



Spett.le ISPRA

Via Vitaliano Brancati, 48 - 00144 Roma (I)

PEC: [urp.ispra@ispra.legalmail.it](mailto:urp.ispra@ispra.legalmail.it)

[protocollo.ispra@ispra.legalmail.it](mailto:protocollo.ispra@ispra.legalmail.it)

Spett.le ARPAS – Dipartimento di Sassari

Via Rockefeller n°56/58 - 07100 Sassari

PEC: [arpas@pec.arpa.sardegna.it](mailto:arpas@pec.arpa.sardegna.it)

E, p.c. Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio  
e del Mare

Direzione Generale per le Valutazioni Ambientali

Divisione II - Sistemi di Valutazione Ambientale

Via Cristoforo Colombo 44 - 00147 Roma

PEC: [DGSalvanguardia.Ambientale@PEC.minambiente.it](mailto:DGSalvanguardia.Ambientale@PEC.minambiente.it)

**Oggetto: Programmazione Attuativa Regionale FSC 2007/2013. Linea di azione 6.1.2. A.1 Adeguamento delle infrastrutture portuali di rilievo nazionale. Hub portuale di Porto Torres. Convenzione 9 del 7.11.2013.**

**Appalto della progettazione definitiva ed esecutiva sulla base del progetto preliminare e per la realizzazione dei lavori per il prolungamento dell’antemurale di ponente e della resecazione della banchina alti fondali del porto civico di Porto Torres. CUP B21G11000040001**

Relativamente al progetto in oggetto, l’estensore del parere del CTVIA n. 2523 del 20.10.2017 e del Decreto VIA 35/2018, pongono in risalto l’opportunità di effettuare il trapianto a zolle delle piante di **posidonia in salute** nelle aree indicate negli elaborati di progetto e nei documenti di monitoraggio Ante Operam.



In particolare, nella prescrizione n. 5 del citato Decreto VIA 35/2018, si prevede che l'AdSP del mare di Sardegna rediga uno studio di dettaglio sia per l'esatta definizione delle aree di reimpianto della Posidonia, sia per chiarire le modalità di gestione del materiale asportato (contenente talli di Caulerpa), nonché la compatibilità del sedimento contenuto nelle matte asportate con il sito di destinazione, completo di piano di monitoraggio e sua attuazione.

Gli Enti coinvolti alla verifica di ottemperanza e controllo sull'attuazione di tale studio sono l'ISPRA e l'ARPAS.

Per ottemperare a tale prescrizione, l'AdSP ha realizzato, nelle diverse fasi progettuali tecnico – amministrative, appositi studi, progetti e monitoraggi.

La relazione studio allegata alla presente, a supporto del progetto, è stata sviluppata in ottemperanza alla prescrizione n.5.

Le analisi ambientali sono state concentrate soprattutto nell'area soggetta alla posa dei cassoni utilizzati per la costruzione del molo e nella 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.

Occorre evidenziare che i risultati delle analisi compiute nelle indagini evidenziano in modo chiaro ed esaustivo l'estesa dimensione della componente a matte morta, evidenziandone il decadimento della vegetazione nel fondale, la presenza di un manto vegetale in condizione piuttosto precaria, che la prateria a P. oceanica mostra una bassa densità di ciuffi e la presenza dell'alga invasiva C. cylindracea.

Non meno severo è il giudizio della relazione allegata che, a pag. 17, evidenzia una condizione di prateria molto disturbata.

Un altro aspetto significativo che emerge dalle prospezioni in situ, è la forte discontinuità presente nella matte, che rimarca la fase regressiva del posidonieto la cui copertura media è del 31% e si presenta con ampie zone libere colonizzate da Caulerpa proliferata e da turf algale.

La possibilità di attecchimento e la percentuale di riuscita dell'operazione di espianto e reimpianto della posidonia oceanica in salute è molto bassa, pertanto, nel caso di una



prateria di posidonia molto disturbata e in sintesi non in salute, il trapianto ha una bassissima possibilità di riuscita.

Atteso che l'operazione di espianto e reimpianto della posidonia oceanica ha un costo di circa € 1.590.197,40, l'AdSP del Mare di Sardegna ritiene, per quanto precedentemente esposto, non giustificabile l'esborso economico per una attività di espianto e reimpianto di una **prateria di posidonia molto disturbata**, il cui successo tecnico scientifico non presenta consolidate evidenze ed esperienze nel panorama marittimo italiano.

Per il motivo suesposto questo Ente intende, salvo diverso avviso degli Enti coinvolti alla verifica di ottemperanza e controllo sull'attuazione di tale studio, non procedere al trapianto delle zolle di **posidonia oceanica** dando corso all'attuazione delle opere con lo smaltimento del posedoniato secondo legge.

Al riguardo si prega tuttavia di fornire cortese ed urgente riscontro, avendo questo Ente già provveduto alla consegna dei lavori.

Il Dirigente della DTN

Ing. Alessandro Meloni (\*)

Firmato digitalmente da  
**Alessandro Meloni**  
CN = Alessandro Meloni  
O = Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sardegna  
T = Dirigente  
C = IT

**Il Presidente**

**Prof. Avv. Massimo DEIANA (\*)**

Firmato digitalmente da

**MASSIMO DEIANA**

O = AUTORITA' DI SISTEMA PORTUALE DEL MARE DI SARDEGNA

(\*) documento firmato digitalmente ai sensi del D.Lgs. 82/2005 s.m.i.



**Adeguamento tecnico-funzionale al Piano Regolatore Portuale  
del porto civico di Porto Torres prolungamento  
dell'antemurale di ponente e resecazione banchina alti fondali,  
in ottemperanza alle richieste del decreto VIA 0000035 del  
06/02/2018 relativamente alle prescrizioni del MATTM n. 5  
e n.6**

**Relazione a cura di:**

**SEA LIVES**

**VIA GRAMSCI 42  
07100 SASSARI**

**GRUPPO DI LAVORO**

Prof. Andrea Cossu

Prof. Vincenzo Pascucci

dott. Mario De Luca

**Per la fauna ittica:** Prof. Paolo Guidetti

<b>Rev.</b>	1
<b>Versione</b>	Emissione1
<b>Redatto</b>	Cossu/Pascucci/De Luca
<b>Verificato</b>	Cossu/Pascucci/De Luca
<b>Approvato</b>	Cossu/Pascucci/De Luca
<b>Data</b>	29/03/2019

## **INDICE**

<b>Premessa</b> .....	1
<b>Introduzione</b> .....	3
✓ <i>Posidonia oceanica</i> .....	3
✓ <i>Area di studio</i> .....	5
<b>Analisi pregresse</b> .....	7
✓ <i>Cartografia Ministero-Distribuzione P. oceanica in Sardegna</i> .....	7
✓ <i>Caratterizzazione ambientale dei fondali marini nelle acque antistanti la diga di sopraflutto del Porto civico di Porto Torres</i> .....	7
✓ <i>Relazione geotecnica</i> .....	8
✓ <i>Relazione meteomarina</i> .....	9
✓ <i>Relazione Cassiopea (2016)</i> .....	11
<b>Realizzazione del nuovo studio</b> .....	18
<b>Metodi utilizzati</b> .....	18
<b>Risultati prescrizione n.5</b> .....	21
<b>Modalità di gestione del materiale asportato (contenente talli di Caulerpa)</b> .....	27
<b>Compatibilità del sedimento contenuto nelle matte asportate con il sito di destinazione</b> .....	29
<b>Considerazioni conclusive</b> .....	33
<b>Tecnica di trapianto con zolle estratte da benna 4m<sup>2</sup></b> .....	33
<b>Riforestazione con tecniche sperimentali</b> .....	35
<b>Piano di monitoraggio prescrizione n.5</b> .....	37
<b>Risultati prescrizione n.6</b> .....	40
<b>Piano di monitoraggio prescrizione n.6</b> .....	46
<b>Piano di monitoraggio fauna ittica</b> .....	49
<b>Bibliografia</b> .....	52
<b>Allegati</b> .....	53

## **PREMESSA**

La presente relazione è rivolta alla realizzazione dell'opera *Adeguamento tecnico-funzionale al Piano Regolatore Portuale del porto civico di Porto Torres Prolungamento dell'antemurale di ponente e resecazione banchina alti fondali*, in ottemperanza alle richieste del decreto VIA 0000035 del 06/02/2018 relativamente alle prescrizioni del MATTM n. 5 e n.6 di seguito descritte:

**Prescrizione n.5:** *presentazione al MATTM dello studio di dettaglio sia per l'esatta definizione delle aree di reimpianto della Posidonia, sia per chiarire le modalità di gestione del materiale asportato (contenente talli di Caulerpa) e la compatibilità del sedimento contenuto nelle matte asportate con il sito di destinazione completo di piano di monitoraggio e sua attuazione.*

**Prescrizione n.6:** *Concordamento con Area Marina Protetta Isola Asinara dell'esatto posizionamento dei dissuasori antistrascico e del Piano di Monitoraggio delle risorse ittiche e dei fondali, che dovrà essere avviato durante lo studio per il posizionamento di dissuasori e proseguito dopo il posizionamento delle strutture. Le attività di monitoraggio dovranno comprendere il monitoraggio del posidonieto che si intende salvaguardare secondo transetti, durata, cadenza e modalità con Ente parco Asinara e dovranno proseguire per almeno 5 anni dal completamento delle attività di posizionamento delle strutture; Il PMA dovrà essere presentato al MATTM prima dell'avvio delle attività di cantiere.*

Tale lavoro commissionato dalla Sales S.P.A, (*Società incaricata dall'Autorità Portuale del Nord Sardegna a realizzare l'opera*), alla Sealives, con lettera di incarico (ODA n. 33790 del 18/12/2018) è stato realizzato sotto la responsabilità dei Prof.i Andrea Cossu e Vincenzo Pascucci e del Dott. Mario De Luca in collaborazione con il personale della società Sealives.

## **Il presente studio si è articolato:**

- ***Analisi 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
  - 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 - Cassiopea sas - 2016
  - 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 meteomarino - De Girolamo P., 2012
  
- ***Realizzazione del nuovo studio con:***
  - Tracciati Side Scan Sonar dell'area in esame.
  - Rilievi ROV
  - Verità a mare tramite operatori subacquei (OTS) nelle aree principali rilevate sulla base dei punti precedenti.
  - Analisi di sedimenti nell'area di espianto e di reimpianto tramite operatori subacquei (OTS)

## **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.

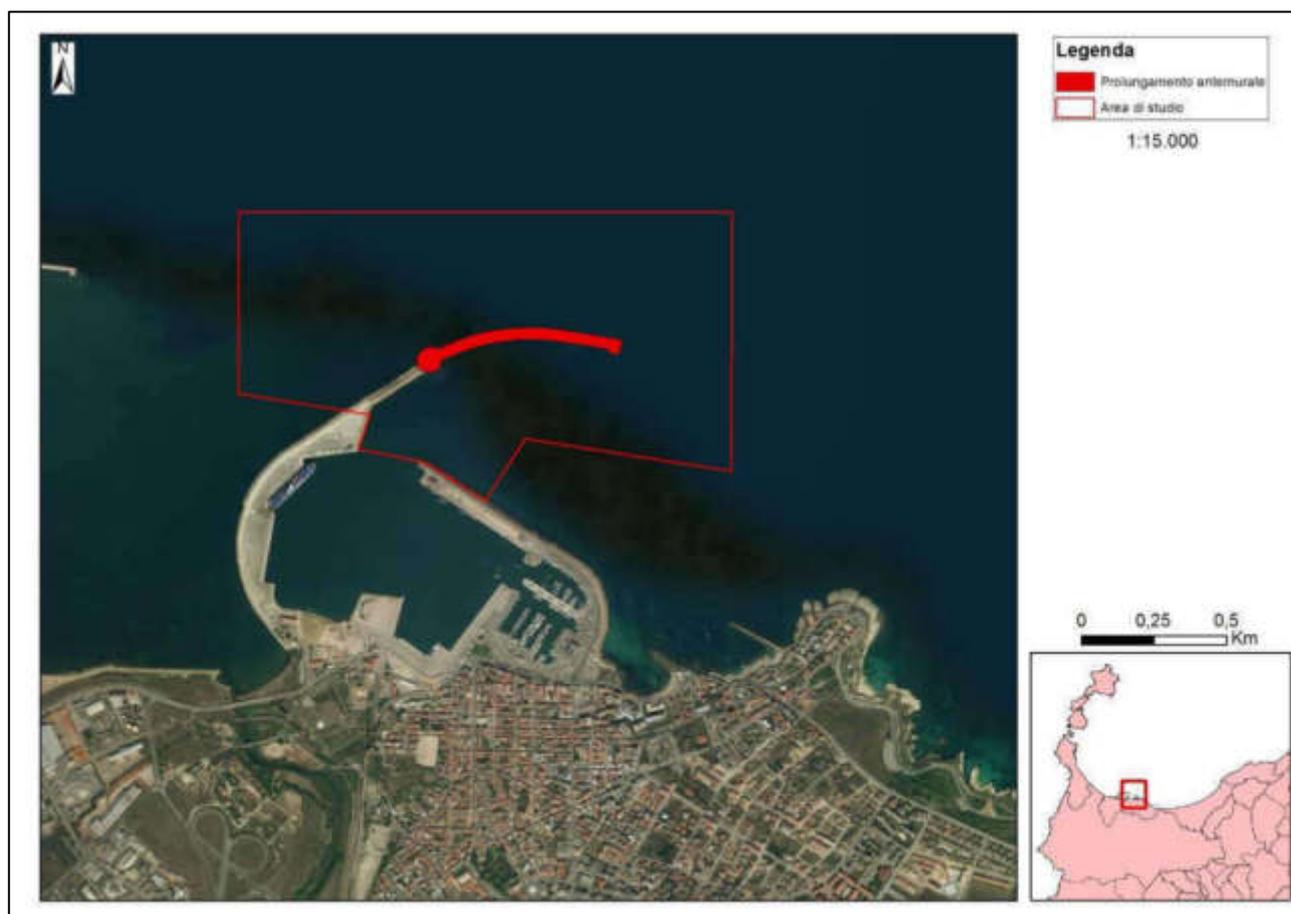
*P. oceanica* è estremamente sensibile a tutte le variazioni ambientali e scompare a causa dell'inquinamento; per questo motivo risulta essere un eccellente bioindicatore. Le principali cause di regressione delle praterie sono imputabili alla crescente pressione antropica sulle coste, dovuta all'immissione 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.

