione S3, di cm 0,98 ( $\pm 0,06$  sd) nella stazione S4 e di cm 0,93 ( $\pm 0,06$  sd) nella stazione S5. Le foglie **giovanili** misurano cm 0,86 ( $\pm 0,11$  sd) nella stazione S1, cm 0,9 nelle stazioni S2 ( $\pm 0,09$  sd) ed S3 ( $\pm 0,08$  sd) e cm 0,85 nelle stazioni S4 ( $\pm 0,13$  sd) ed S5 ( $\pm 0,07$  sd) (Fig. 12).

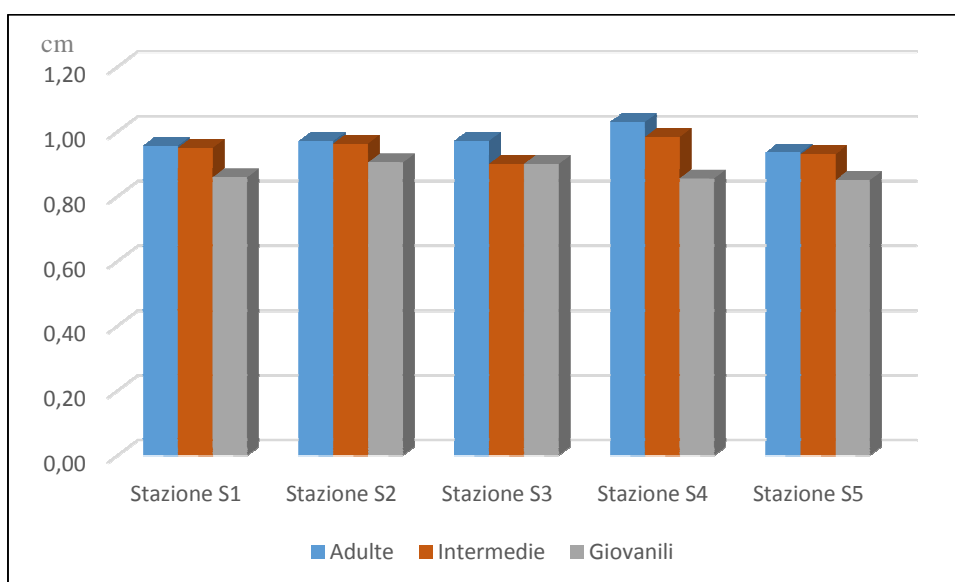
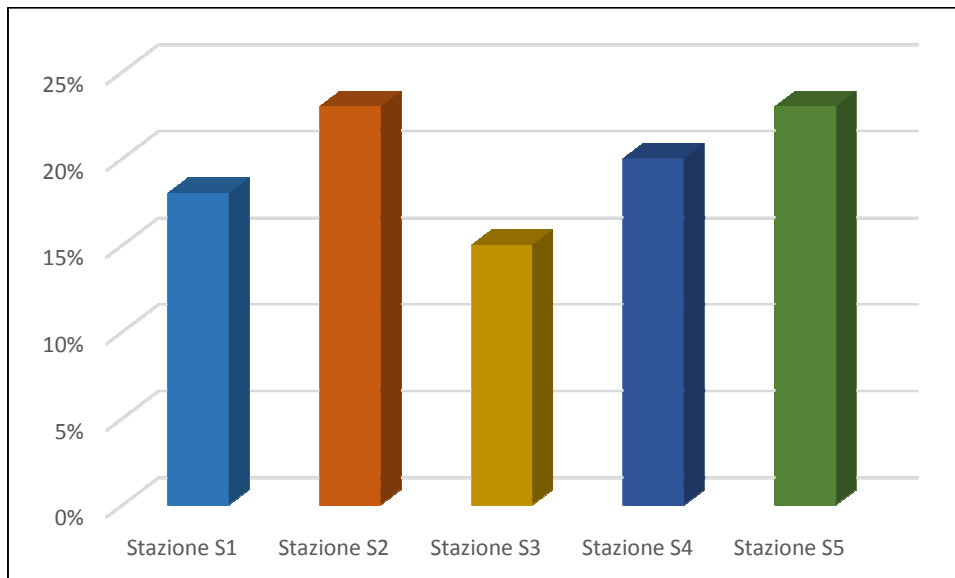


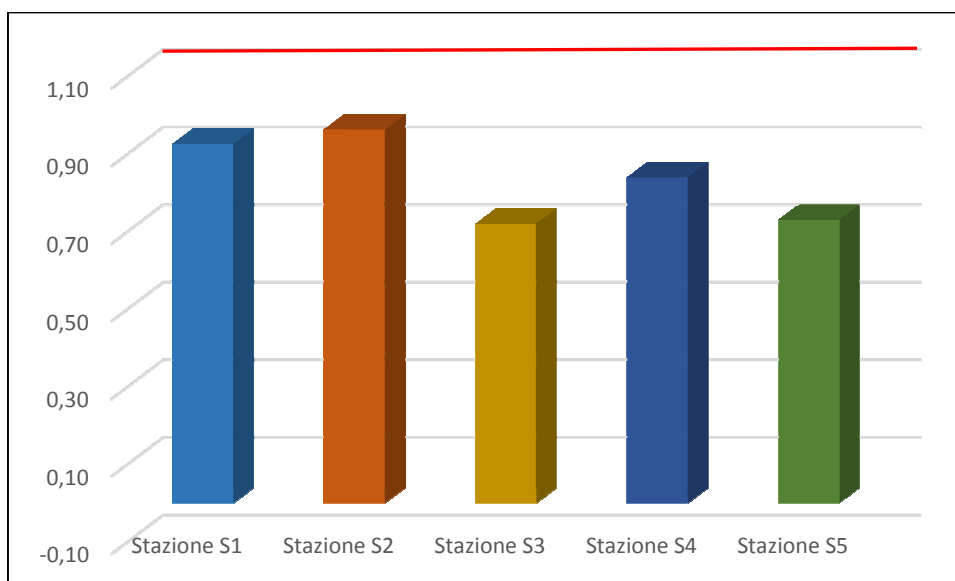
Figura 12 - Larghezza media delle foglie (espressa in cm) per classi di età.

Il **coefficiente A**, ovvero la percentuale di foglie adulte ed intermedie che hanno gli apici intaccati, per la stazione S1 corrisponde al 18.1%, per la stazione S2 al 23 %, per la stazione S3 al 15 %, per la stazione S4 al 20 % e per la stazione S5 al 23 % (Fig. 13).



**Figura 13** - Coefficiente A (%) di foglie adulte e intermedie con apici spezzati.

L'**indice di superficie fogliare** (Leaf Area Index) ( $m^2/m^2$ ) ovvero la superficie fogliare per  $m^2$ , corrisponde a  $0,93 m^2/m^2$  per la stazione S1, a  $0,96 m^2/m^2$  per la stazione S2, a  $0,72 m^2/m^2$  per la stazione S3, a  $0,84 m^2/m^2$  per la stazione S4 e  $0,73 m^2/m^2$  per la stazione S5 (Fig. 14). **Tutte le stazioni infatti mostrano valori al di sotto del valore minimo (min.: $1,1 m^2/m^2$  – max.:  $2,6 m^2/m^2$ ) (Buia *et al.*, 2000) previsto per una prateria a *Posidonia oceanica* profonda in normali condizioni.**



**Figura 14** - Indice di superficie fogliare o Leaf Area Index (L.A.I) per stazione in  $m^2 /m^2$  – In rosso la soglia del valore minimo previsto per una prateria a *P. oceanica* profonda in normali condizioni.

Tutti valori di densità rilevati devono essere riferiti alla categoria ascrivibile al Posidonieto profondo. I valori di un posidonieto in condizioni di equilibrio (profondità 20 m) devono essere superiori a 170 ciuffi/m<sup>2</sup> mentre il valore medio da noi rilevato è pari 55 ciuffi/m<sup>2</sup> denotando una condizione di ***prateria molto disturbata*** (Pergent *et al.*, 1995) (Fig 15). Un altro aspetto significativo che emerge dalle prospezioni in situ è la forte discontinuità del manto vegetale presente nella matte. Infatti la copertura media è del 31% e le ampie zone libere sono colonizzate da *Caulerpa prolifera* e da turf algale a rimarcare la fase regressiva del posidonieto. Un'altra criticità è data dall'indice fogliare L.A.I (Leaf Area Index) della prateria; Tutte le stazioni infatti mostrano valori al di sotto del valore minimo (1,1 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>) (Buia *et al.*, 2000) previsto per una prateria a *Posidonia oceanica* profonda in normali condizioni.



Figura 15 – *Posidonia oceanica* (stazione s2).

## **PRESENZA DI CAULERPA CYLINDRACEA (SONDER 1845) NELL'AREA DI STUDIO**

*Caulerpa cylindracea* (Fig. 16) è un'alga di origine tropicale e ampiamente distribuita in Mar

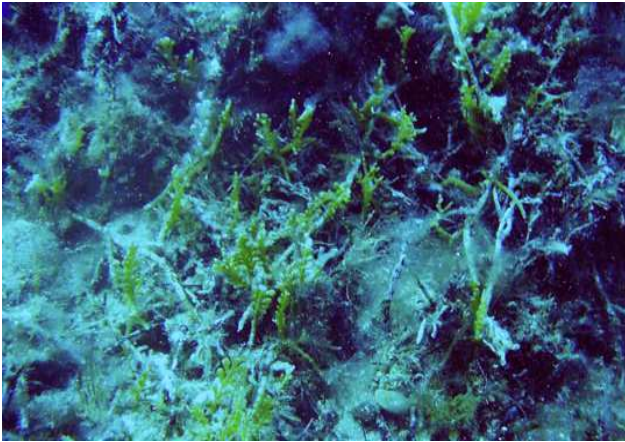


Figura 16 – *Caulerpa cylindracea*.