### Aree di studio

La prima area di studio (Fig.2) corrisponde ad una superficie di oltre 140 ha e include il molo di sopraflutto con il suo futuro prolungamento antemurale.

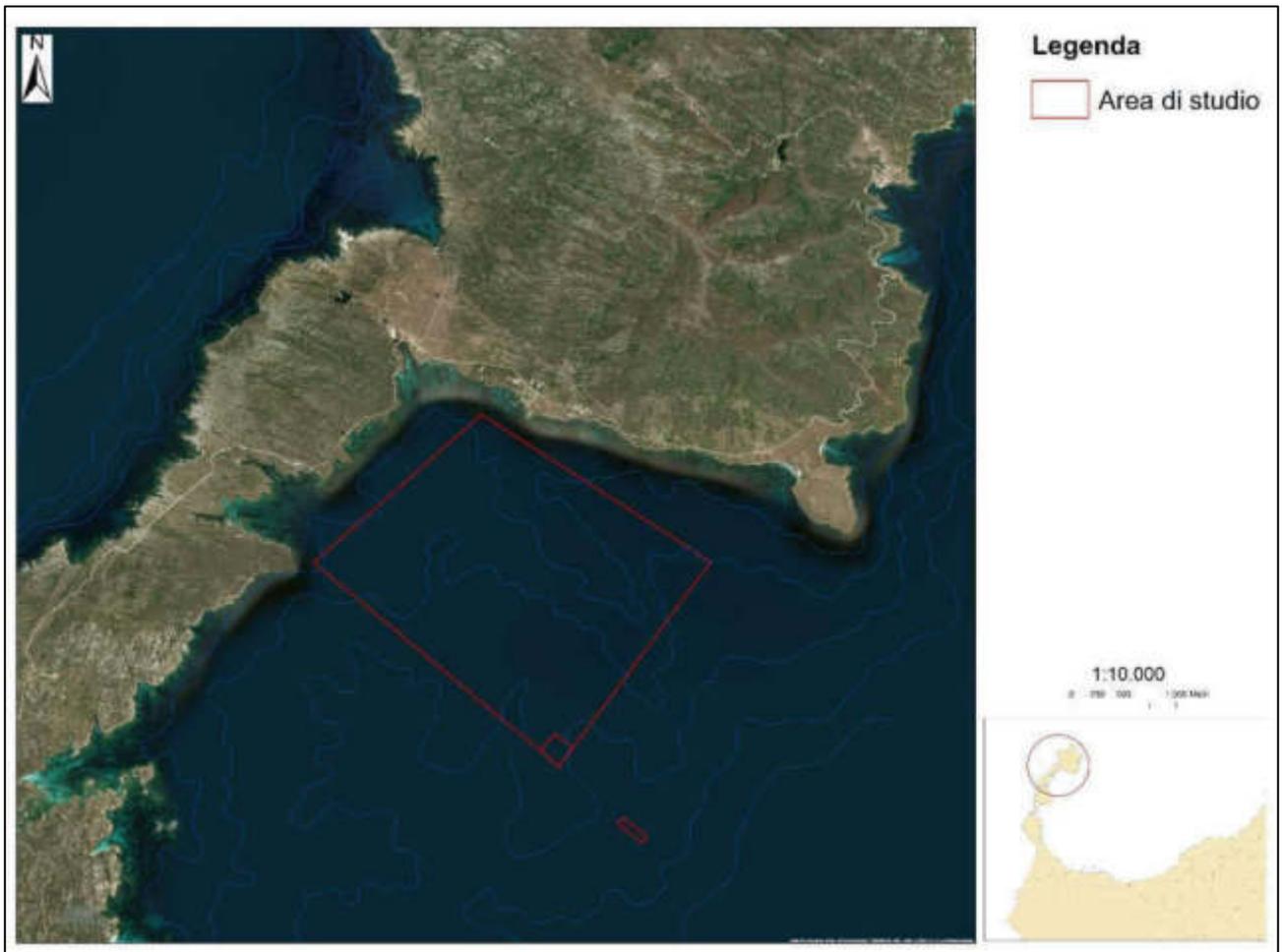
Le analisi ambientali sono state concentrate soprattutto nell'area soggetta alla posa dei cassoni utilizzati per la costruzione del molo e nella fascia di rispetto di 10 metri intorno a questa, che potrebbe risentire degli effetti causati dalle operazioni di posa in opera di materiale lapideo per la formazione dell'imbasamento cassoni.



**Figura 2** - Area di studio "Porto Torres"

La seconda area di studio (Cala Reale; Fig. 3) corrisponde ad una superficie di oltre 640 ha ed è collocata tra Punta Trabuccato e la darsena della cala omonima.

Le analisi ambientali sono state concentrate soprattutto nella zona ad alta incidenza di pesca a strascico così come indicato dall'Ente gestore.



**Figura 3** – Area di studio “AMP Asinara”

## ANALISI PREGRESSE

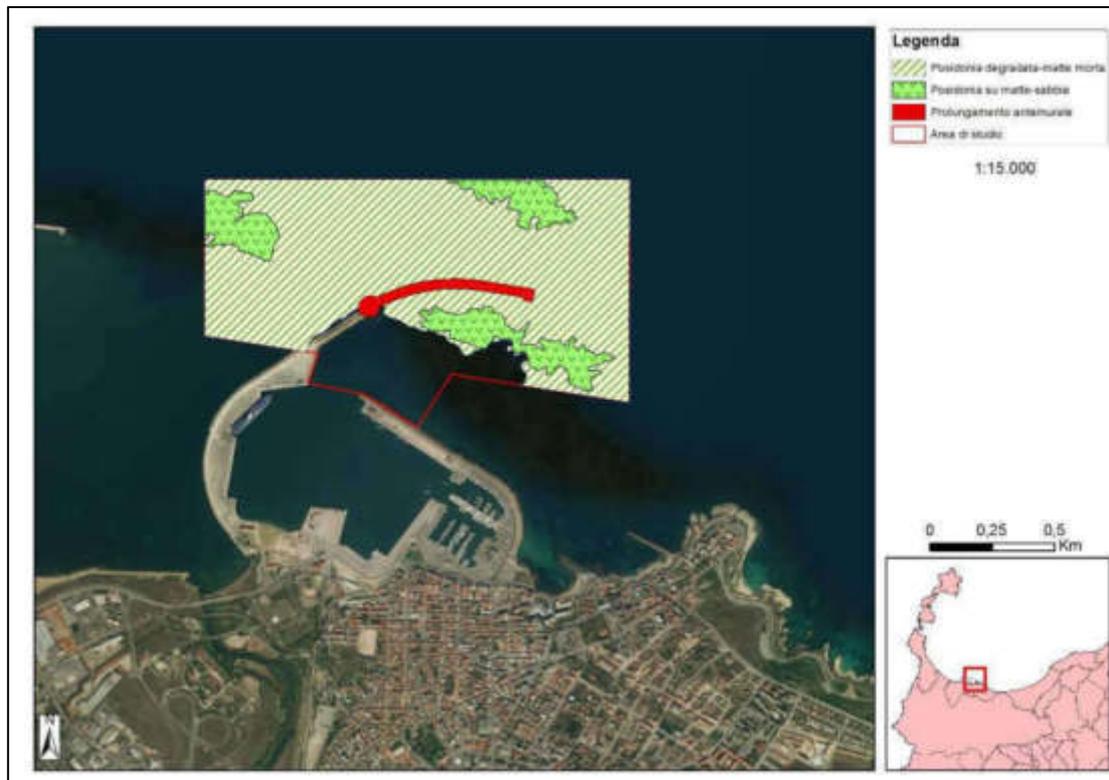
Di seguito riportate alcune considerazioni sui lavori prodotti fino al 2016 nell'area di studio pertinenti alla tematica in oggetto:

### 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. 4) così suddivisa:

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



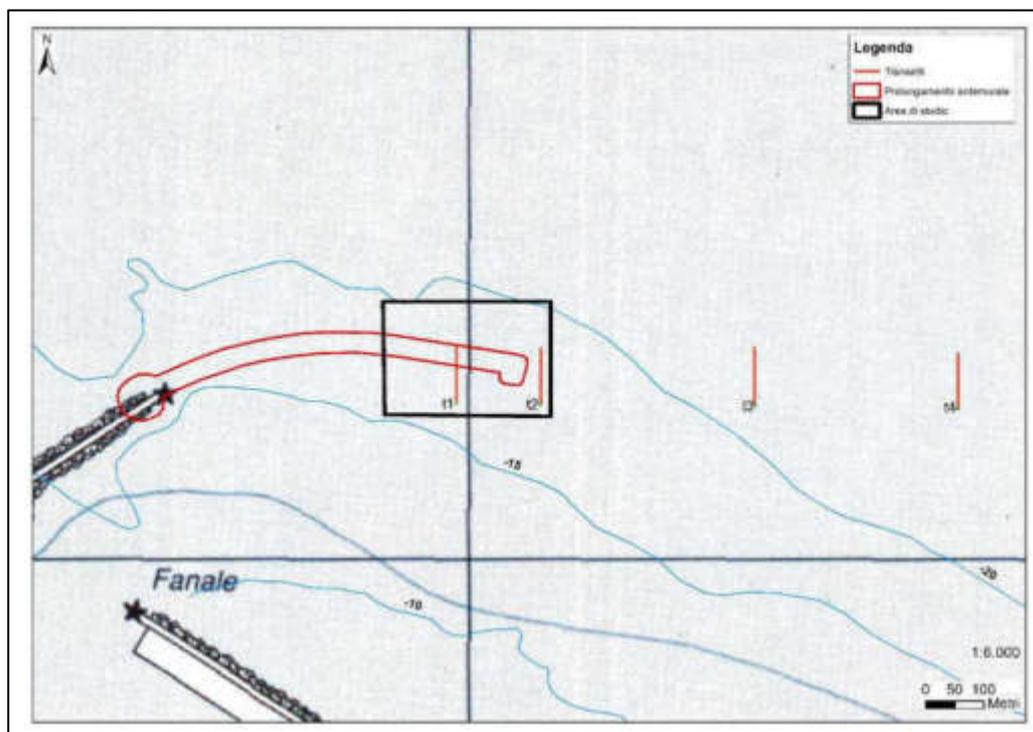
**Figura 4-** Cartografia distribuzione *Posidonia oceanica* nell'area di studio (MATTM 1999).

Si rimarca come tale cartografia sia 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 un utile complemento a macroscale. La cartografia indica la presenza

della Posidonia divisa nelle due campiture (matte morta e *Posidonia oceanica* su sabbia) e che mostrano l'estesa dimensione della componente a matte morta, evidenziandone il decadimento della vegetazione nel fondale in oggetto.

*Caratterizzazione ambientale dei fondali marini nelle acque antistanti la diga di sopraflutto del Porto civico di Porto Torres (Pragma Due 2015 – Dr. Navone)*

L'area esaminata (Fig. 5) è stata investigata con 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 N. Inoltre, sempre tramite immersioni con ARA sono state compiute 13 controlli in punti significativi o "verità a mare". Lungo i transetti sono state effettuate 6 repliche per le misure di densità ed è stata valutata la copertura del manto vegetale a *P. oceanica*. I risultati indicano nell'area di studio (riquadro nero della fig. 5) la presenza di una prateria disturbata (Pergent *et al.*, 1995). Tale giudizio emerge 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 *P. oceanica* non risulta presente mentre è stata rilevata la presenza di *Caulerpa cylindracea*.



**Figura 5** – Area di studio.

Il giudizio complessivo è di un manto vegetale in condizione piuttosto precaria; la prateria a *P. oceanica* infatti mostra una bassa densità di ciuffi e presenza dell'alga invasiva *C. cylindracea*.

### 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:

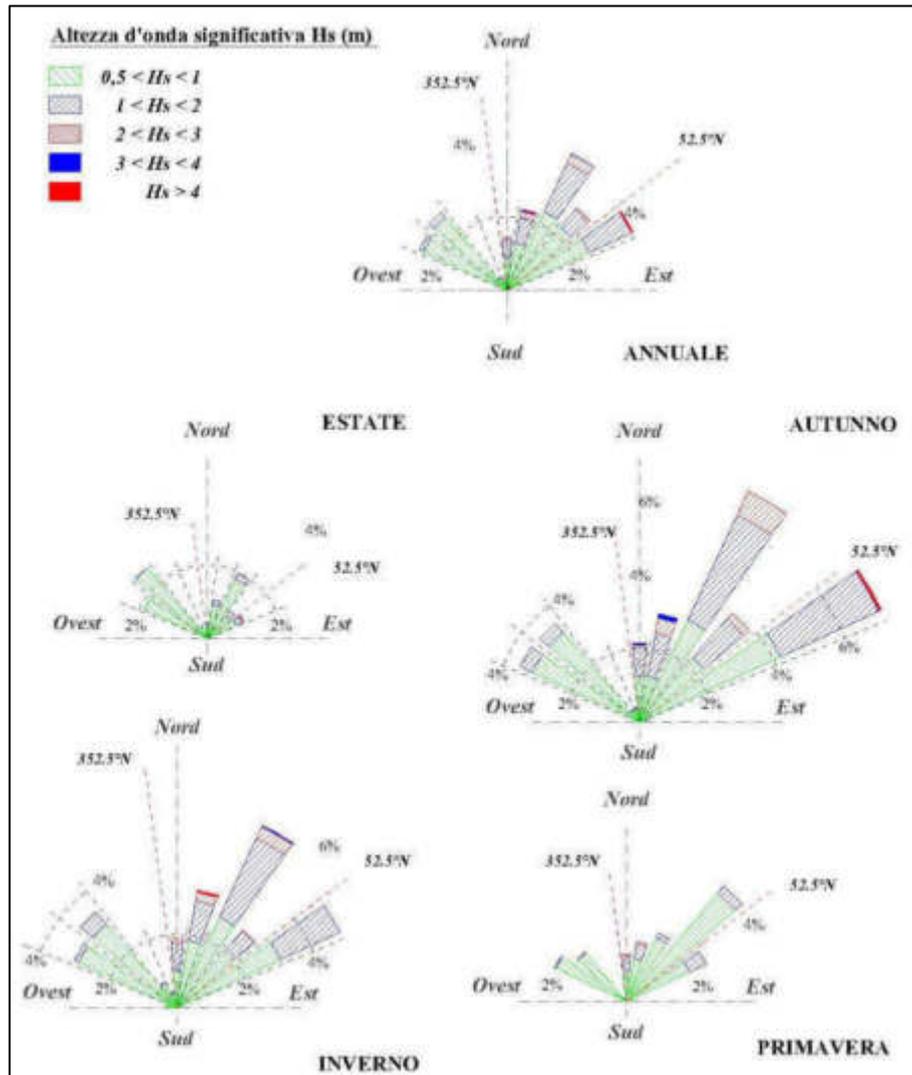
- depositi detritici sabbiosi (DS); si tratta di sabbie, da medie a grossolane, con presenza di ghiaia, conchiglie e resti algali, di spessore medio pari a 0.40 m;
- substrato calcarenitico (SC); si tratta dell'unità litoide delle calcareniti.

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. 6), 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 6** – 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).

Si precisa inoltre che le opere di espianto e reimpianto riguardano superfici che non vengono interessate dagli strati superficiali della colonna d'acqua che invece vengono coinvolti dalle correnti delle grandi masse che generano movimenti da ovest verso est che trasportano le acque provenienti dal complesso petrolifero, dalla centrale termoelettrica e dalla foce del Rio Mannu che verosimilmente non godono di condizioni ecologiche ottimali.

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 maggiore abbondanza di *P. oceanica* rispetto alla cartografia del MATTM. Tale differenza è giustificata dal maggior dettaglio della presente indagine per l'impiego di una frequenza di lettura SSS a 500mhz a fronte della vecchia cartografia eseguita a 100 mhz.

La zona interessata dalla posa del molo ammonta a circa 2,5 ha (Fig. 7) che con la fascia periferica di 10 m, assomma ad oltre 3,8 ha. Tale fascia sarà interessata dalla posa in opera del materiale lapideo. La frazione teorica di *Posidonia oceanica* che verrà asportata (Fig. 7), totalizza a **0,7** ha, che insieme alla zona buffer coinvolta dalla realizzazione del manufatto, è stimata pari a **1,1** ha totali.

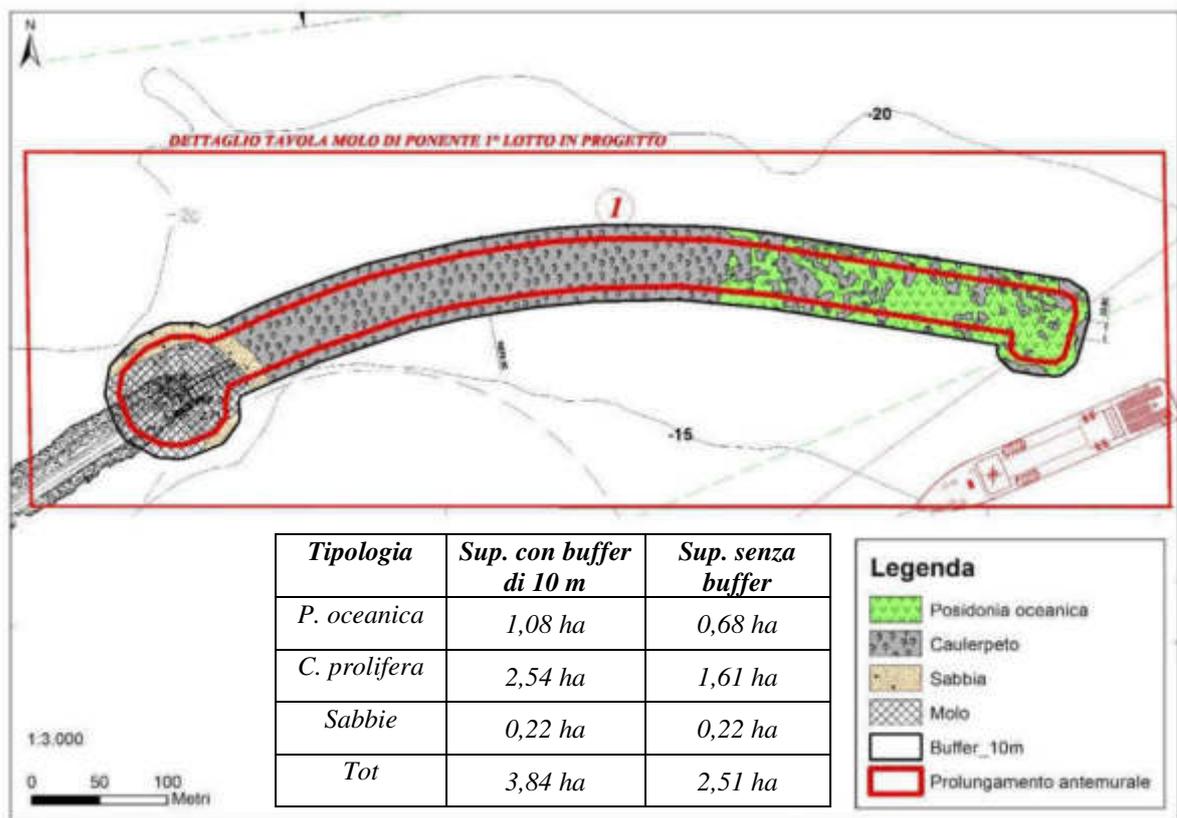


Figura 7 – Particolare dell'area interessata dalla posa dei cassoni con un buffer di 10 m di lato.

### Densità, copertura e fenologia

Si riportano di seguito i valori relativi ai descrittori strutturali caratterizzanti la prateria, indicando il relativo valore comparativo rispetto alle situazioni di normalità della formazione vegetale nelle rispettive stazioni di campionamento (Fig. 8):

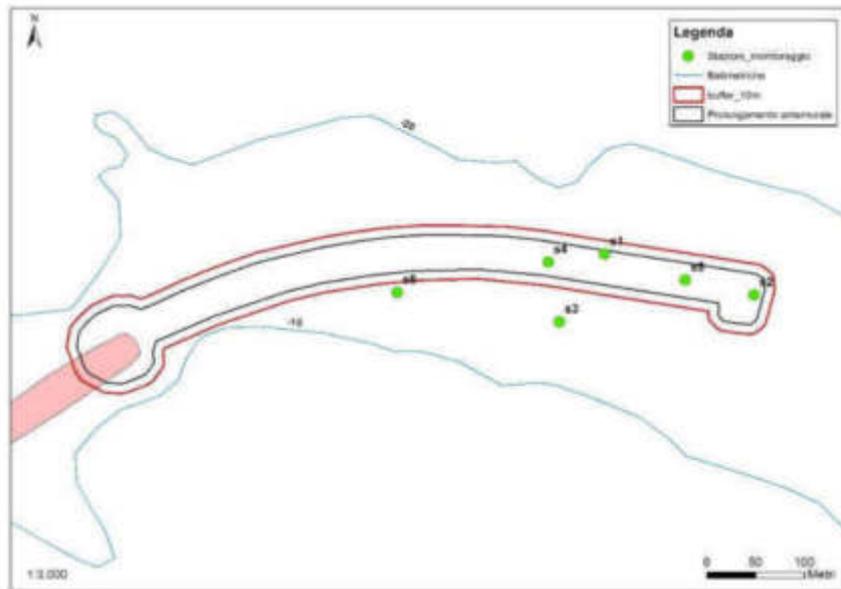


Figura 8 – Stazioni area di studio.

**-Stazione S1:** la prateria presenta valori medi di 70 ( $\pm 15.5$  sd) fasci per  $m^2$  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  $m^2$ . Il grado di copertura del fondo è del 30%.

**-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  $m^2$ . Il grado di copertura del fondo è del 25%.

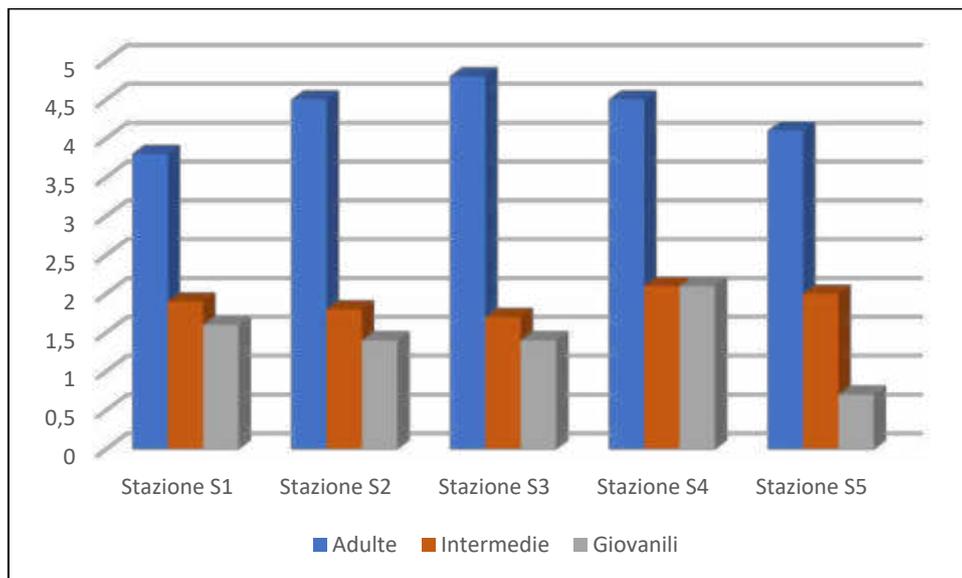
**-Stazione S4:** la prateria presenta valori medi di 46,3 ( $\pm 22.9$  sd) fasci per  $m^2$  (Tab. 1 e fig. 7) corrispondenti ad una **densità anormale**. Il grado di copertura del fondo è del 25%.

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

**-Stazione S6: Caulerpeto**

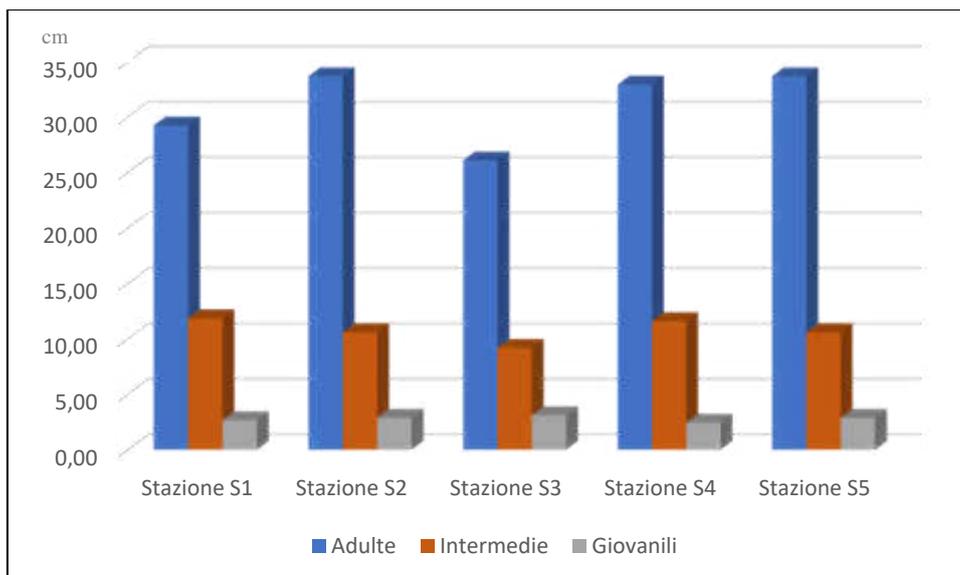
## Analisi biometriche

**- 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. 9).



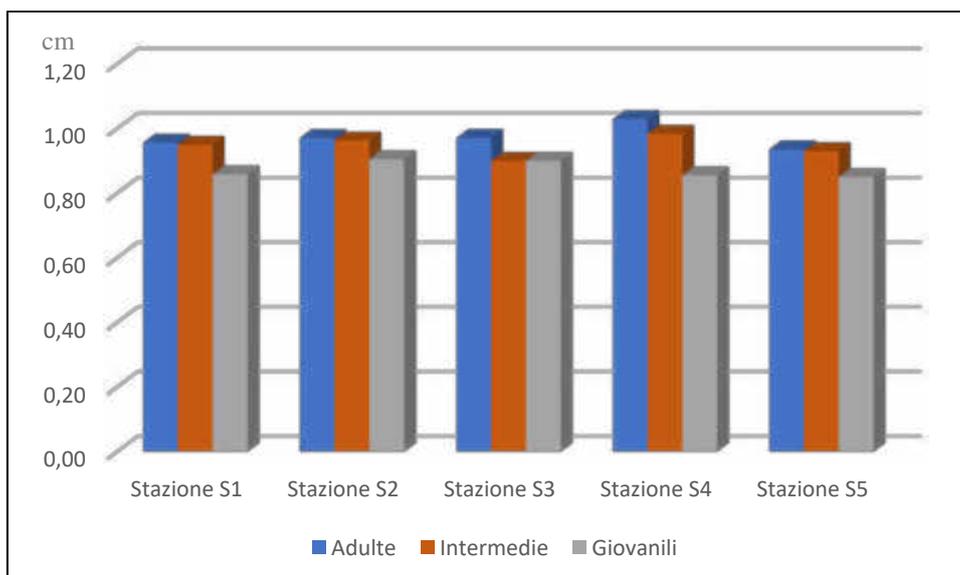
**Figura 9** - Numero medio di foglie per fascio per classe d'età.