Rosso; la sua migrazione comincia nel bacino orientale del Mediterraneo e progressivamente si estende al bacino occidentale. Probabilmente la penetrazione è avvenuta per foresia antropica e quindi non dovrebbe essere considerata una vera lessepsiana. Considerando la variabilità delle condizioni ambientali dell'habitat dell'alga e

della sua capacità adattativa, bisogna accettare che

l'espansione a nord può essere frutto della

tendenza alla tropicalizzazione dell'intero bacino Mediterraneo (Doumage 1995). L'espansione va anche messa in relazione al particolare meccanismo di metabolismo facoltativo eterotrofo delle caulerpe, che ne favorisce l'insediamento su substrati degradati con cospicua presenza di sostanza organica di varia natura. Ampie aree costiere mostrano infatti caratteristiche di questo tipo a causa dell'espansione di aree portuali, di aree in vicinanza di fiumi con bacino imbrifero ad alto tasso insediativo, di aree interessate a scarichi urbani; tutti creano substrati elettivi per specie opportuniste a larga valenza ecologica o, come nel caso di *Caulerpa* sp., con un particolare tipo di metabolismo eterotrofo. La presenza di *Caulerpa cylindracea* rappresenta una importante minaccia per la diversità biologica degli ecosistemi costieri, perché va ad interferire con le specie indigene, modificando la struttura delle comunità fito (Cebrian *et al.*, 2009) e zoobentoniche (Argyrou *et al.*, 1999). Studi sperimentali (Balata *et al.*, 2004) hanno mostrato che l'invasione ha un grande impatto sui popolamenti macroalgali presenti sulla matre morta di *P. oceanica* e sui fondi rocciosi, che si traduce in una riduzione del ricoprimento del substrato, del numero delle specie e della diversità; (Ceccherelli *et al.* 2002) hanno osservato inoltre che la presenza di turf promuove l'espansione di *Caulerpa cylindracea*. E' interessante sottolineare come, invece, non sia stata evidenziata alcuna colonizzazione da parte dell'alga sulle praterie di *P. oceanica* in buono stato (caratterizzate da un'elevata densità di fasci fogliari) in molte regioni del Mediterraneo (Ruitton *et al.*, 2005); altri studi, tuttavia, hanno dimostrato l'occorrenza di cambiamenti nel ciclo vegetativo e nella produzione della fanerogama marina. Inoltre l'inserimento di specie alloctone nei sistemi subtidali può alterare le reti trofiche e può rappresentare un importante meccanismo indiretto che potrebbe contribuire a influenzare le variazioni degli stock ittici (Terlizzi *et al.*, 2011).



Nell'inverno del 2002 venne realizzata la mappa di *C. racemosa* nel golfo dell'Asinara, nel settore compreso fra Porto Torres e Punta Tramontana, entro la linea batimetrica dei 30 metri. La superficie interessata era di 776 ha, per l'84% su fondi a "matte" morta (Cossu *et al.*, 2003b). La distribuzione dell'alga nel golfo dell'Asinara, che oggi interessa anche la costa prospiciente la cittadina di Castelsardo, corrisponde a un livello di colonizzazione caratteristico di aree ampie e fortemente invase (Cossu *et al.*, 2004).

Si sottolinea inoltre che, sia nelle indagini condotte dalla società Pragma Due, sia nelle nostre è stata rinvenuta la presenza dell'alga invasiva nell'area di studio (Fig. 17 e 18).

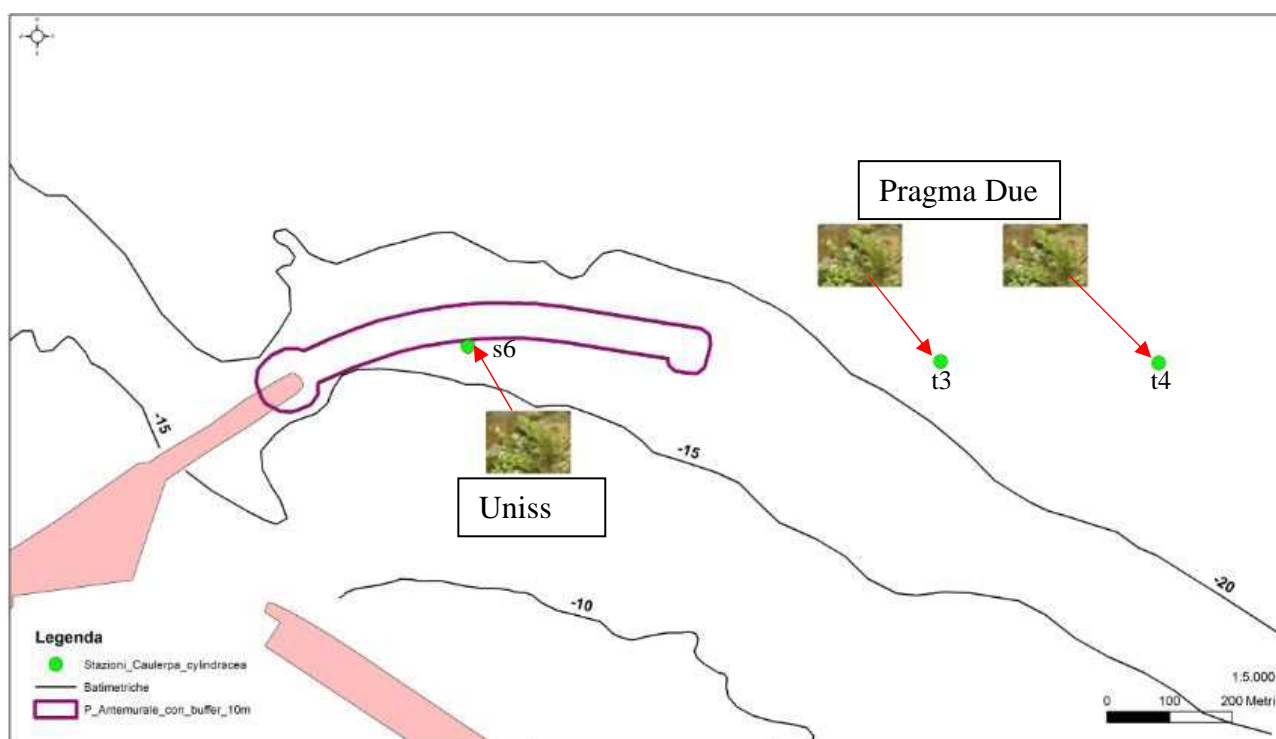


Figura 18 – *Caulerpa cylindracea* nell'area di studio (Stazione s6).

## **CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE**

Il posidonieto antistante l'area portuale di Porto Torres mostra una superficie ampia ma tutti i dati rilevati indicano una forte compromissione dello stesso, verosimilmente dovuto alla presenza dell'area industriale, del Porto e della città.

La compromissione interessa tutto il Golfo dell'Asinara e soprattutto il tratto ad est dell'insediamento industriale fino a Castelsardo. L'opera in oggetto andrà ad interessare probabilmente un tratto di circa **1,08 ha** che rappresentano una frazione molto modesta della Posidonia complessiva del Golfo stimabile in **17.600 ha**. Le disposizioni ministeriali impongono che quando possibile la Posidonia interessata dai lavori venga trapiantata e come si è detto, tale operazione, interesserebbe circa **374000** fasci che andrebbero ad occupare una superficie di circa **1 ha**. Oltre alla complessità dell'operazione bisogna valutare quale sia la possibilità di attecchimento della pianta che rappresenta il successo dell'operazione. Tutti i tentativi che sono stati messi in campo dimostrano che tale successo è molto limitato (Linee guida Ispra 106/2014) in più in questo caso, le piante indicano la presenza di stress vegetativo che riduce ancora di più la possibilità di attecchimento.

Un altro aspetto che deve essere preso in considerazione è la diffusione nell'area della specie alloctona invasiva *Caulerpa cylindracea* che è stata rinvenuta nella zona interessata dai lavori (Fig.17 e 18). I dispositivi ministeriali indicano che in tali condizioni, il trapianto sia fortemente sconsigliato poiché risulta molto difficile separare gli stoloni dai frammenti dell'alga invasiva.

Si suggerisce allora di mettere in campo altre strategie compensative. Si potrebbero posizionare dei dissuasori in aree limitrofe, dove lo strascico abusivo è perpetrato oppure mettere in atto opportune aree di popolamento attraverso la messa in opera di adeguate strutture in calcestruzzo armato che può essere assemblato in svariate combinazioni e permette la costituzione di strutture stabili di reef artificiale su fondali marini.

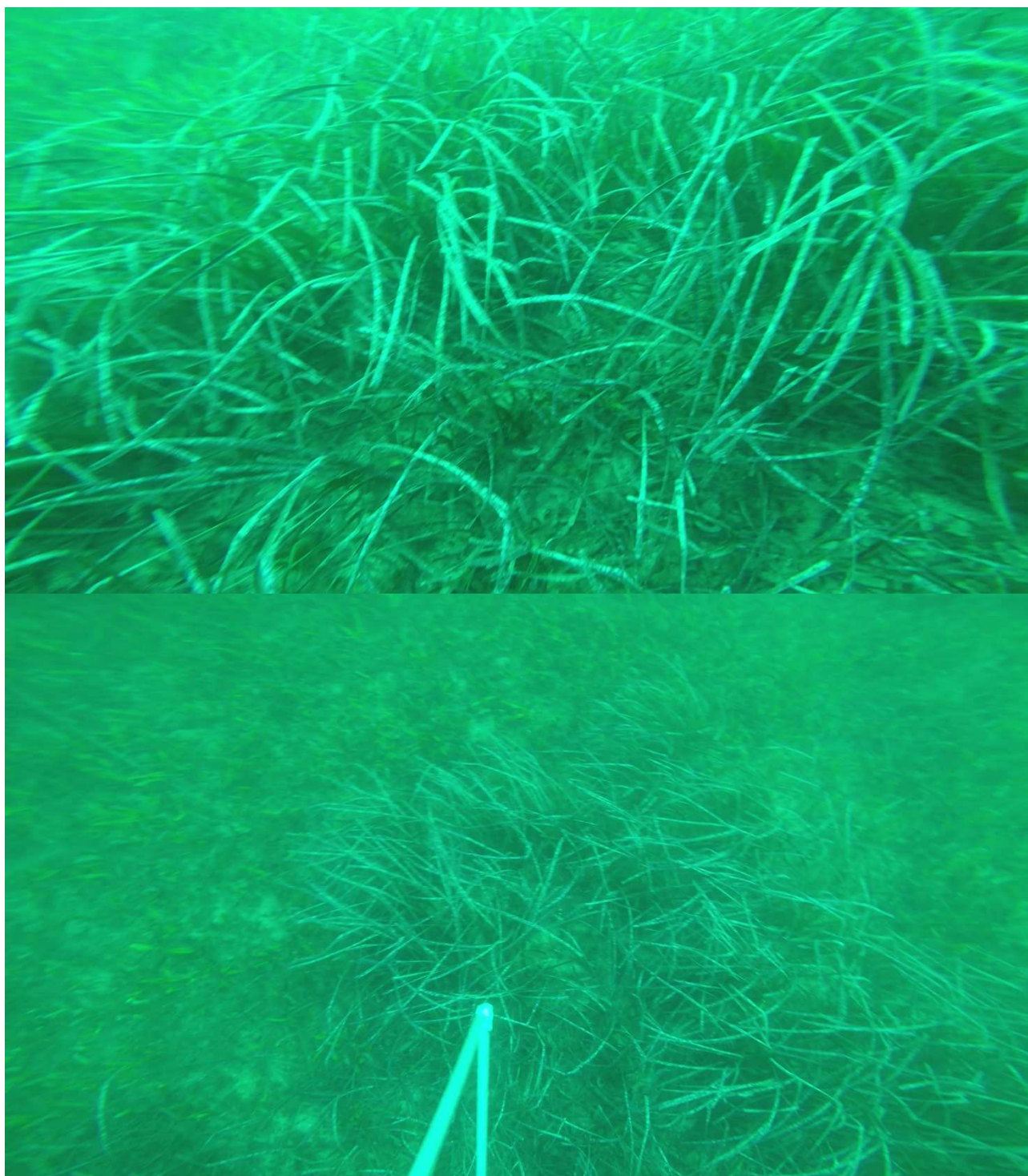
## **BIBLIOGRAFIA** citata e/o consultata