**- 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. 10).



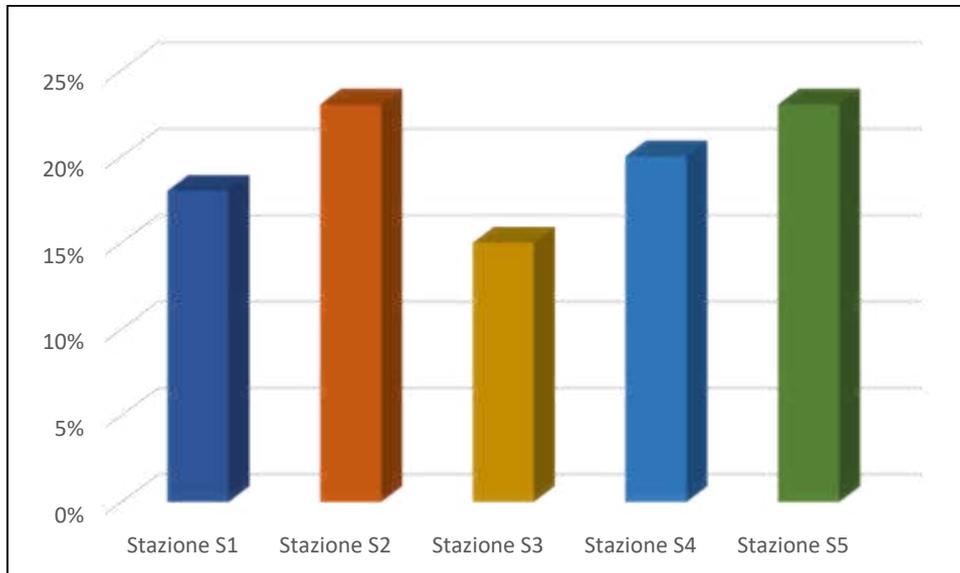
**Figura 10** - Lunghezza media delle foglie (espressa in cm) per classe d'età.

**- 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. 11).



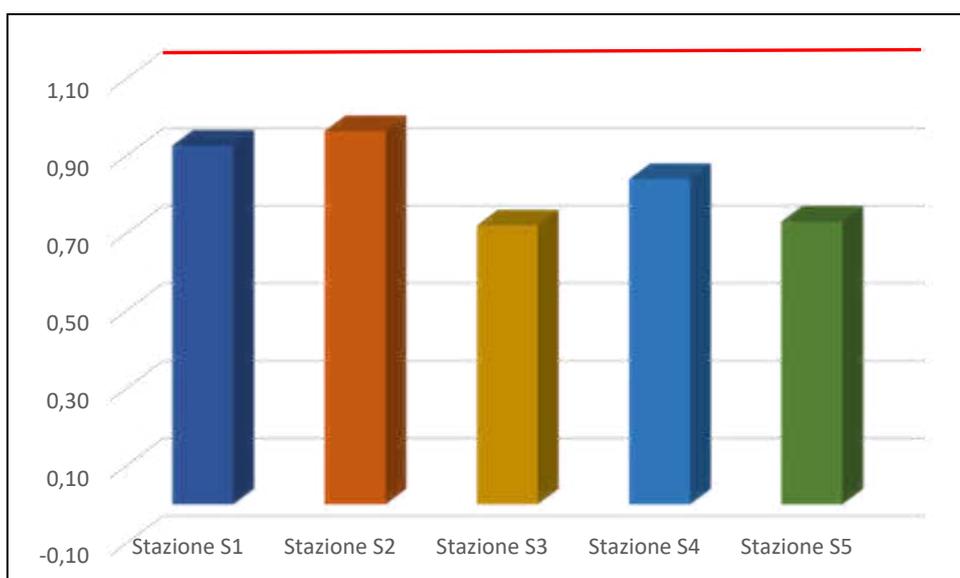
**Figura 11** - Larghezza media delle foglie (espressa in cm) per classi di età.

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. 12).



**Figura 12** - 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. 13). **Tutte le stazioni infatti mostrano valori al di sotto del valore minimo ( $1,1 m^2/m^2$ ) (Buia *et al.*, 2000) previsto per una prateria a *Posidonia oceanica* profonda in normali condizioni.**



**Figura 13** - 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.

A commento dei dati presentati si precisa che 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 qui rilevato è pari 55 ciuffi/m<sup>2</sup> denotando una condizione di ***prateria molto disturbata*** (Pergent *et al.*, 1995).

Un altro aspetto significativo che emerge dalle prospezioni in situ è la forte discontinuità 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 indicata 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.

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. Tale situazione interessa tutto il Golfo dell'Asinara e soprattutto il tratto ad est dell'insediamento industriale fino a Castelsardo. Si rimarca che l'opera in oggetto andrà ad interessare probabilmente un tratto di poco superiore ad un ha che rappresenta una frazione molto modesta della Posidonia complessiva del Golfo stimabile in **17.600 ha**.

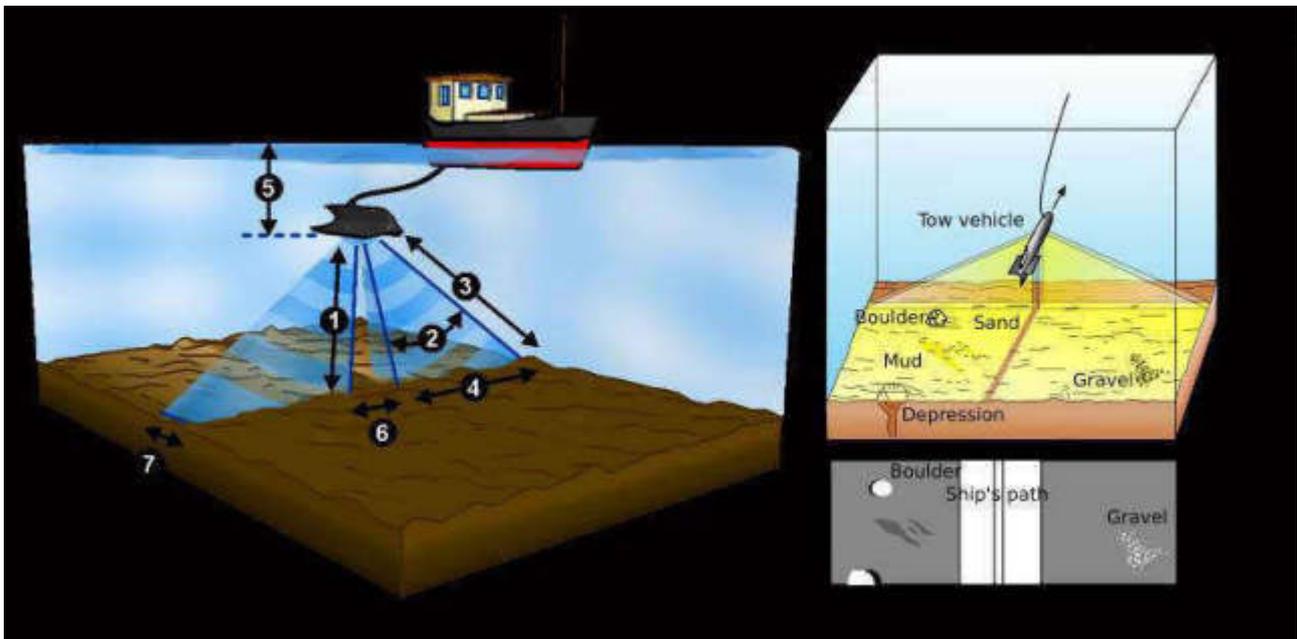
## **REALIZZAZIONE DEL NUOVO STUDIO, articolazione:**

1. Rilievo Side Scan Sonar dell'area in esame
2. Rilievo ROV dell'area in esame
3. Osservazioni con ARA nelle aree principali rilevate sulla base dei precedenti punti
4. Prelievo sedimenti per la verifica della compatibilità dei due siti (espianto e reimpianto)
5. Analisi dati
6. Stesura report

## **METODI UTILIZZATI**

### Side Scan Sonar

Il sonar per l'analisi dei fondali è del tipo a scansione laterale: Side Scan Sonar (SSS) (Fig. 14). 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 14** - 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. 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. Lo strumento utilizzato durante le campagne è del tipo KLEIN SYSTEM 3000 (Fig. 15) settato con

**Figura 15** -SSS Klein System 3000

acquisizione a 500 kHz e slate range a 150m. Tutti i dati sono stati processati tramite il software SonaPro e software GIS.

### ROV

Le riprese video sono state realizzate con un R.O.V. modello Velociraptor (Fig. 16) completo di



**Figura 16** – ROV Velociraptor

monitor e consolle di comando. Tale strumento, del peso in aria di circa 50 kg, è in grado di operare fino a 400 metri di profondità e dispone di due motori laterali per la propulsione orizzontale e di uno verticale per l'elevazione e l'inabissamento. Completano la dotazione due fari alogeni, due puntatori laser e tre telecamere, di cui una principale, una per la risalita e un'altra accessoria (modello GoPro hero 5)

in grado di realizzare filmati in HD.

*Osservazioni con ARA nelle aree principali rilevate sulla base dei precedenti punti*

*Indagini fenologiche su Posidonia oceanica*

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

Per ogni stazione sono state effettuate:

- 6 repliche per le misure di densità mediante quadrato 40 x 40cm;
- 6 repliche per la verifica della compattezza della matte mediante penetrometro;

La densità è stata rilevata attraverso il conteggio dei fasci fogliari mediante il quadrato lasciato cadere



**Figura 17:** rilievi dello spessore della matte col penetrometro.

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 6 repliche. La classificazione delle praterie è stata effettuata secondo Pergent (1995, modificata). La verifica della compattezza della matte è stata stimata mediante un penetrometro (Fig. 17), 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. Questa misurazione è stata ripetuta 6 volte per ogni stazione. La compattezza è definita come: forte (penetrazione <50 cm), media (50 cm < penetrazione <100 cm) e debole (penetrazione > 100 cm) (Francour et al., 1999).

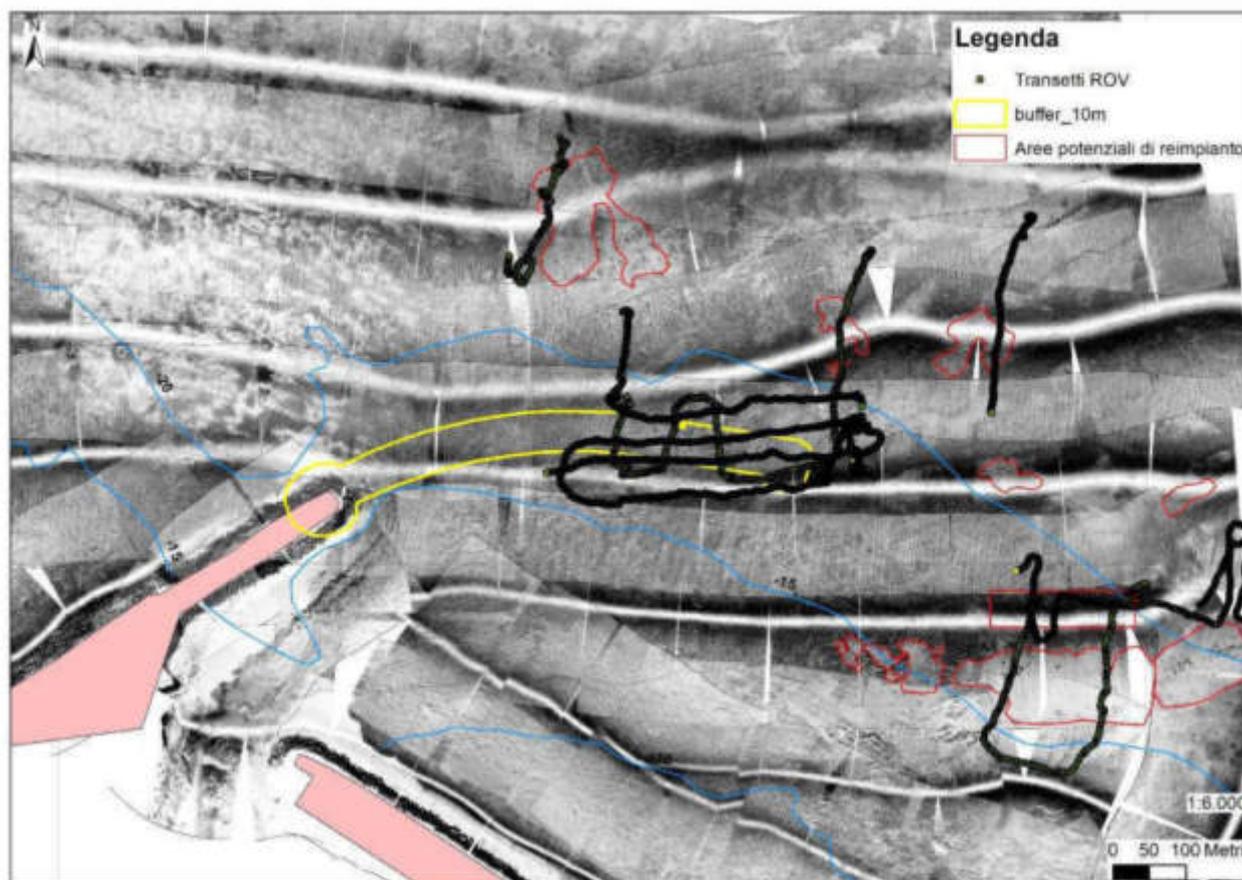
I rilievi sono stati effettuati tramite l'impiego dell'imbarcazione Luce (L.F.T 6 m) messa a disposizione dalla Società Sealives di Sassari nei mesi di gennaio e febbraio 2019.

## **RISULTATI**

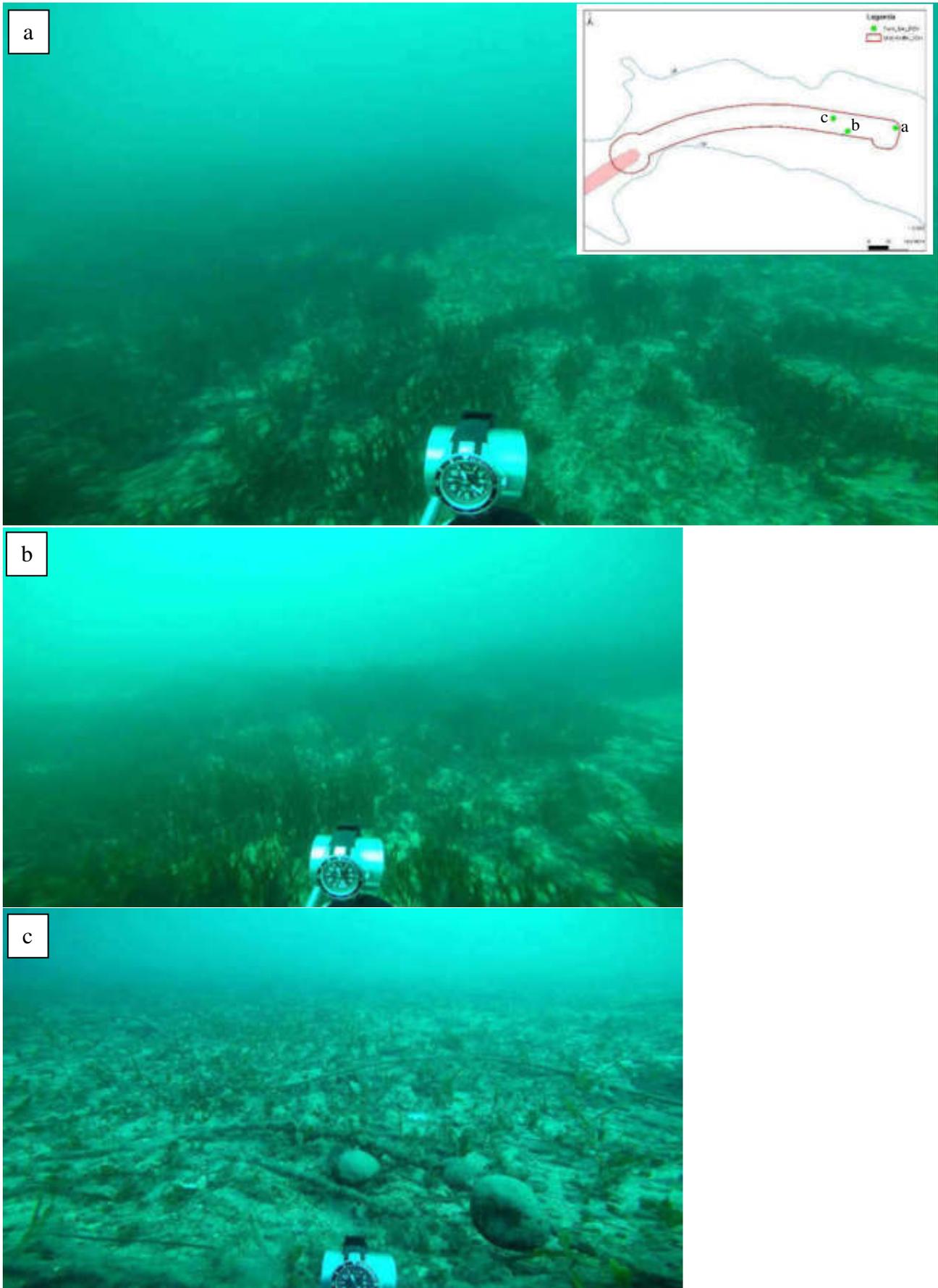
### Side Scan sonar & R.O.V.

I tracciati Side Scan sonar sono stati eseguiti su una superficie di circa 140 ha in un'area che include fondali sia a sud che a nord della diga di sopraflutto. Da questi deriva la scelta delle aree di espianto della *P. oceanica* e le possibili aree di reimpianto (Fig. 18); su tali aree sono state eseguite le verità a mare tramite video ROV in prossimità dell'area di studio.

Nelle zone di espianto nella matte si è evidenziata una forte discontinuità del manto vegetale con ampie zone a catini di sabbia con vegetazione a *Caulerpa prolifera* e *Codium fragile* ancorati a piccoli clasti e da un turf algale (Fig. 19a e 19b) in accordo con quanto già emerso dalle indagini precedenti (Cassiopea, SAS 2016). Si rimarca la presenza di *cavi d'acciaio, cime abbandonate e copertoni* che mostrano come questi fondali siano ben lontani dalla condizione di naturalità (Fig. 19c).



**Figura 18** – Mosaico Side Scan Sonar con trascetti ROV e aree potenziali di reimpianto.



**Figura 19** – a,b: forte discontinuità del manto vegetale con ampie zone a catini di sabbia con vegetazione a *Caulerpa prolifera* e *Codium fragile* - c: presenza di cavi d'acciaio

## Densità e compattezza della matre

Di seguito vengono presentati i risultati delle analisi di densità e compattezza delle matre divisi per stazione:

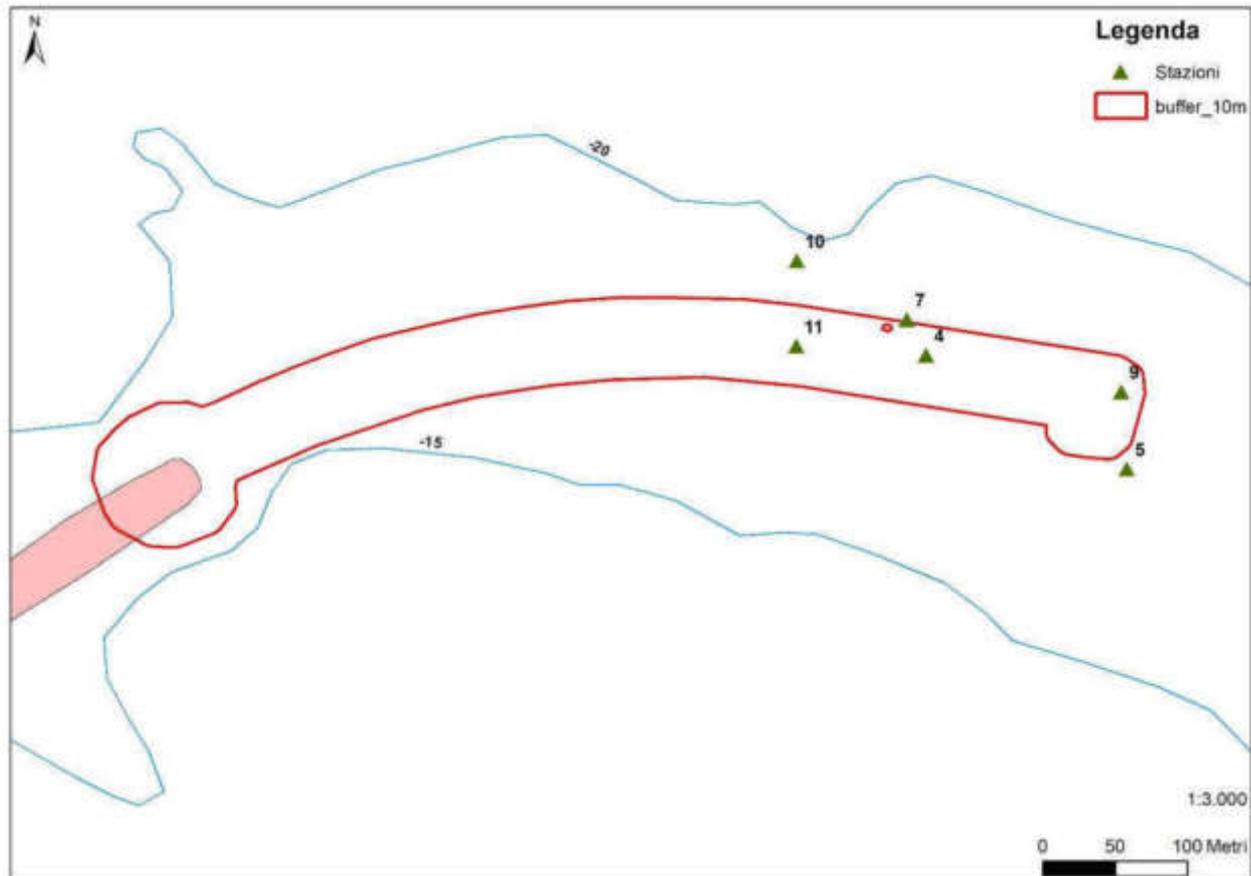


Figura 20 – Stazioni campionamento area di studio

**-Stazione 10:** la prateria presenta valori medi di  $70 (\pm 15.5 \text{ sd})$  fasci per  $\text{m}^2$  (Tab. 1 e fig. 20) corrispondenti ad una **densità bassa** secondo la classificazione della prateria di Pergent *et al.* 1995. Le verifiche della matre, sulla compattezza, effettuate con il penetrometro hanno evidenziato un livello **“forte”**.

**-Stazione 11:** i valori registrati corrispondono ad una **densità anormale**, con valori medi di  $65 (\pm 8,3 \text{ sd})$  fasci per  $\text{m}^2$ . Le verifiche della matre, sulla compattezza, effettuate con il penetrometro hanno evidenziato un livello **“forte”** (Tab. 1 e fig 20).

**-Stazione 7:** i valori registrati corrispondono ad una **densità bassa**, con valori medi di  $89,5 (\pm 24,2)$  fasci per  $\text{m}^2$ . Le verifiche della matre, sulla compattezza, effettuate con il penetrometro hanno evidenziato un livello **“medio”** (Tab. 1 e fig. 20).

**-Stazione 4:** i valori registrati corrispondono ad una *densità bassa*, con valori medi di 89,5 ( $\pm 24,2$ ) fasci per m<sup>2</sup> (Tab. 1 e fig. 20). Le verifiche della matre, sulla compattezza, effettuate con il penetrometro hanno evidenziato un livello *“forte”* (Tab. 1 e fig. 20).

**-Stazione 9:** i valori registrati corrispondono ad una *densità bassa*, con valori medi di 76,5 ( $\pm 14,2$  sd) fasci per m<sup>2</sup> (Tab. 1 e fig. 20). Le verifiche della matre, sulla compattezza, effettuate con il penetrometro hanno evidenziato un livello *“forte”* (Tab. 1 e fig. 20).

**-Stazione 5:** anche in questo caso i valori registrati corrispondono ad una *densità bassa*, con valori medi di 110 ( $\pm 14,2$  sd) fasci per m<sup>2</sup> (Tab. 1 e fig. 9). Le verifiche della matre, sulla compattezza, effettuate con il penetrometro hanno evidenziato un livello *“forte”* (Tab. 1 e fig. 20).

**Tabella 1** - densità (n. fasci/m<sup>2</sup>) e misure penetrometriche

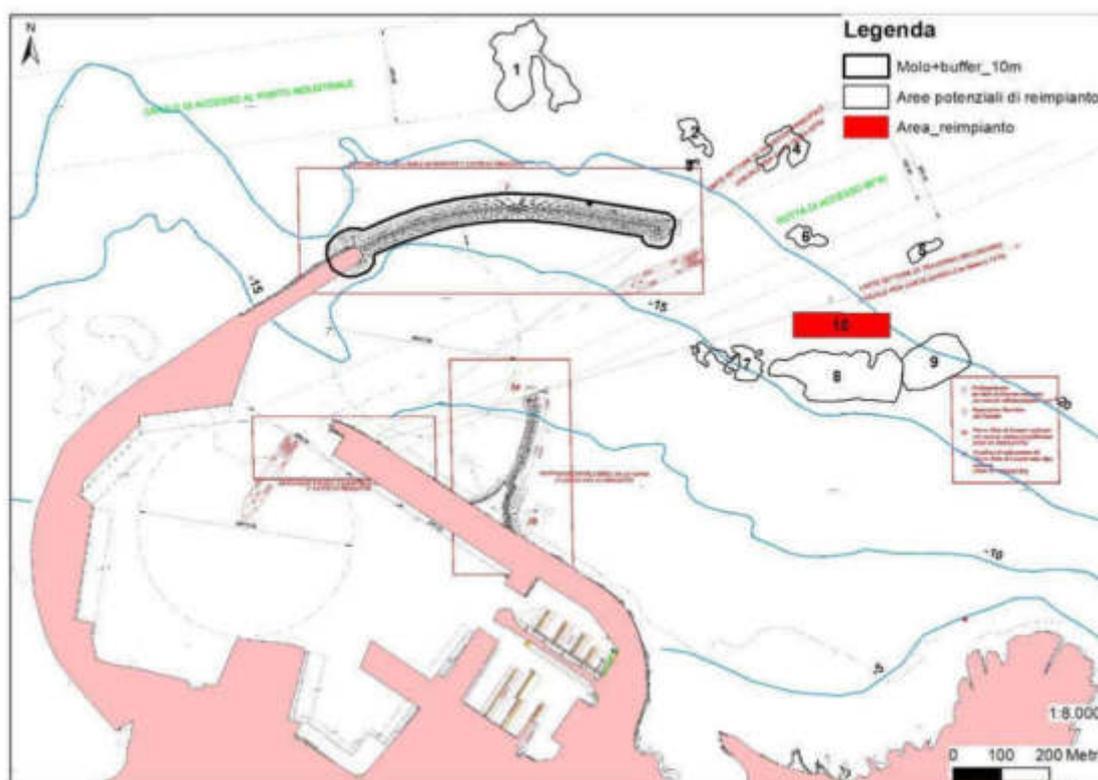
Stazione	Profondità (m)	Densità media ( $\pm$ sd)	Classificazione secondo Pergent <i>et al.</i> (1995) - ambito	Penetrometro (cm) ( $\pm$ sd)
10	20	96,8 ( $\pm 22,9$ )	61 < densità bassa < 173	30,8 ( $\pm 13$ )
11	19	65 ( $\pm 8,3$ )	74 > densità anormale	35 ( $\pm 13,6$ )
7	19	89,5 ( $\pm 24,2$ )	74 < densità bassa < 186	57,5 ( $\pm 9,3$ )
4	19	89,5 ( $\pm 17,9$ )	74 < densità bassa < 186	36,6 ( $\pm 2,8$ )
9	19	76,5 ( $\pm 14,2$ )	74 < densità bassa < 186	27,5 ( $\pm 2,8$ )
5	18,5	110 ( $\pm 14,2$ )	74 < densità bassa < 186	37,5 ( $\pm 6,9$ )

I valori di un posidonieto in condizioni di equilibrio (profondità 20 m) devono essere superiori a 173 ciuffi/m<sup>2</sup> mentre il valore medio qui rilevato è pari a 87,8 ciuffi/m<sup>2</sup> denotando una condizione di *prateria disturbata* (Pergent *et al.*, 1995).