- Argyrou M., Demetropoulos A., Hadjichristophorou M., 1999. Expansion of the macroalga *Caulerpa racemosa* and changes in softbottom macrofaunal assemblages in Monibay, Cyprus. *Oceanologica Acta* 22 (5), 517–528.
- Balata, D., Piazzì, L., Cinelli F., 2004. A Comparison Among Assemblages in Areas Invaded by *Caulerpa taxifolia* and *C. racemosa* on a Subtidal Mediterranean Rocky Bottom. *Marine Ecology*, 25: 1-13.
- Cebrian, E., Ballesteros E., 2009. Temporal and spatial variability in shallow and deep-water populations of the invasive *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* in the Western Mediterranean. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 83: 469–474.
- Ceccherelli, G., Piazzì, L., Balata, D., 2002. Spread of introduced *Caulerpa* species in macroalgal habitats. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 280, 1–11.
- Cossu A., Pala, D., Ruiu, A., Zanello, A., 2003b. Distribuzione di *Caulerpa racemosa* nel Golfo dell'Asinara (Sardegna settentrionale). *Biologia Marina Mediterranea* 10 (2), 542–543.
- Cossu, A., Pala D., Ragazzola F., 2004. Sintesi delle conoscenze sulla distribuzione del genere *Caulerpa* in Sardegna. *Biologia Marina Mediterranea* 11 (2), 419–422.
- Cossu A., Pascucci V., Ceccherelli G., Chessa L., Andreucci S., De Luca M., Pala D., 2011. Caratterizzazione fisiografica, geomorfologica e bionomica della RIAS di Santa Teresa di Gallura: Sardegna Nord Orientale. *Biologia Marina Mediterranea* 18 (1): 305-306
- Doumage F., 1995. Quelques réflexions sur les algues Caulerpes. *Biologia Marina Mediterranea* 2(2): 613–633
- Francour, P., 1997. "Fish Assemblages of *Posidonia Oceanica* Beds at Port-Cros (France, NW Mediterranean): Assessment of Composition and Long-term Fluctuations by Visual Census." *Marine Ecology* 18, no. 2 (1997): 157–173
- Gambi M. C., Doppiano M., 2003. Manuale di metodologia di campionamento e studio del bentos marino mediterraneo. *Biologia Marina Mediterranea* 10 (2): 140-188.
- Jeudy de Grissac A., 1984- Effects des herbiers a *Posidonia oceanica* sur la dynamique marine et la sédimentologie littorale. International Workshop on *Posidonia oceanica* beds, Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. eds., *Gis Posidonie publ.*, Fr., 1: 437–443
- Ispra 2014. Conservazione e gestione della naturalità negli ecosistemi marino-costieri. Il trapianto della *Posidonia oceanica*. *Manuali e linee guida 106/2014* ISBN 978.88-448-0642-2
- Pérès J.M., 1984 - History of the Mediterranean Biota and the colonisation of the depth. In: "Western Mediterranean", Margalef R. ed., Oxford, Pergamon Press : 198-232
- Pergent G., Pergent-Martini C., Boudouresque C.F., 1995. Utilisation de l'herbier à *Posidonia oceanica* comme indicateur biologique de la qualité du milieu littoral en Méditerranée: *Etat des connaissances. Mésogée* 54: 3–29.
- Relini G., Giaccone G., 2009 Gli Habitat prioritari del Protocollo SPA/BIO (Convenzione di Barcellona) presenti in Italia. Schede descrittive per l'identificazione. *Biologia Marina Mediterranea*. 16 (suppl.1): 1–266.
- Ruitton S., Javel F., Culioli J.-M., Meinesz A., Pergent G., Verlaque M., 2005. First assessment of the *Caulerpa racemosa* (*Caulerpales*, *Chlorophyta*) invasion along the French Mediterranean coast. *Marine Pollution Bulletin* 50: 1061–1068.
- Terlizzi A., Felling S., Lionetto MG., Caricato R., Perfetti V., Cutignano A., Mollo E., 2011 Detrimental physiological effects of the invasive alga *Caulerpa racemosa* on the Mediterranean white seabream *Diplodus sargus*. *Aquat. Biol.* 12:109–117.
- Vassallo P., Paoli C., Rovere A., Montefalcone M., Morri C., Bianchi C., N., 2013. The value of the seagrass *Posidonia oceanica*: A natural capital assessment. *Marine Pollution Bulletin*, 75: 157–167.



*ALLEGATI*

*Stazione S1*





*Stazione S2*





*Stazione S3*





*Stazione S4*



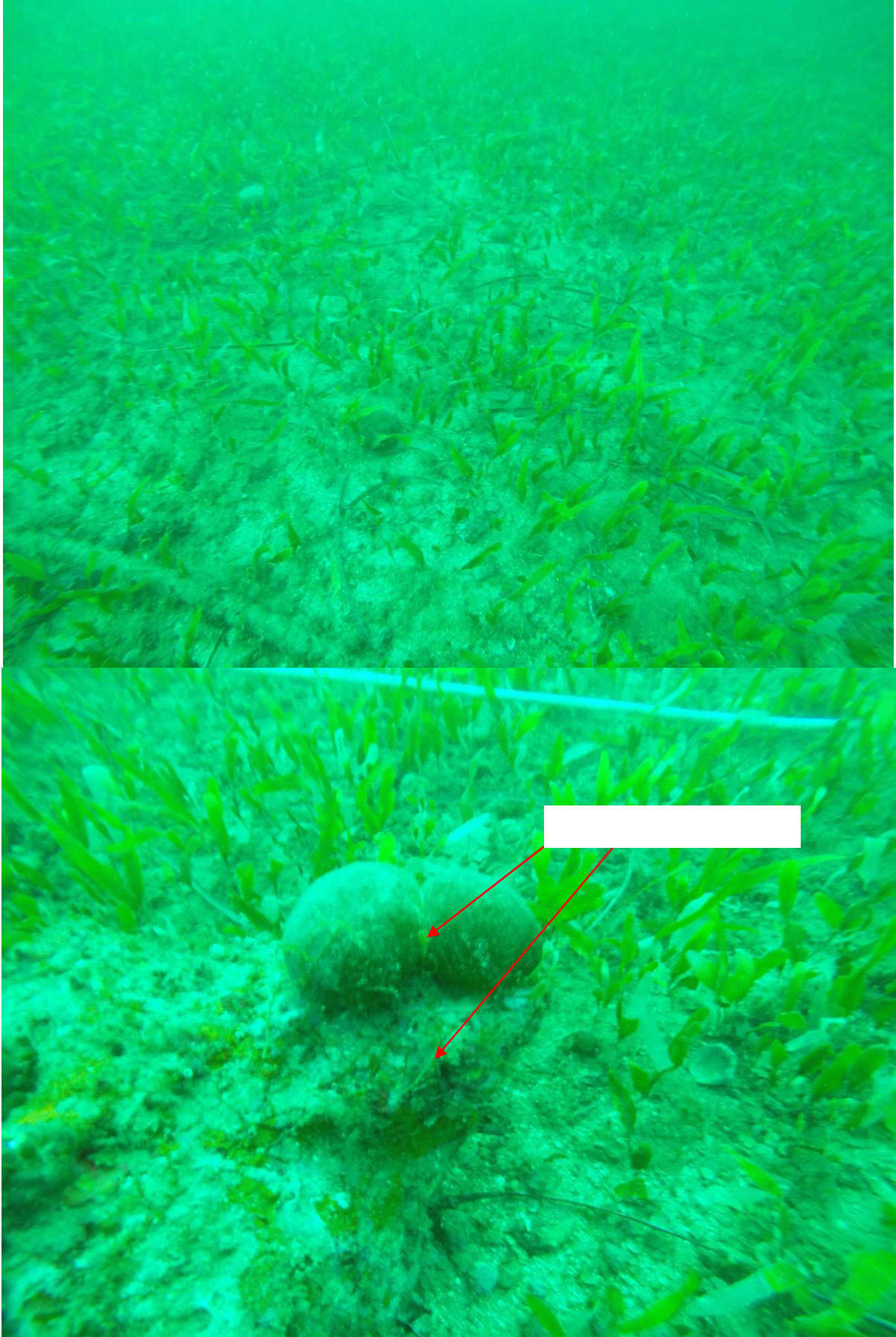


*Stazione S5*



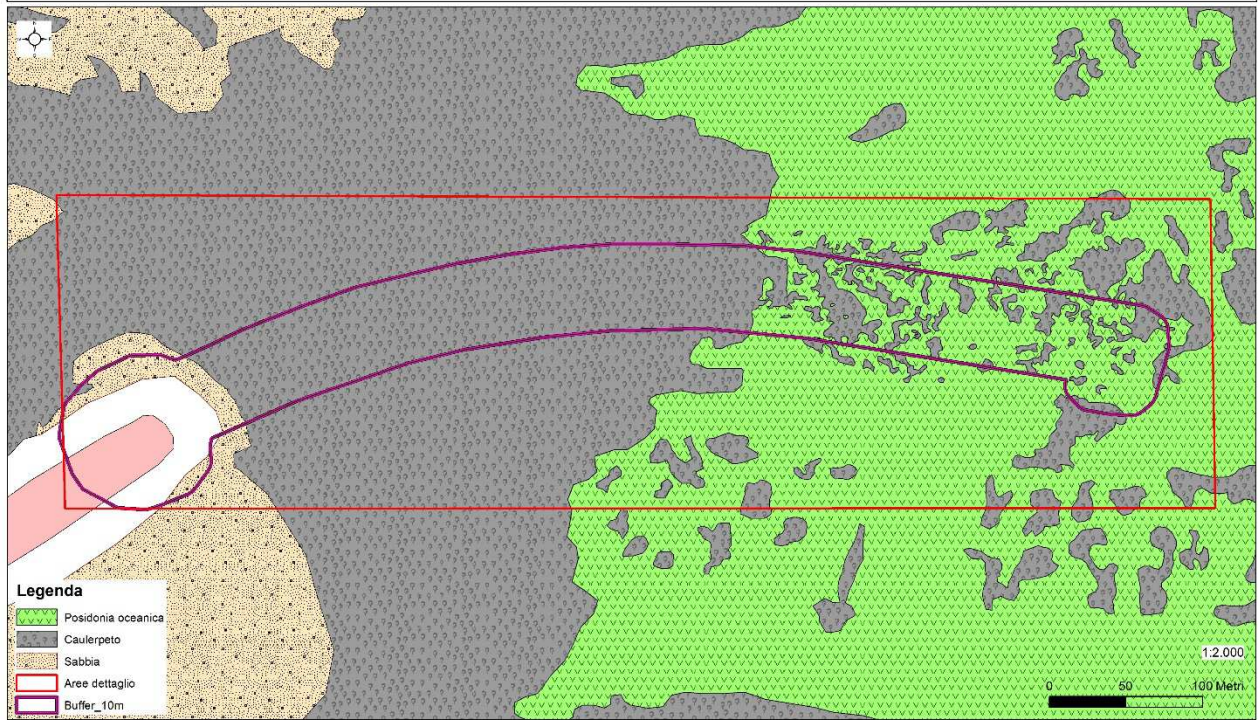


*Stazione S6*





## DETTAGLIO DIGA DI SOPRAFLUTTO

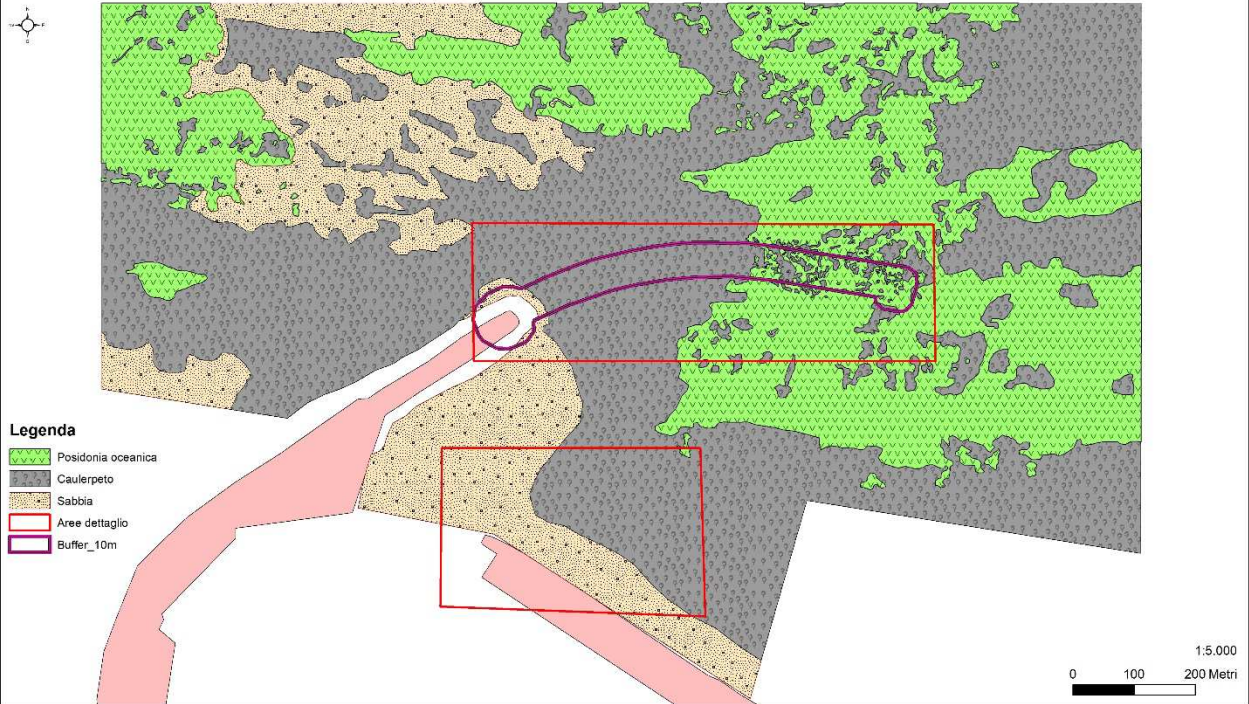


Ente committente  
Sales S.p.A.  
Lavori Edili Marittimi Minerari dal 1946  
Via Nizza 11 00198 Roma

Carta principali biocenosi  
Dal progetto  
Mappatura e analisi della prateria di Posidonia oceanica  
nelle acque antistanti la diga di sopraflutto del Porto civico di Porto Torres  
COSSUA, PASCUCCIA, DE LUCA M.



## AREA DI STUDIO



Ente committente  
Sales S.p.A.  
Lavori Edili Marittimi Minerari dal 1946  
Via Nizza 11 00198 Roma

Carta principali biocenosi  
Dal progetto  
Mappatura e analisi della prateria di Posidonia oceanica  
nelle acque antistanti la diga di soprallutto del Porto civico di Porto Torres  
COSSUA, PASCUCIA, DE LUCA M.

***PROGETTO DEGLI INTERVENTI DI TRAPIANTO***

## **PREMESSA**

In Mediterraneo sono diversi gli esempi di reimpianti di *Posidonia oceanica*, quale misura di compensazione, realizzati spesso senza tenere conto delle misure di cautela. Le procedure di trapianto devono infatti essere sitospecifiche ed essere inserite in più ampi progetti di gestione integrata della fascia costiera (Boudouresque *et al.*, 2006). Il successo dei attecchimento delle fanerogame marine, in base ai dati disponibili su scala mondiale, restano alquanto contrastanti. In Mediterraneo, ad esempio, a più di 25 anni dal primo intervento, non si è costituita una vera prateria (Boudouresque *et al.*, 2000). Solo alcune delle esperienze più recenti sembrano indicare risultati incoraggianti, ma solo in caso di interventi a piccola scala con talee, semi e giovani plantule (Borum *et al.*, 2004; Díaz-Almela e Duarte, 2008; Carannante, 2011). A tutt'oggi, le tecniche di reimpianto di praterie di fanerogame marine possono essere considerate ancora come tecniche innovative e non del tutto consolidate; l'affidabilità non è comparabile con quella acquisita nelle tecniche di riforestazione condotte sulla terraferma (Boudouresque *et al.*, 2006). Attualmente in Italia sono in corso diversi progetti per la messa a punto e sperimentazione al fine di individuare modalità operative sempre più affidabili, che siano anche economicamente sostenibili, da poter essere impiegate ad una scala spaziale più vasta. Per la messa a punto di una strategia decisionale *sito-specifica*, da effettuare prima di avviare un intervento di trapianto, è necessario effettuare un'analisi costi/benefici, prendendo in considerazione tutti gli elementi coinvolti nel progetto, al fine di verificare se, alla luce delle conoscenze disponibili, ci siano, in concreto, i presupposti affinché l'intervento di piantumazione possa essere realizzato con successo. Una volta verificata l'esistenza dei presupposti tecnici ed economici che sono alla base dell'intervento, è possibile applicare un modello sviluppato, che sia in grado di guidare il decisore nel processo di valutazione della fattibilità dell'intervento (Boudouresque, 2000; Boudouresque *et al.*, 2006). Tale modello prevede che la verifica venga condotta sia a livello locale (nella prateria in cui si prevede di effettuare l'intervento di trapianto), sia a livello di sito.

In merito alla scelta della tecnica di intervento è fondamentale considerare come uno degli aspetti più critici del trapianto delle talee sia quello relativo alle modalità di ancoraggio al fondo. Tale criticità scaturisce dalla necessità di utilizzare strutture che siano in grado di resistere all'azione del moto ondoso e alle correnti di fondo.

In generale, tra i tanti metodi testati, l'ancoraggio al fondo di talee avviene comunemente attraverso l'impiego di:

1. **reti in plastica o in metallo** (Larkum, 1976; Molenaar e Meinesz, 1992a, 1992b; Molenaar *et al.*, 1993; Piazzì e Cinelli, 1995; Piazzì *et al.*, 1998, 2000);

2. **reti in materiale biodegradabile** (Fonseca *et al.*, 1979; Kenworthy *et al.*, 1980);
3. **sistemi di ancoraggio che utilizzano ganci metallici, paletti (tutori) o chiodi** (Molenaar, 1992; Charbonnel *et al.*, 1995; Rismondo *et al.*, 1995; Davis e Short, 1997);
4. **cornici in calcestruzzo munite di rete metallica** (Cooper, 1976; Giaccone e Calvo, 1980; Cooper, 1982; Chessa e Fresi, 1994, Fresi *et al.*, 2006; Valiante *et al.*, 2010; Carannante, 2011);
5. **lastre in cemento dotate di fori, all'interno dei quali vengono posizionate le talee** (Maggi, 1973);
6. **materassi riempiti di sabbia e rinverditi con fasci di *P. oceanica*** (Cinelli *et al.*, 2007a, 2007b; Boccalaro *et al.*, 2008).
7. **zolle (blocchi di *matte*) da posizionare in appositi scavi** (Addy, 1947a; Phillips, 1980; Noten, 1983; Jeudy de Grissac, 1984b; Dennison e Alberte, 1986; Chessa e Fresi, 1994; Rismondo *et al.*, 1995; Faccioli, 1996);

## ***TECNICA DI TRAPIANTO PROPOSTA***

Si propone di utilizzare una metodologia sperimentale, inquadrabile nell'ultima categoria di trapianto (vedi sopra), impiegata in prossimità del Porto di Piombino nel 2014, che consiste nell'espianto di zolle (Fig. 1) tramite apposita benna e posa in radure prossimali dove le condizioni ambientali sono le stesse dell'area d'espianto.