I rilevamenti ROV e le osservazioni in ARA evidenziano la forte discontinuità del manto vegetale con ampie zone libere colonizzate da *Caulerpa prolifera*, *Codium bursa* e *Codium fragile* e da turf algali che rimarca un posidonieto in fase regressiva. Le misure penetrometriche (v. Tab. 1) indicano una migliore condizione ecologica quando la matre è meno penetrabile perché più compatta. I dati hanno evidenziato un livello di compattezza della matre *forte* (Francour, 1999) per le stazioni 10-11-4-9-5, la stazione 7 presenta un livello di compattezza *medio*. Si precisa tuttavia che i valori devono essere correlati con lo spessore della matre e la struttura del sedimento (Ceccherelli *et al.*, 2006) per esprimere una reale significatività ambientale e in questo caso devono ritenersi solo indicative della struttura del substrato.

### Area reimpianto

Le aree potenzialmente idonee al reimpianto di *Posidonia oceanica* (Fig. 21) sono state individuate dai tracciati SSS sono in numero di dieci; queste dovevano contenere le stesse caratteristiche vegetazionali, profondità e stessa struttura sedimentaria della prateria sottomarina dell'area di espianto. Su queste aree sono state fatte delle prospezioni ROV per verificare la loro effettiva idoneità. Sulla base dei dati ROV, delle batimetrie e del posizionamento delle aree rispetto alle rotte delle navi



**Figura 21** – Carta delle aree potenziali interessate al reimpianto di *P. oceanica* (1-10)

in ingresso e uscita dal Porto, si è ritenuto di selezionare l'area 10 di fig. 21 per le successive analisi di compatibilità dei sedimenti con l'area di espianto.

Tali analisi (Si veda cap. *Compatibilità del sedimento*) hanno evidenziato i valori granulometrici della zona di reimpianto simili o confrontabili con quelli della zona di espianto. Tali risultanze hanno convalidato l'area 10 (superficie:1 ha), come **idonea** al reimpianto delle zolle di *Posidonia oceanica* (Fig. 22).

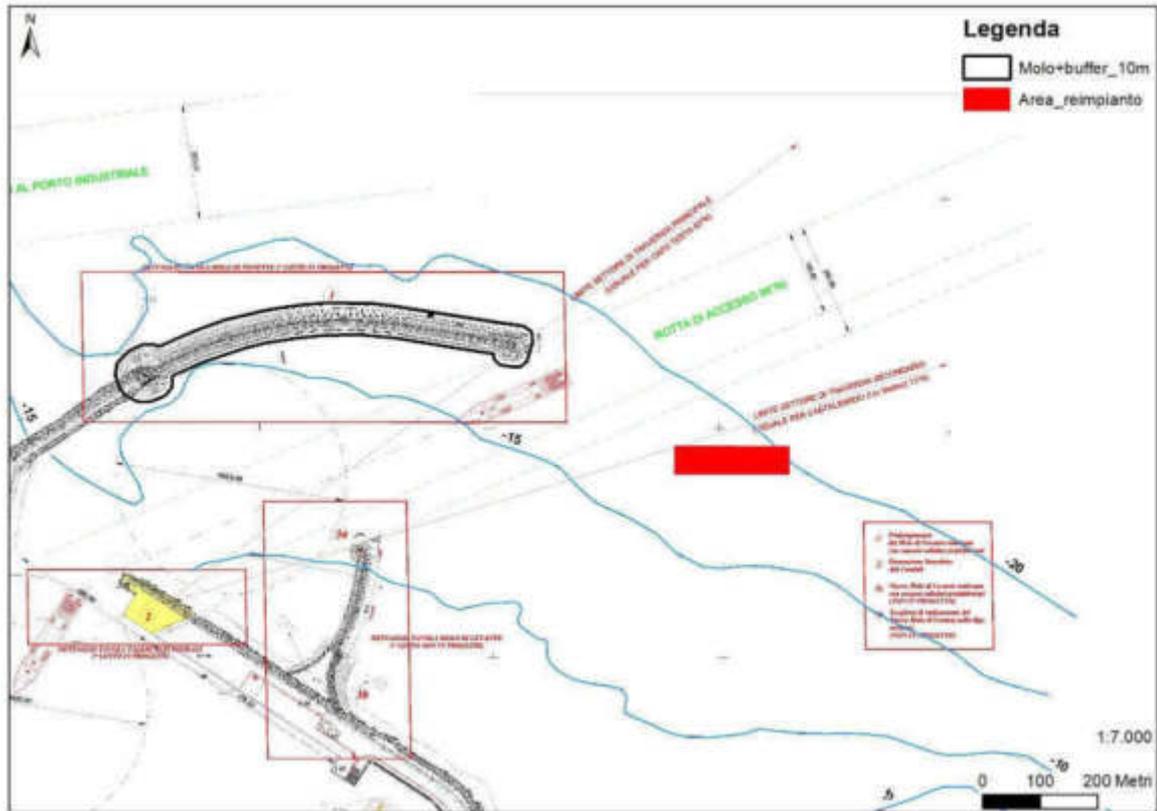
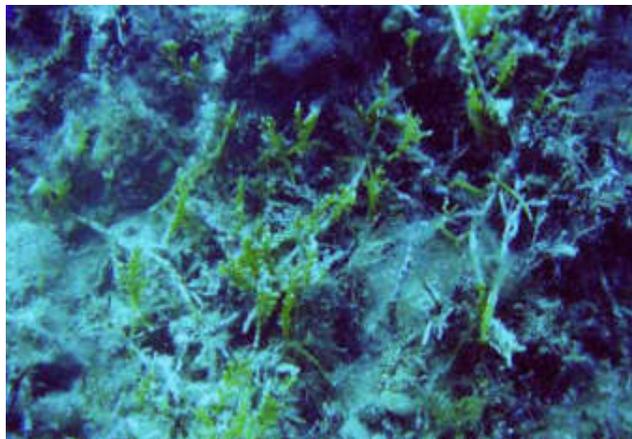


Figura 22 – Area di reimpianto delle zolle di *P. oceanica*

## **MODALITÀ DI GESTIONE DEL MATERIALE ASPORTATO (CONTENENTE TALLI DI CAULERPA)**

Durante le attività di monitoraggio in alcune delle stazioni individuate per le verità a mare è stata



**Figura 23** – *Caulerpa cylindracea*

rinvenuta la presenza dell'alga invasiva *Caulerpa cylindracea* (Fig. 23). Si tratta di un'alga di origine tropicale e ampiamente distribuita in Mar Rosso; la sua migrazione comincia nel bacino orientale del Mediterraneo e progressivamente si estende al bacino occidentale. Probabilmente la penetrazione è avvenuta per foresha 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 (Crawford *et al.*, 1972), 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 (Boudouresque *et al.*, 2006), 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

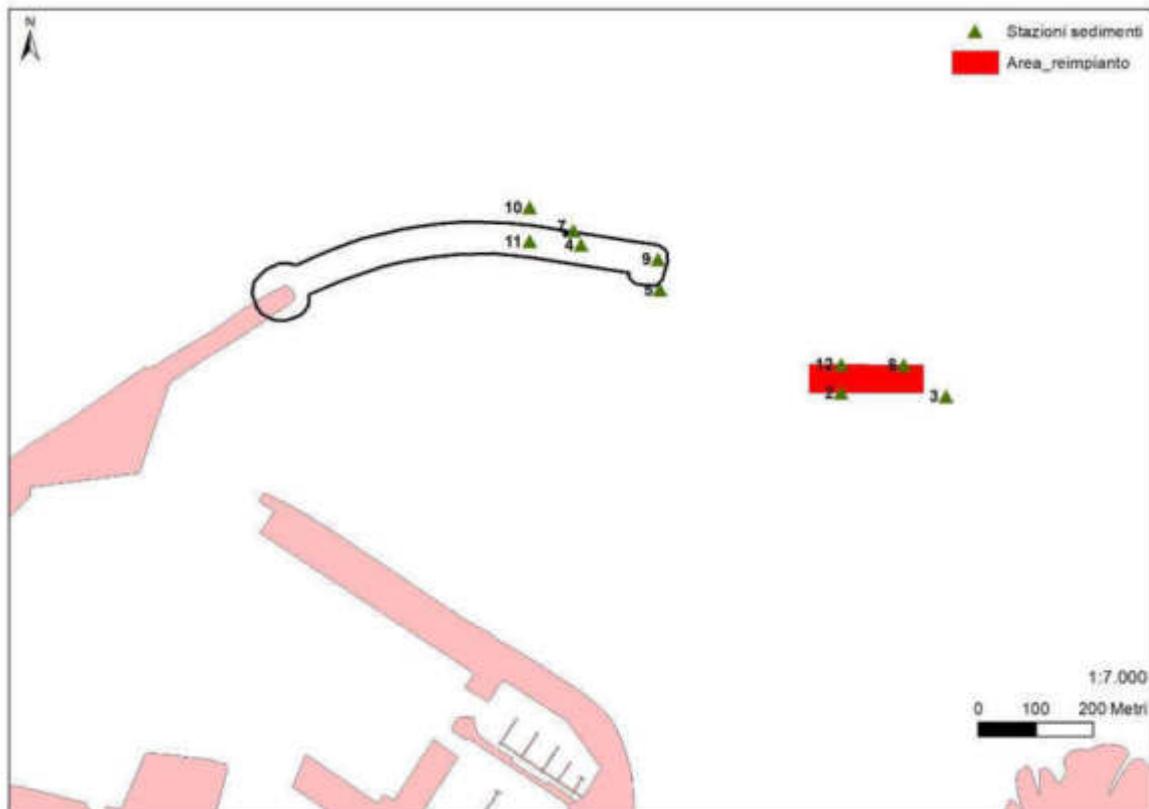
rappresentare un importante meccanismo indiretto che potrebbe contribuire a influenzare le variazioni degli stock ittici (Terlizzi *et al.*, 2011).

Perciò che attiene alle misure di contenimento del fenomeno della diffusione della specie in oggetto, si ritiene che qualsiasi azione di pulizia e eliminazione dei talli dell'alga sia inutile, perché impossibile da effettuarsi in maniera completa e totale. Infatti è sufficiente che un frammento dell'alga anche di piccole dimensioni sfugga alla selezione, che questo generi in breve tempo un tallo completo. Si sottolinea inoltre che *C. cylindracea* è ampiamente diffusa (Cossu *et al.*, 2002) in tutto il Golfo dell'Asinara confermando superflua l'operazione di pulizia.

## **COMPATIBILITÀ DEL SEDIMENTO CONTENUTO NELLE MATTE ASPORTATE CON IL SITO DI DESTINAZIONE**

### Analisi granulometriche

Sono stati analizzati 10 campioni, 6 raccolti nella zona di espianto e 4 in quella di reimpianto, per analisi composizionali e granulometriche al fine di individuare un sito di reimpianto con analoghe caratteristiche sedimentologiche a quello di espianto (Fig. 24).



**Figura 24** – Stazioni di prelievo dei sedimenti

### Metodologia di analisi

I campioni raccolti (circa 1 kg gr di materiale) sono stati quartati, lavati con acqua demineralizzata ed asciugati in forno a 80 °C per circa 24h. Successivamente sono stati setacciati con una pila di setacci (certificati in acciaio inox, rispondenti alle specifiche ASTM11/70 ed alle raccomandazioni ISO) a maglie decrescenti (di  $\frac{1}{2} \phi$  dove  $\phi$  rappresenta il  $-\log_2$  del diametro dei grani) da 11200 a 50 micron. L'analisi granulometrica è stata fatta utilizzando il programma GRADISTAT (ver. 8.0, © Copyright Simon Blott, 2000).