**Figura 1** – Zolla di *Posidonia oceanica* di 4 m<sup>2</sup> di superficie (da relazione Bedini 2014)

### ***Procedura di espianto e reimpianto***

In via preliminare sarà necessario investigare l'area di espianto tramite ROV effettuando transetti costa largo su tutta l'area colonizzata dalla fanerogama. Individuate opportune aree, le stesse saranno contrassegnate da appositi pedagni con l'ausilio di Operatori Tecnici Subacquei (OTS). La stessa procedura verrà applicata alle aree dove verrà effettuato il reimpianto. L'area da espiantare ammonta a circa 0,7 ha (Fig. 3) ed è posta nella parte terminale della nuova opera. La



**Figura 2** – Benna bivalve idraulica (da relazione Bedini 2014)

frammentarietà delle matte renderà necessario il posizionamento della benna tramite l'ausilio di un OTS che guiderà le operazioni. Le zolle saranno poi collocate temporaneamente all'interno del bacino interno alla nave, opportunamente ricolmato di acqua di mare, in modo da evitare l'essiccamento e la perdita di fauna e flora associata (Fig. 2). Successivamente, le zolle verranno trasferite nell'area di posa (Fig. 3). Le

aree di reimpianto saranno opportunamente scelte in rapporto alla distanza minima possibile dal



molo e dovranno avere le stesse caratteristiche ambientali delle zone di espianto. Sulla base dell'esperienza acquisita a Piombino, migliori risultati si sono ottenuti quando la zolla viene collocata all'interno di un opportuno escavo (in modo da non lasciare lati scoperti della zolla reimpiantata, facilmente aggredibili dalle correnti di fondo) e in continuità con la matre presente, così da costituire un manto vegetale continuo. Ogni zolla sarà segnalata da opportuni dispositivi di riconoscimento per poter essere indentificata nei futuri monitoraggi. La dimensione della zolla dovrà essere minimo di 4m<sup>2</sup>. Il prelievo avverrà con benna idraulica bivalve che effettuerà il dragaggio in un'unica operazione. In ogni zolla dopo la posa e la deposizione del particellato sospeso, sarà fotografata la superficie vegetata da una quota adeguata per avere documentazione del momento zero del reimpianto. Sarà valutata anche la densità dei fasci e il loro stato fenologico su un adeguato numero campionario. Si misurerà tramite penetrometro la compattezza della matre per seguire l'evoluzione della consistenza della trama dei rizomi. Le zolle periferiche saranno poi dotate di un balise nel loro lato libero per valutare la progressione o l'arretramento nel tempo (Buia *et al.*, 2003).



Figura 3 – Area interessata dalle attività. [In nero l'area dell'espianto; in rosso, del reimpianto](#)

## **PIANO DI MONITORAGGIO**

*descrittori strutturali : densità dei fasci fogliari e copertura %.*

*descrittori funzionali: tasso di sopravvivenza dei fasci fogliari, formazione di nuovi fasci, allungamento del rizoma, allungamento delle foglie, sviluppo di radici, fenologia.*

Il piano di monitoraggio durerà 5 anni e schematicamente consisterà nel:

1. In ogni zolla con *cadenza semestrale* si misurerà la densità dei fasci su quadrati campione di 40 cm di lato, distinguendo nella conta la presenza di rizomi morti o con evidenti necrosi fogliare (tasso di sopravvivenza dei fasci) e la formazione di nuovi.
2. In ogni zolla saranno posti dei quadrati permanenti ben visibili che conterranno un numero di ciuffi adeguato per analisi statistiche. In ogni fascio fogliare si porrà un anello ad una distanza opportuna dal punto di emergenza delle foglie dal rizoma; ciò consentirà di valutare i tassi di crescita della pianta nel tempo. Verrà anche annotata la modalità e la velocità di crescita del rizoma (plagiotropo ed ortotropo). In ognuno dei fasci testimone sarà valutato il numero di foglie e la lunghezza della foglia adulta più esterna, *cadenza semestrale*.
3. Per misurare la crescita fogliare si prevede di utilizzare, su un numero di zolle e fasci statisticamente significativo, la tecnica dell'ago (metodo non distruttivo). Questa prevede al tempo  $T_0$  di forare tutte le foglie di uno stesso fascio appartenente ad una superficie nota, contrassegnata con quadrati fissi. Questa operazione deve essere eseguita a 0,5-3 cm sopra la ligula della foglia più esterna, forando contemporaneamente tutte le foglie del fascio. Per consentire di operare sempre alla stessa distanza dalla ligula, (Buia *et al.*, 1992; Ott., 1980; Zieman, 1974) si utilizza un tassello di plastica di 3 cm di lunghezza, della stessa larghezza della foglia. L'ago viene fatto passare sistematicamente nel foro del tassello. L'intervallo temporale che intercorre tra la foratura e la prima misura al tempo  $T_1$  è di 30 giorni.
4. La verifica della compattezza della matre sarà stimata mediante un penetrometro (Fig. 4), strumento costituito da un'asta di 2 m di lunghezza, 8 mm di diametro posta perpendicolarmente al fondale con un peso di 5 kg lasciato cadere da 50 cm. L'impatto del peso di forza costante permette all'asta di penetrare nel tappeto dei rizomi proporzionalmente alla sua compattezza. La compattezza è definita come: forte (penetrazione <50 cm), media (50 cm < penetrazione <100 cm) e debole (penetrazione > 100 cm), *cadenza semestrale*.



**Figura4** – Misura della compattezza della matre con Penetrometro

5. Si calcherà il Coefficiente “A”: percentuale di foglie adulte ed intermedie che hanno gli apici spezzati; si calcola dividendo il numero totale di foglie adulte e intermedie con apici rotti per il numero totale delle foglie osservate. Il valore del coefficiente “A” è spesso il risultato di più fattori quali l’idrodinamismo, l’età delle foglie e il livello di presenza di erbivori. Dalle caratteristiche delle tracce (bite marks) presenti sull’apice dei lembi fogliari, è possibile riconoscere alcuni erbivori responsabili della rottura e distinguere il danno biologico da quello meccanico, *cadenza semestrale*.

**Tabella 1** – Quadro sinottico temporale delle attività

<b>Attività</b>	<b>Cadenza</b>
Rilievi ROV su Posidonia da espianto	Inizio attività (una sola volta)
Rilievi ROV su superfici da reimpiantare	Inizio attività (una sola volta)
Densità dei rizomi su quadrati campione	Semestrale
Tassi di crescita dei rizomi e dei fasci	Semestrale
Crescita fogliare	Mensile (ogni 2 anni)
Compattezza della matte	Semestrale
Coefficiente “A”	Semestrale



## BIBLIOGRAFIA

- Addy C.E. (1947a) - *Eelgrass planting guide*. Maryland Conservationist, USA, 24: 16-17.
- Boccalaro F., Cinelli F., Rende F., Burgassi M., Zanella M. (2008) - *Ingegneria naturalistica. Il ripristino delle praterie di Posidonia oceanica. Un mare di piante*. ACER, 6/2008 : 57-61.
- Borum J., Duarte C.M., Krause-Jensen D., Greve T.M. (2004) - *European seagrasses: an introduction to monitoring and management*. The M&MS project, Copenhagen. pp.88.
- Boudouresque C.F. (1968) - *Contribution à l'étude du peuplement ephyte des rhizomes de Posidonies (Posidonia oceanica Delile)*. Recueil des Travaux de la Station Marine d'Endoume, 43 (59): 45-64.
- Boudouresque C.F. (2000) - *La restauration des écosystèmes à phanérogames marines*. Restauration des écosystèmes côtiers, Dreves L., Chaussepied M. Edits., IFREMER publ., 29 : 65-85.
- Boudouresque C.F., Charbonnel E., Meinesz A., Pergent G., Pergent-Martini C., Cadiou G., Bertrand M.C., Foret P., Ragazzi M., Rico-Raimondino V. (2000) - *A monitoring network based on the seagrass Posidonia oceanica in the northwestern Mediterranean Sea*. Biologia Marina Mediterranea, 7(2): 328-331.
- Boudouresque C.F., Bernard G., Bonhomme P., Charbonnel E., Diviacco G., Meinesz A., Pergent G., Pergent-Martini C., Ruitton S., Tunesi L. (2006) - *Préservation et Conservation des herbiers à Posidonia oceanica*. RAMOGE pub.: 1-202.
- Buia M.C., Gambi M.C., Badalamenti F. (2002) - *Morpho-chronological observations on seedlings and juvenile shoots of Posidonia oceanica (L.) Delile collected in situ in various coastal areas*. Biologia Marina Mediterranea. 9 (1): 600-604.
- Buia M.C., Gambi M.C., Dappiano M. (2003) - *I sistemi a Fanerogame marine*. Biologia Marina Mediterranea, 10: 145-198.
- Carannante F. (2011) - *Monitoraggio a lungo termine di trapianti di Posidonia oceanica su vasta scala*. Tesi di dottorato in Ecologia e Gestione delle Risorse Biologiche – XXII ciclo, Università degli Studi della Tuscia di Viterbo.
- Charbonnel E., Molenaar H., Gravez V. (1995) - *Réimplantation de la phanérogame marine Posidonia oceanica dans le golfe de Marseille (Bouches du Rhône)*. Rapport final 1991-1995. DEGT Ville de Marseille et GIS Posidonie publ: 1-193.
- Chessa L.A., Fresi E. (1994) - *Conservazione e gestione delle praterie di Posidonia*. In: Monbailliu X., Torre A. Edits. La gestione degli ambienti costieri e insulari del Mediterraneo. Edizione del Sole publ., Ital.: 103-127.
- Cinelli F., Boccalaro F., Burgassi M., Rende F., Piazzini L., Zanella M. (2007) - *Utilizzo sperimentale in mare di sistemi tecnici già impiegati dall'ingegneria naturalistica terrestre*. Biologia Marina Mediterranea, 14(2): 342-343.
- Cinelli F., Boccalaro F., Burgassi M., Piazzini L., Rende F., Zanella M. (2007b) - *Technique de fixation des boutures de Posidonia oceanica (L.) Delile en Méditerranée : adaptation en milieu marin d'un système déjà utilisé sur terre*. Atti del «Troisième Symposium Méditerranéen sur la Végétation Marine Marseille, 257-258.
- Cooper G. (1976) - *Jardinier de la Mer. Association-Fondation G. Cooper pour la reconquête des milieux naturels détruits*. Cahier, 1: 1-57.
- Cooper G. (1982) - *Réimplantation de Posidonia oceanica. Protection des implants*. Bulletin d'Ecologie, 13(1): 65-73.
- Davis R.C., Short F.T. (1997) - *Restoring eelgrass, Zostera marina, habitat using a new transplanting technique: the horizontal rhizome method*. Aquatic Botany, 59: 1-15.
- Dennison W.C., Alberte R.S. (1986) - *Photoadaptation and growth of Zostera marina (eelgrass) transplants along a depth gradient*. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 98: 265-282.
- Díaz-Almela E., Duarte C.M. (2008) - *Management of Natura 2000 habitats. 1120 Posidonia beds (Posidonion oceanicae)*. European Commission.
- Faccioli F. (1996) - *The morphological restoration of the Venice Lagoon*. Quaderni trimestrali, Consorzio Venezia Nuova, Italie, suppl. 3-4: 1-24.
- Fonseca M.S., Kenworthy W.J., Homziak J., Thayer G.W. (1979) - *Transplanting of eelgrass and shoalgrass as a potential means of economically mitigating a recent loss of habitat*. In: Cole D.P. edit. Proc. 7th ann. Conf. Wetlands Restor. Creation publ., USA: 279-326.