Area di espianto: campioni Espianto 4, 5, 7, 9, 10, 11

Tutti i campioni (ad eccezione del 9 che ha campionato solo frazione organica grossolana) presentano un'evidente biomodalità con netta separazione di una frazione ghiaiosa ed una sabbiosa. La frazione ghiaiosa può raggiungere anche il 20% in peso, di media è del 10-12%. È costituita da frammenti di rizomi di *Posidonia oceanica* uniti a formare dei gomitoli, bioclasti (frammenti di bioherme) gusci interi (o ben preservati), rari clasti carbonatici. Questa frazione detritica (classi <10-4mm, Figura 25) può essere facilmente separata dalla restante per condurre un'analisi granulometrica non influenzata da questa.



**Figura 25** - Frazione grossolana dei campioni Espianto (ESP) 4-5-11

La frazione sabbiosa è costituita da circa il 90% di sabbia, 10-7% ghiaia ed il restante fango (che non eccede mai il 3.2%). Le sabbie (classificate con il metodo di Folk & Ward) sono sia bimodali che unimodali, poco selezionati, da simmetriche a skewness (principalmente) negativo ( $0.300 \mu\text{m}$ ), da plati a mesocurtiche ( $0.88-0.98 \mu\text{m}$ ). Il diametro medio è compreso tra  $512$  e  $272 \mu\text{m}$  (sabbie medie). Il raggruppamento dei campioni (clusterizzazione) associa il 10 e l'11 (bimodale, Skewnees positivo, media  $314-273 \mu\text{m}$ ), il 4 e il 7 (bimodali, simmetrica-Skewnees negativo,  $620-365 \mu\text{m}$ ), il 5 (simmetrica, unimodale,  $512 \mu\text{m}$ ). La percentuale dei fini varia dal 10 al 20%. Sulla base di questo raggruppamento sembra esistere un trend da ovest verso est di selezione granulometrica.

I campioni sulla base delle analisi granulometriche da un punto di vista tessiturale sono delle sabbie ghiaiose e da un punto di vista sedimentologico delle sabbie grossolane con ghiaie da fini a molto fini e delle sabbie fini con ghiaie da fini a molto fini (*si veda allegati*).

Area di reimpianto: campioni reimpianto 2, 8, 3, 12

Tutti i campioni presentano una spiccata variabilità granulometrica: polimodali REI 8-3, trimodale REI 12 e bimodale REI 2. Questa variabilità è legata alla presenza di materiale organico (bioclasti,

frammenti di legno, rizomi di *Posidonia oceanica*, plastica) che caratterizza in varie percentuali le classi granulometriche più grossolane.

La separazione delle classi granulometriche superiori ai 4mm permette di definire meglio quali siano le caratteristiche sedimentologiche dei campioni dell'area di reimpianto. Non è stato possibile fare questa operazione per il campione REI 3 per l'estrema variabilità granulometrica dello stesso.

I campioni analizzati hanno una frazione sabbiosa da oltre il 90% di sabbia, ghiaia compresa tra i 6.5 e il 2.5% e fango non superiore al 2.3%. Sono per la maggior parte classificabili come sabbie grossolane con ghiaie molto fini. La granulometria media è quella delle sabbie medie (472-344  $\mu\text{m}$ ), in generale simmetrici platicurtici e poco selezionati.

I campioni sulla base delle analisi granulometriche sono: da un punto di vista tessiturale delle sabbie ghiaiose; da un punto di vista sedimentologico delle sabbie grossolane con ghiaie da fini a molto fini e delle sabbie fini con ghiaie da medie a molto fini.

#### Analogie granulometriche tra il sito di espianto e quello di reimpianto

Dai dati analizzati e sopra esposti appare che l'area dei campioni REI 2, 12, 8 sia la più simile a quella dell'espianto. Tutti i campioni hanno il picco massimo di granulometria nel campo delle sabbie medie (344-472  $\mu\text{m}$ ) al limite con quelle grossolane, fatta eccezione per il campione REI 12 che ha delle percentuali leggermente diverse, il contenuto di sabbia è circa il 17% del totale. Fatta eccezione per il campione REI 8, sono tutte simmetriche da moderatamente a poco selezionate.

#### Conclusioni

I valori granulometrici della zona di reimpianto (REI 2, 12, 8) sono pertanto simili e confrontabili con quelli della zona di espianto. L'area del campione REI 3 appare granulometricamente troppo variabile per essere confrontata.

L'analisi composizionale condotta sul campione 12 ha messo le seguenti caratteristiche:

Frazione ghiaiosa 2-10mm: costituita da circa il 80% da frammenti (o organismi interi) di bioclasti, abbondanti frammenti di legno, 5-10% di clasti essenzialmente quarzo e litici metamorfici, 1-2% micro plastiche. Tra i bioclasti diffusi son i frammenti di accumuli di alghe rosse e/o melobesie riconducibili al coralligeno.

*Frazione sabbiosa molto grossolana 1-2 mm.* È costituita da 15-20% di grani litici e 85-80% di bioclasti. Tra i litici il quarzo è il più frequente, secondari i metamorfici e i carbonatici. Presenti frammenti di legno e microplastiche.

*Frazione sabbiosa grossolana 1-0.5mm.* E' costituita da 40% di grani litici (quarzo e metamorfico) ed il restante da bioclasti.

*Frazione sabbiosa media 0.5- 0.25mm.* E' costituita da 40% di grani litici (quarzo e metamorfico) ed il restante da bioclasti. I grani sono tutti ben arrotondati.

*Frazione sabbiosa fine 0.250-0.125mm.* E' costituita da 50-60% di grani litici (quarzo e metamorfico) ed il restante da bioclasti. I grani sono tutti ben arrotondati.

*Frazione sabbiosa molto fine 0.125-0.63.* E' costituita da 60% di grani litici (quarzo e metamorfico) ed il restante da bioclasti. I grani sono tutti ben arrotondati.

Fango. >0.63 mm. E' costituita da 60% di grani litici (quarzo e metamorfico) ed il restante da bioclasti. I grani sono tutti ben arrotondati.

La componente grossolana delle sabbia è ***indice di discrete correnti di fondo*** in grado di trasportare grani litici dall'area sorgente (verosimilmente l'area di Fiume santo e Stintino) fino alla zona di Porto Torres. La particolare abbondanza di bioclasti documenta la presenza di una prateria di *Posidonia oceanica* attiva e in grado di fornire questa componente al sedimento. Non sono da escludere zone di accumulo temporaneo di questi sedimenti come campi di megaripple e/o dune subacquee.

La presenza diffusa di legno indica apporti fluviali non lontani dall'area di deposizione delle sabbie.

## **CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE**

Il posidonieto dell'area portuale di Porto Torres mostra una superficie ampia ma tutti i dati rilevati indicano una forte compromissione dello stesso, verosimilmente dovuto alla presenza di fattori di stress generati dall'area industriale, dal porto e dalla città. I dati relativi alle analisi dei sedimenti indicano che il loro spessore non supera un metro. È quindi ipotizzabile che la benna non sempre riesca a estrarre delle zolle con compattezza sufficiente al reimpianto, soprattutto in quelle aree dove il posidonieto presenta bassa densità. Onde utilizzare comunque i rizomi delle zolle non idonee al reimpianto, **si propone una sperimentazione con nuovi sistemi di trapianto per valutare la loro idoneità ed efficacia nell'opera di restauro ambientale nei fondali situati in prossimità di P. Torres.** Si rimarca che tali sperimentazioni non rallenteranno le varie fasi di cantiere per la realizzazione dell'opera.

### **TECNICA DI TRAPIANTO CON ZOLLE ESTRATTE DA BENNA (4m<sup>2</sup>)**

Verrà utilizzata una metodologia sperimentale, impiegata in prossimità del Porto di Piombino nel 2014, che consiste nell'espianco di zolle (Fig. 26) tramite apposita benna e posa in radure prossimali dove le condizioni ambientali sono le stesse dell'area d'espianco.



**Figura 26** – Zolla di *Posidonia oceanica* di 4 m<sup>2</sup> di superficie (da relazione Bedini 2014)

In via preliminare sarà necessario investigare l'area di espianco 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 espianare ammonta a circa 0,7 ha ed è posta nella parte terminale della nuova opera. La frammentarietà della matre 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. 27). Successivamente, le zolle verranno trasferite nell'area di posa.



**Figura 27** – Benna bivalve idraulica (da relazione Bedini 2014)

## ***RIFORESTAZIONE CON TECNICHE SPERIMENTALI***

Il progetto si colloca nell'ambito dello sviluppo di tecniche innovative di trapianto di *Posidonia oceanica* ed è finalizzato al riutilizzo dei rizomi delle zolle che risulteranno non idonee al reimpianto (si veda il paragrafo Considerazione conclusive a pag 33).

Avrà come obiettivi specifici:

- valutare l'idoneità all'accrescimento di *Posidonia oceanica* di aree situate in prossimità di Porto Torres nell'ottica di futuri programmi di ripristino ambientale nel Golfo dell'Asinara
- testare l'efficacia di differenti tecniche di trapianto
- comparare l'efficacia dell'utilizzo di materiali di ancoraggio biodegradabili con quella di materiali già utilizzati in precedenti progetti di reimpianto

### *Descrizione dell'intervento*

Si prevede di effettuare il trapianto in due aree di circa 400 m<sup>2</sup> situate alla profondità di 20 m a distanza crescente dal centro abitato di Porto Torres: la prima prossimale al centro abitato e la seconda a circa 3 miglia a est (Fig. 28). La scelta del metodo ha come obiettivo di valutare se *Posidonia oceanica* abbia un qualche capacità di attecchimento e crescita in tali aree. Infatti, le zone scelte sono caratterizzate da un'ampia superficie di matte morta, che ne indica la sua presenza in un recente passato ma anche la sua scomparsa. La verifica dell'idoneità del sito al tempo attuale rappresenta il requisito fondamentale per futuri programmi che prevedono azioni di ripristino della prateria con una buona possibilità di successo.

*Metodo:* In ogni area saranno utilizzate due differenti tecniche di ancoraggio dei rizomi al substrato: 1) con geostuoie Macmat R; 2) geotessuti biodegradabili.

- 1) Le strutture "Macmat R", con geostuoia tridimensionale e rete metallica a doppia torsione (1 m × 1 m) sono state impiegate con successo in alcuni progetti di reimpianto evidenziando alte percentuali di successo se posizionate su matte morta. Queste strutture sono però costituite da materiale non biodegradabile.

- 2) Le strutture biodegradabili sono costituite da materiali geocompositi costituiti da rete metallica a doppia torsione accoppiata in fase di produzione con bioreti naturali in agave o cocco.

In ogni area di studio verranno trapiantati 100 m<sup>2</sup> di prateria, di cui 50 con Macmat R e 50 con geostuoie biodegradabili.

Per ogni metro quadro si prevede di posizionare una patch di 30 talee di *Posidonia oceanica* per un totale di 6000 talee nell'intero impianto. Ogni talea sarà costituita da un rizoma (plagiotropo o ortotropo) portante uno o più fasci fogliari.



**Figura 28** – Aree di sperimentazione.

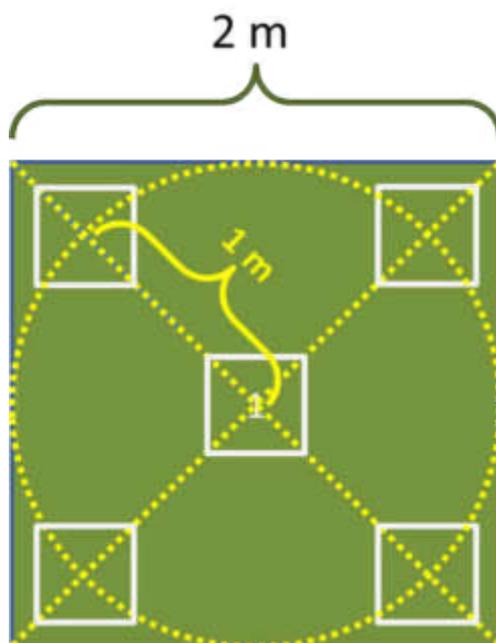
## **PIANO DI MONITORAGGIO PRESCRIZIONE N. 5**

Si prevede di effettuare il monitoraggio delle zolle attraverso tre campagne il primo anno e due campagne per gli anni successivi (piano quinquennale).

Per ogni data di monitoraggio verranno svolte le seguenti attività:

- Side Scan sonar sull'intera area oggetto di trapianto (una volta l'anno)
- Riprese ROV sull'intera area oggetto di trapianto
- Selezione random di un numero minimo di zolle per ciascuna stazione. Il numero minimo può essere rappresentato dal 20% di tutte le zolle per ciascuna stazione
- In ciascuna zolla 1 fotografia dall'alto ortogonale al substrato
- In ciascuna zolla 4 fotografie laterali
- Perimetro della zolla
- Nella zolla, 5 conte di densità (quadrato 40\*40) 4 ai vertici, 1 centrale (vedi fig 29)

Nota: Si fa una conta a centro zolla. Da lì si va verso lo spigolo di sx del lato più regolare precedentemente identificato, se ce n'è almeno uno, e si centra un altro quadrato a 1 m di distanza dal centro della zolla (1 m centro zolla-centro quadrato), altri tre quadrati si mettono, sempre a 1 m da centro zolla, sulle altre tre diagonali, a 90° fra loro (Fig. 29).



**Figura 29** – Disposizione dei quadrati nella zolla

Poiché non tutte le zolle saranno perfettamente quadrate, si parte comunque dal centro e si posizionano ove possibile, i quadrati periferici. Se la zolla non ha un lato ben distinguibile, si

posizionano i quadrati a 1 m verso Nord, 1 m verso E, S ed O. Se la zolla è più piccola, si annota che NON può essere posizionato il quadrato. Se il quadrato sta sulla zolla, ma in una porzione di substrato nudo, si annota che la conta è 0 per questo motivo (quindi 0 può essere per substrato nudo o per substrato mancante, zolla erosa. Si annoterà comunque lo stato delle due condizioni come anche i casi in cui un quadrato dovesse capitare in parte in una zona vegetata ed in parte in una zona nuda, valutando approssimativamente quanta parte del quadrato cade fra i fasci. Dal conteggio dei quadrati con fasci, parzialmente con fasci, senza fasci o senza substrato, si potrà valutare quanti fasci sono presenti al momento in rapporto alla superficie dragata.