- Fresi E., Valiante L.M., Scardi M., Arciprete R., Argenti L., Carannante F., Casola E., Di Dato P., Di Nuzzo F., Ingegnoli P. (2006) - *Un'esperienza di restauro su grande scala di una prateria di Posidonia oceanica*. XVI Congresso della S.I.Te. Viterbo-Civitavecchia, 19-22 settembre 2006.
- Giaccone G., Calvo S. (1980) - *Restaurazione del manto vegetale mediante trapianto di Posidonia oceanica (Linneo) Delile. Risultati preliminari. Mem. Biol. Mar. Oceanogr., Ital., suppl. 10: 207-211.*
- Jeudy De Grissac A. (1984b) - *Essais d'implantations d'espèces végétales marines: les espèces pionnières, les Posidonies*. In: Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. Edits. First International Workshop on *Posidonia oceanica* beds, GIS Posidonie Publisher, Marseille, Fr., 1: 431-436.
- Kenworthy W.J., Fonseca M.S., Homziak J., Thayer G.W. (1980) - *Development of a transplanted seagrass (Zostera marina L.) meadow in Back Sound, Carteret County, North Carolina*. In: Cole D.P. edit. Proceedings of the Seventh Annual Conference on the Restoration and Creation of Wetlands, USA: 175-193.
- Larkum A.W.D. (1976) - *Ecology of Botany Bay. 1. Growth of Posidonia australis (Brown) Hook f. in Botany Bay and other bays of the Sidney Basin*. Australian Journal of Marine Freshwater Research 27: 117-127.
- Maggi P. (1973) - *Le problème de la disparition des herbiers à Posidonies dans le Golfe de Giens (Var)*. Science et Pêche, Bulletin d'Information et de documentation de l'Institut technique et scientifique des Pêches maritimes., 221: 7-20.
- Molenaar H. (1992) - *Etude de la transplantation de boutures de la Phanérogame marine Posidonia oceanica (L.) Delile. Modélisation de l'architecture et du mode de croissance*. Thèse Doct. Sci. Vie, Univ. Nice Sophia Antipolis, Fr.: 1-221.
- Molenaar H., Meinesz A. (1992a) - *Vegetative reproduction in Posidonia oceanica. II. Effects of depth changes on transplanted orthotropic shoots*. Marine Ecology, PSZNI, 13(2): 175-185.
- Molenaar H., Meinesz A., (1992b) - *Transplantations de Posidonia oceanica (L.) Delile à Cannes. Méditerranée 2000 & Laboratoire Environnement Marin Littoral, Univ. Nice-Sophia Antipolis, Fr.: 1-27.*
- Noten T.M.P.A. (1983) - *Detached shoots of Zostera noltii Hornem. as a means of dispersal: a transplantation experiment*. In: Proceedings International Symposium on Aquatic Macrophytes. Nijmegen, Netherlands: 161-164.
- Ott J. (1980) - *Growth and production in Posidonia oceanica (L.) delile*. Marine Ecology PSZN, 1:47-64.
- Phillips R.C. (1980) - *Responses of transplanted and indigenous Thalassia testudinum Banks ex Königs and Halodule wrightii Aschers. to sediment loading and cold stress*. Contributions in Marine Science. 23: 79-87.
- Piazzì L., Cinelli F. (1995) - *Restoration of the littoral sea bottom by means of transplantation of cuttings and sprouts*. In: Cinelli F., Fresi E., Lorenzi C., Mucedola A. Edits. *Posidonia oceanica*, a contribution to the preservation of a major Mediterranean marine ecosystem. Rivista marittima publ., Roma, 69-71.
- Piazzì L., Balestri E., Magri M., Cinelli F. (1998) - *Experimental transplanting of Posidonia oceanica (L.) Delile into a disturbed habitat in the Mediterranean Sea*. Botanica marina, 41: 593-601.
- Piazzì L., Balestri E., Balata D., Cinelli F. (2000) - *Pilot transplanting experiment of Posidonia oceanica (L.) Delile to restore a damaged coastal area in the Mediterranean Sea*. Biologia Marina Mediterranea, 7(2): 409-411.
- Rismondo, A., Curiel D., Solazzi A., Marzocchi M., Chiozzotto E. and Scattolin, M. (1995) - *Sperimentazione di trapianto a fanerogame marine in laguna di Venezia: 1992-1994*, Società Italiana di Ecologia, Atti, 16, 683-685.
- Valiante L.M., Carannante F., Casola E., Di Dato P., Di Nuzzo F., Scardi M., Fresi E. (2010) - *Monitoraggio a lungo termine di trapianti di Posidonia oceanica su grande scala*. XX Congresso della S.I.Te., "La Sapienza" Università di Roma, 27 – 30 settembre 2010.
- Zieman J.C. (1974) - *Methods for the study of growth and production of the turtle grass, Thalassia testudinum Koning*. Aquaculture, 4: 139 – 1

***MISURE DI COMPENSAZIONE***  
***(A cura di AMP Asinara & Sales SPA)***

## ***PREMESSA***

Nell'ambito dei lavori di prolungamento dell'Antemurale di Ponente del porto civico di Porto Torres, una porzione di fondale marino, parzialmente ricoperto da *Posidonia oceanica*, sarà interessato dalla posa in opera di cassoni cellulari in cemento armato.

Le analisi fenologiche commissionate dall'AP NORD SARDEGNA alla società Pragma nell'agosto del 2016 e alla Soc. Cassiopea nel novembre 2016 hanno fornito le medesime considerazioni conclusive riguardo lo stato di conservazione della suddetta Posidonia, ovvero: Posidonieto molto disturbato con forte stato di compromissione e diffusione nell'area della specie alloctona invasiva *Caulerpa Cylindracea*.

Le conclusioni di cui sopra sono state oggetto di diversi incontri avuti dalla AP NORD Sardegna con alcuni membri della commissione VIA presso il Ministero dell'Ambiente (MATTM) e da ultimo in data 12 dicembre 2016 con ing. Antonio Venditti, coordinatore della Divisione II - Sistemi di Valutazione Ambientale alla presenza anche del dott. Lucio Eleuteri della Direzione Protezione Natura.

Da questa serie di incontri sono emerse le seguenti indicazioni che la AP NORD Sardegna porrà in essere per gestire l'interferenza dei lavori di prolungamento dell'Antemurale di Ponente con il sottostante posidonieto:

- Opere di compensazione consistenti nell'espianto a zolle (metodologia adottata a Piombino) delle porzioni di posidonieto ricadenti nel sedime di impronta delle nuove opere di prolungamento del porto Civico, aventi una estensione pari a circa 1 ha, e loro reimpianto in aree limitrofe, per la creazione di un habitat di pari estensione;
- Opere di compensazione consistenti nella fornitura e posa in opera di un numero adeguato di dissuasori antistrascico da collocare in opportune aree di elevato interesse naturalistico, tali da garantire che l'estensione dell'habitat compensato rispetto a quello sottratto/perturbato non sia inferiore al rapporto 1:2;

Relativamente alle opere di compensazione con dissuasori antistrascico, AP NORD Sardegna ha individuato nell'Area Marina Protetta del Parco dell'Asinara il Sito di elevato interesse naturalistico da tutelare e salvaguardare dagli effetti della pesca a strascico illegale che da alcuni anni viene condotta in tali aree.

Lo spettabile Parco Asinara formale ha fornito disponibilità e relativo nulla osta all'accoglimento della richiesta, formulata dalla AP NORD Sardegna, di posizionamento di dissuasori antistrascico a protezione degli habitat marini presenti presso le proprie aree protette.

## ***PROPOSTE DI POSIZIONAMENTO DISSUASORI***

Le barriere antistrascico sono particolarmente utili non solo per impedire lo svolgimento della pesca illegale, ma, se strutturate in maniera opportuna, anche per fornire ambienti favorevoli al ripopolamento ittico di specie di pregio commerciale. In generale, il numero e l'ubicazione delle barriere antistrascico da utilizzare debbono essere definiti con attenzione tenendo conto non solo degli effetti che si potrebbero produrre sulle correnti e su ambienti delicati come le praterie di posidonia, ma anche delle indicazioni dei pescatori artigianali in merito all'ubicazione delle zone di pesca illegale. Gli operatori della piccola pesca, infatti, non solo hanno un particolare interesse per preservare le risorse che loro stessi andranno a pescare, ma potrebbero avere, inoltre, un'idea più definita riguardo alle zone di attività dello strascico.

Si riporta quindi di seguito una sintesi conclusiva della proposta condivisa con l'Ente Parco Asinara per il posizionamento di una serie di strutture antistrascico da distribuire nell'area protetta; nella cartina riportata in Figura 1 vengono delineate 4 aree dove si ritiene opportuno disporre le strutture; nella cartina vengono inoltre riportate non solo le zone a prateria di Posidonia rilevate nel 2013, ma anche quelle più ampie relative ad uno studio sulle biocenosi presenti in AMP condotto dall'Università di Sassari nell'arco del 2008.

Questo studio risulta infatti utile per poter avere una visione più ampia riguardo la presenza di *Posidonia oceanica* in AMP.

Le aree definite per il posizionamento delle strutture antistrascico vengono discriminate in base alle seguenti tipologie:

- due zone in cui è stata documentata l'incidenza della pesca a strascico: 'Zona a media incidenza pesca a strascico e 'Zona ad alta incidenza pesca a strascico;
- una 'Zona ad alta vulnerabilità' in quanto parzialmente ubicata all'interno della zona A di Punta Scorno (parte settentrionale della AMP) e spesso indicata dai pescatori artigianali come soggetta ad attività di strascico;
- due zone di contenimento: 'Zona di contenimento 1' e 'Zona di contenimento 2' dove ci si propone di concentrare la maggior parte delle barriere sia a causa della considerevole estensione delle due zone, sia perché le stesse risultano quasi del tutto prive di prateria di posidonia.

Relativamente a queste ultime, la differenza principale tra le due zone risiede nell'ipotetico percorso che sembrano intraprendere le imbarcazioni di strascico nel raggiungere le zone di pesca.

Secondo quanto riferito dai pescatori artigianali, infatti, le imbarcazioni di strascico entrano dalla parte meridionale del golfo della Reale e si dirigono verso la parte settentrionale dell'area protetta

espletando quindi parte delle operazioni non solo nella Zona A di punta Scorno ma anche nel tratto di mare compreso fra il promontorio di Trabuccato e quello di Punta Sabina. Secondo queste indicazioni, quindi, la zona di contenimento 1 potrebbe risultare meno a rischio rispetto alla 'Zona di contenimento 2'. Come si può evincere dalla cartina riportata in Figura 1 buona parte delle zone individuate è costituita da fondali a prateria di posidonia oceanica. Il posizionamento delle barriere antistrascico, eventualmente accompagnato dal posizionamento di strutture di ripopolamento, andrebbe quindi preceduto non solo da studi opportuni per evitare il danneggiamento degli habitat a posidonia ma anche da un monitoraggio continuo per valutare gli effetti sia sull'ittiofauna, sia sulla posidonia stessa.

In base a quanto finora esposto si propone pertanto di:

- avviare uno studio per il posizionamento ottimale delle strutture antistrascico ed, eventualmente, di considerare anche l'utilizzo di strutture atte al ripopolamento ittico da associare a quelle antistrascico;
- avviare una consultazione con i pescatori artigianali attivi nelle zone interessate per valutare le loro proposte in merito alla disposizione dei blocchi antistrascico;
- procedere al posizionamento di tali strutture secondo le indicazioni dello studio e quelle dei pescatori;
- avviare un monitoraggio delle risorse ittiche e dei fondali sia durante lo svolgimento dello studio sia dopo il posizionamento delle strutture.



# MAPPA ATTIVITA' STRASCICO E PROPOSTA POSIZIONAMENTO BARRIERE

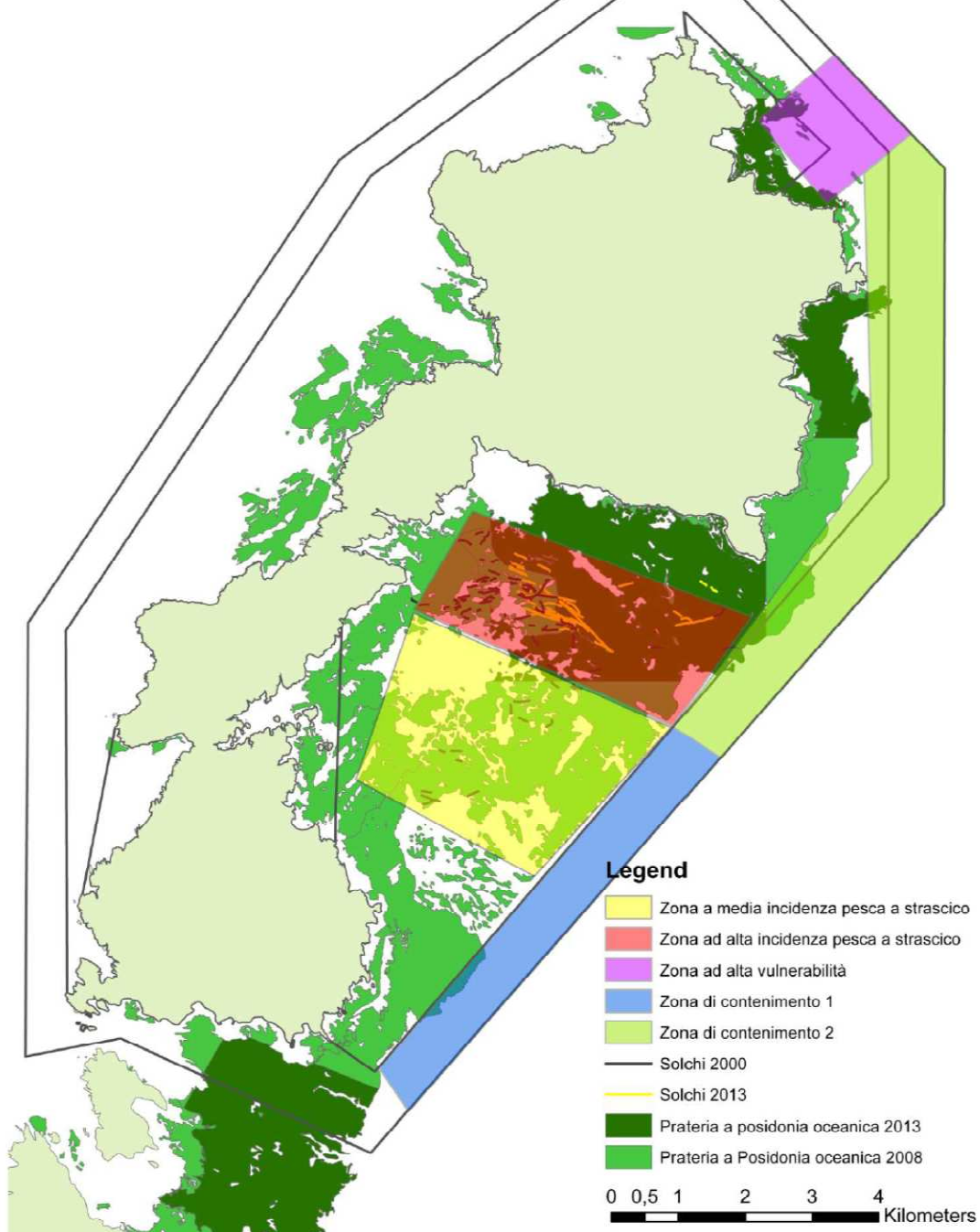


Figura 1 - mappa attività a strascico e proposta di posizionamento dissuasori

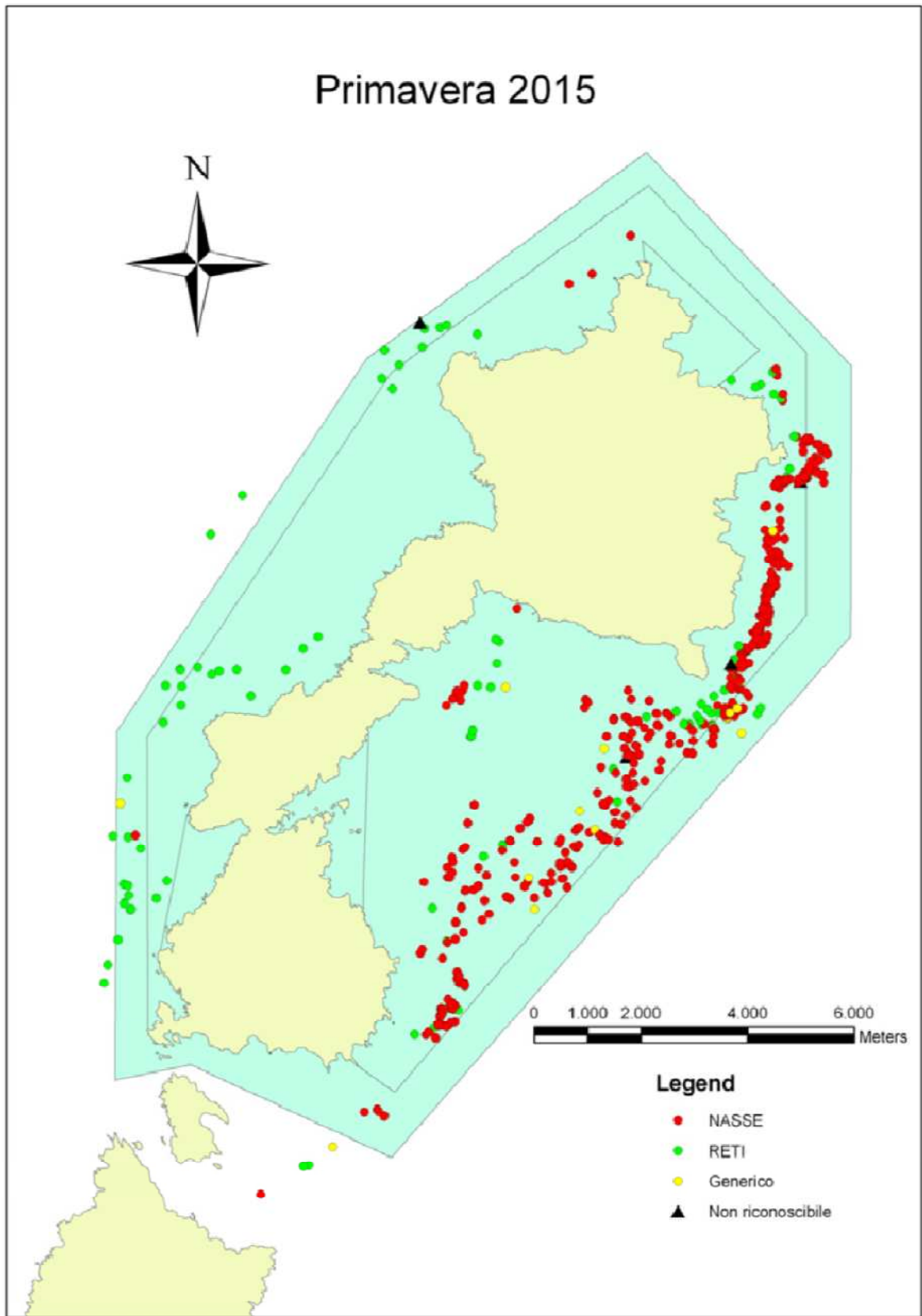


Figura 2 - Posizionamento dei segnali da pesca rilevati nella primavera del 2015

### Solchi strascico rilevati in AMP. Annualità 1999, 2000 e 2013

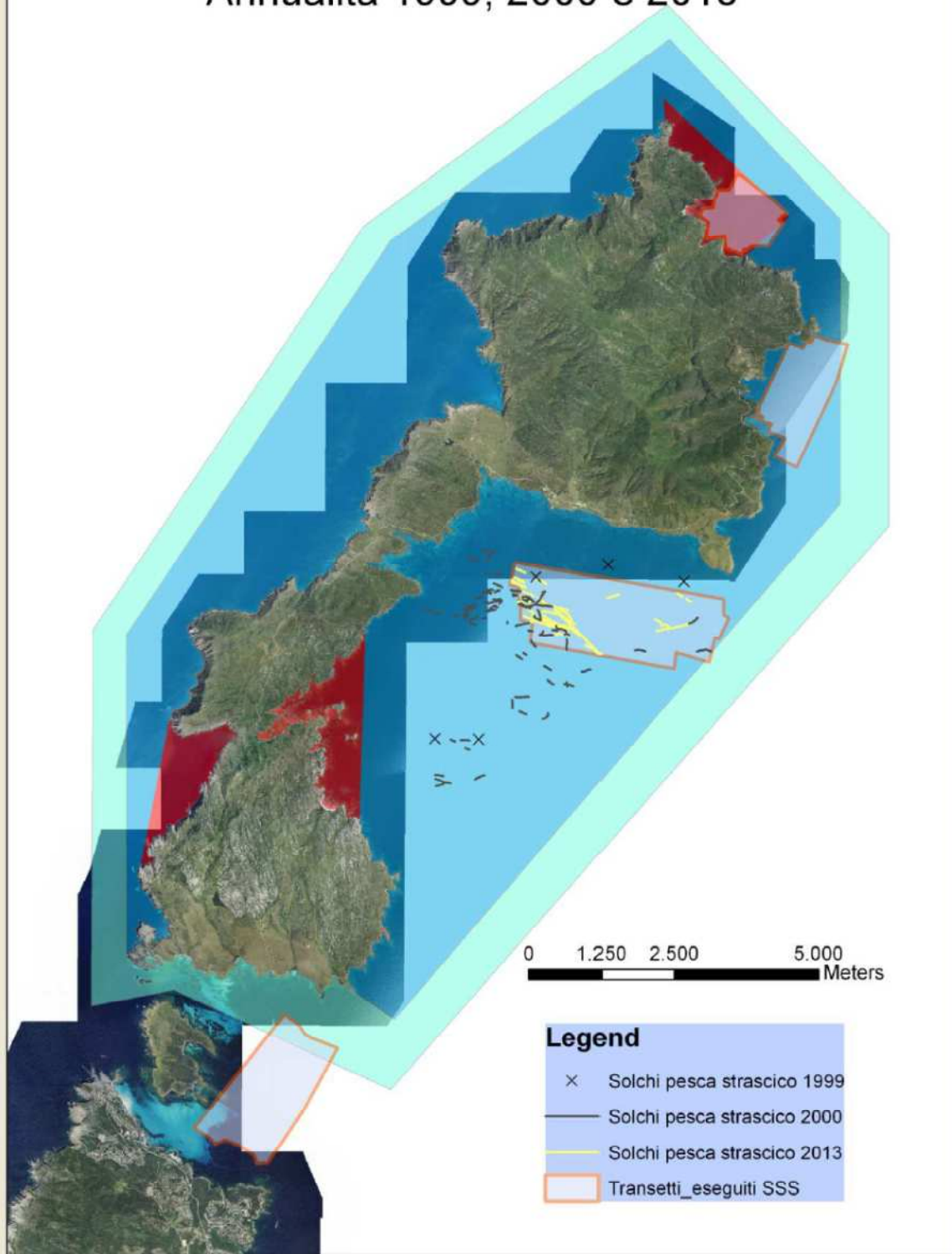


Figura 3 - Ubicazione delle aree monitorate tramite Side Scan Sonar (SSS) nel 2013 e solchi di strascico rilevati nelle annualità 1999,2000 e 2013

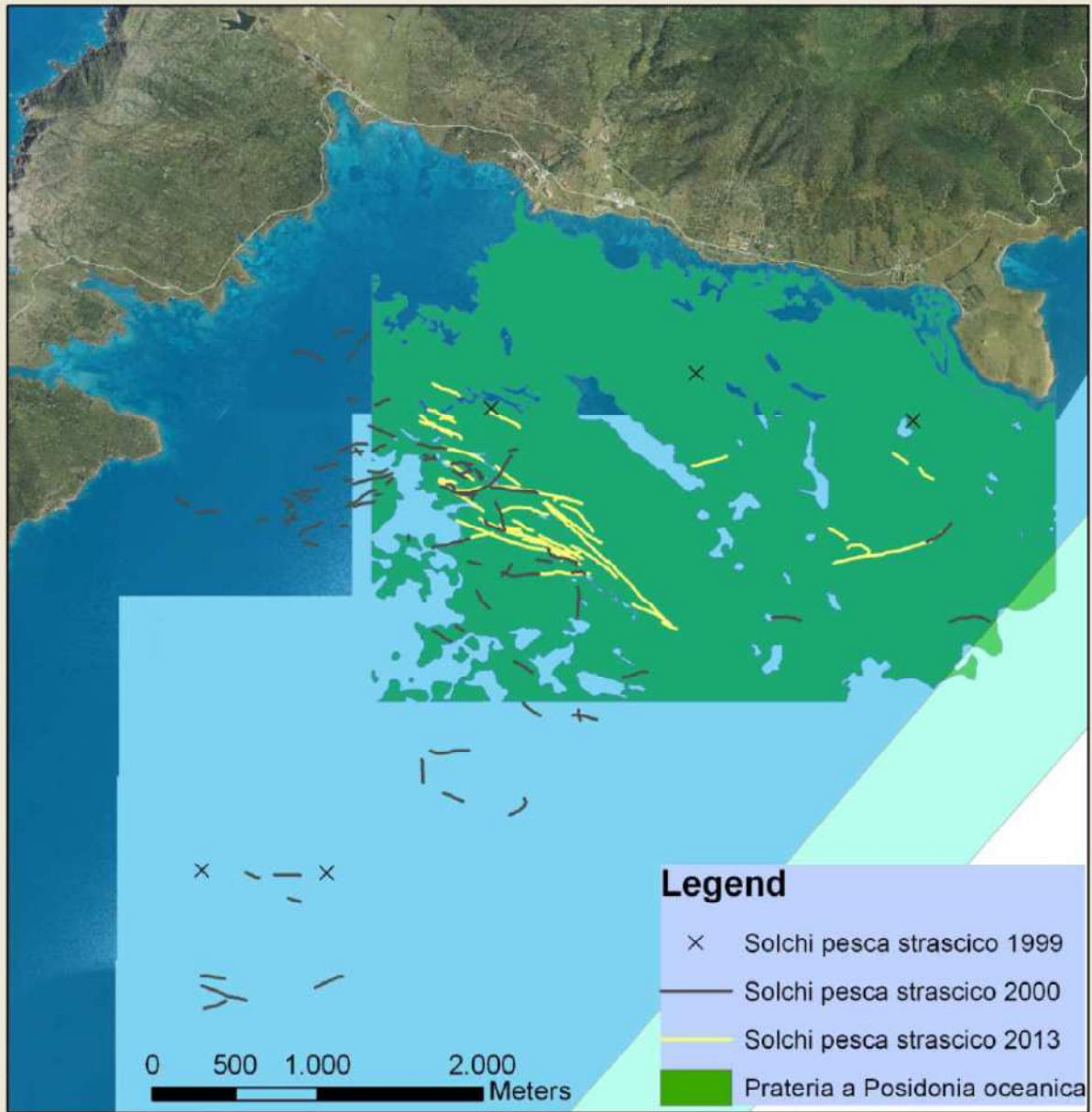
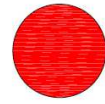
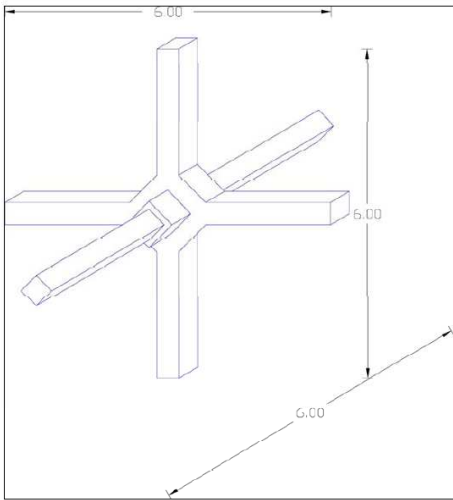


Figura 4 - Particolare della zona interessata dall'attività di strascico



### Assonometria e superficie occupata da un dissuasore



18.85 m<sup>2</sup>

### Cella unitaria di dislocazione areale dei moduli antistrascico