- In cinque diversi rizomi per zolla si misura la lunghezza della foglia più lunga e larghezza, stato dell'apice e tessuto bruno.
- Annotazioni integrative per ciascuna zolla a supporto del monitoraggio fotografico:
  - ✓ Conservazione apparente della zolla (elevata, media, bassa)
  - ✓ Zolla allocata in buca naturale (SI/NO)
  - ✓ Distanza dalla prateria naturale dalla zolla (elevata, media, bassa)
  - ✓ Distanza di altre zolle dalla zolla di riferimento (elevata, media, bassa)
  - ✓ Per ciascuna zolla di riferimento dalla fotografia laterale si annota la presenza di fasci plagiotropi (elevata, media, bassa)
- Nella prateria naturale si effettueranno conte di densità (quadrato 40\*40) in misura significativamente statistica.
- Nella prateria naturale si eseguiranno un numero adeguato di misure della lunghezza della foglia più lunga e larghezza e verifiche dello stato dell'apice e del tessuto bruno

## ***PIANO DI MONITORAGGIO AREE DI RIFORESTAZIONE CON TECNICHE SPERIMENTALI***

Si prevede di effettuare il monitoraggio delle zolle attraverso tre campagne il primo anno e due campagne per gli anni successivi (piano quinquennale).

Per ogni data di monitoraggio verranno svolte le seguenti attività:

1. Ricognizione video/fotografica completa delle aree di trapianto;
2. Conta delle stuoie presenti e delle patches presenti su ciascuna stuoia (stima di copertura);
3. Conta delle talee presenti e dello stato di salute delle piante su una superficie pari al 25% dell'intero impianto (50 m<sup>2</sup>) suddivisa tra differenti tecniche e differenti distanze dal porto. Per ogni patch sarà contato il numero di fasci presenti e verranno effettuate *in situ* le seguenti misure su tre fasci:
  - a. Misurazione della lunghezza/larghezza della foglia più lunga;
  - b. Determinazione dello stato degli apici e misura del tessuto bruno;
  - c. Valutazione ricoprimento epifita.
4. Determinazione del tasso di sedimentazione. In ciascuna data di monitoraggio, verranno posizionate delle trappole di sedimento (5 trappole per area) e dopo una permanenza di 10 giorni saranno ritirate per procedere alla determinazione della qualità e quantità del sedimento.

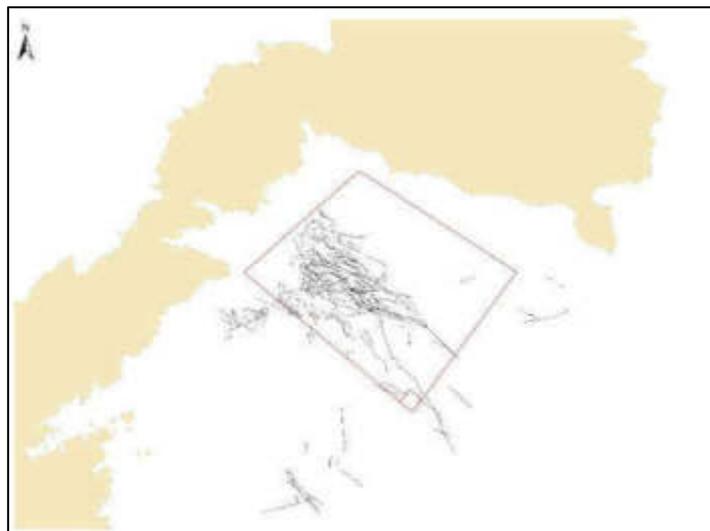
Per ogni data di monitoraggio, sarà stimata la densità dei fasci e saranno effettuate le misure fenologiche *in situ* anche nella prateria naturale più vicina alle aree riforestate. Il monitoraggio sarà effettuato alla stessa profondità dei trapianti su 12 m<sup>2</sup> di prateria.

## **RISULTATI RELATIVI ALLA PRESCRIZIONE N.6**

***Prescrizione n.6:** Concordamento con Area Marina Protetta Isola Asinara dell'esatto posizionamento dei dissuasori antistrascico e del Piano di Monitoraggio delle risorse ittiche e dei fondali, che dovrà essere avviato durante lo studio per il posizionamento di dissuasori e proseguito dopo il posizionamento delle strutture. Le attività di monitoraggio dovranno comprendere il monitoraggio del posidonieto che si intende salvaguardare secondo transetti, durata, cadenza e modalità con Ente parco Asinara e dovranno proseguire per almeno 5 anni dal completamento delle attività di posizionamento delle strutture; Il PMA dovrà essere presentato al MATTM prima dell'avvio delle attività di cantiere.*

### Premessa

La scelta delle aree dedicate alla posa delle strutture antistrascico indicate nella prescrizione 6, deriva da azioni concordate con il personale tecnico dell'area marina protetta Isola dell'Asinara. I fondali di tutto il perimetro dell'Isola sono stati oggetto di diversi studi protrattisi per molti anni che hanno permesso di definire a livello di macroscale le diverse tipologie vegetazionali e faunistiche del benthos e del loro valore naturalistico. Le ultime prospezione multibeam e Side Scan Sonar realizzate nel 2016, hanno evidenziato alcune aree all'interno di Cala Reale dove sono presenti numerosi solchi che hanno inciso la matre, realizzati dai divergenti dei pescherecci che operano la pesca a strascico. Le aree a maggiore densità di solchi ritenute quindi più compromesse da tale azione illegale sono state selezionate tra quelle dove sarà possibile la posa dei dissuasori (Fig. 30).

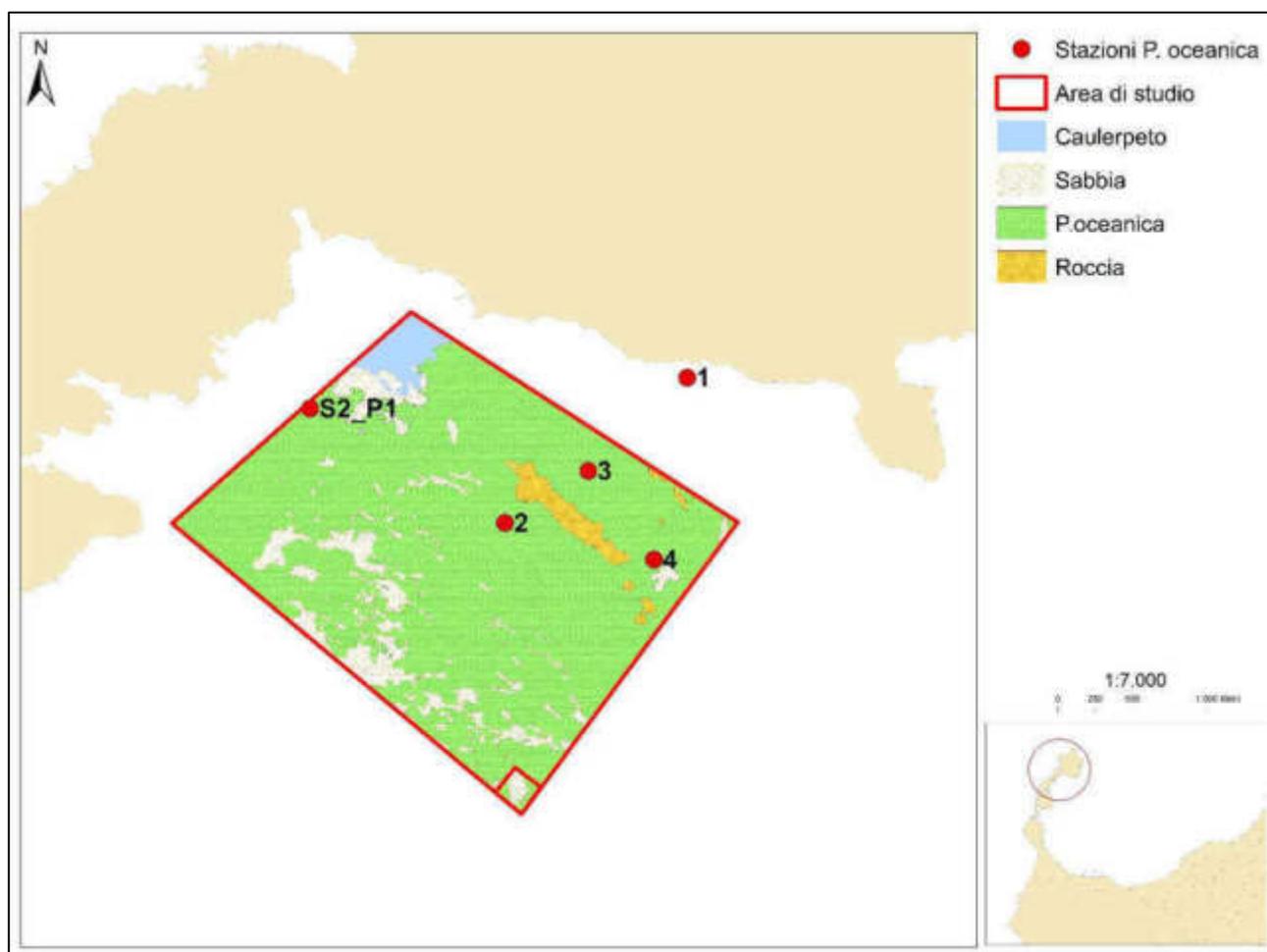


**Figura 30** – Solchi causati dalla pesca a strascico, in rosso l'area di studio

### Caratterizzazione 2° area di studio-Cala Reale

L'area investigata (Fig. 31) è collocata tra Punta Trabuccato e la darsena di Cala Reale. Essa include il tratto roccioso affiorante dove è collocato il faro che si spinge per circa un paio di km in direzione NW-SE, il tratto sommerso superficiale è colonizzato dalle biocenosi delle alghe infralitorali; da 3-4 m di profondità poi si estende il posidonieto fino ad una profondità di 35 m. L'analisi dei tracciati Side Scan Sonar hanno evidenziato un'alta densità di solchi da strascico. All'interno dell'area si contano 250 solchi circa, per una lunghezza totale di oltre 40 km, inoltre sono presenti ampi tratti d'intermatte a sabbie bioclastiche grossolane, aree non colonizzate da Posidonia.

Si precisa che ove possibile, seguendo le indicazioni dell'Ente gestore, le zone di posa dei dissuasori saranno da preferirsi nelle zone di sabbia libera da vegetazione, compatibilmente con la geometria delle pose dei dissuasori realizzata per rendere più efficace l'azione antistrascico.



**Figura 31** – Carta dei fondali dell'area di studio con le relative stazioni di campionamento di *P. oceanica*

## Analisi della prateria a *Posidonia oceanica*

### Descrittori fisiografici

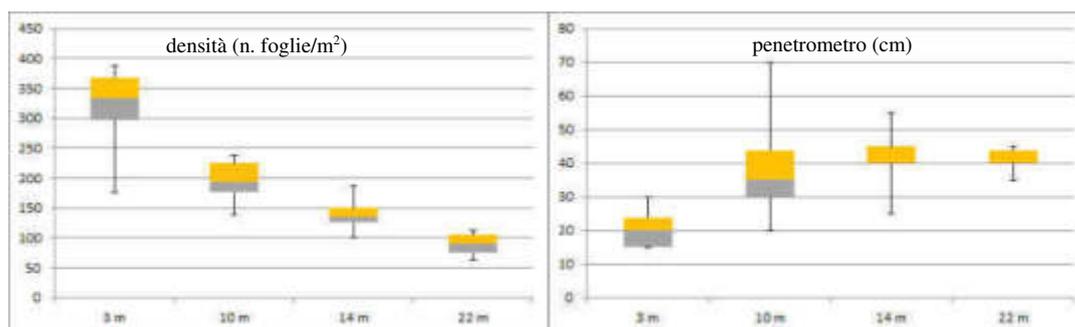
La densità rilevata si colloca tra *bassa* (DB) e *anormale* (DA) secondo la classificazione delle praterie in Mediterraneo (Pergent *et al.*, 1995, modificata) (Tab. 2 e Fig. 32). Tali risultati sono in linea con quelli del monitoraggio effettuato nell'estate 2018 dall'AMP nell'ambito del progetto comunitario *Marinestrategy*.

**Tabella 2** - Densità (n. fasci/m<sup>2</sup>) e misure penetrometriche

Stazione	Profondità (m)	Densità media ( $\pm$ sd)	Classificazione secondo Pergent <i>et al.</i> (1995) - ambito	Penetrometro (cm)( $\pm$ sd)
1	3	320 ( $\pm$ 65)	543 > densità anormale	20,8 ( $\pm$ 5,3)
2	10	193,7 ( $\pm$ 34,2)	237 > densità anormale	38 ( $\pm$ 14,6)
3	14	137,5 ( $\pm$ 23,8)	151 > densità anormale	41,5 ( $\pm$ 8,1)
4	22	89,4 ( $\pm$ 18,4)	61 < densità bassa < 173	40,5 ( $\pm$ 3,7)

La Stazione 2(S2\_P1) a 15 metri (Fig. 31) presenta una densità assoluta di 197 fasci/m<sup>2</sup>, di classe "*prateria disturbata*" a bassa densità (DB). Se invece ci si riferisce alla densità relativa (copertura del 50%), la prateria appartiene alla classe "*molto disturbata con densità anormale* (DA)" (Falace 2018, rapporto inedito). La classificazione proposta da Pergent *cit.*, si riferisce ai posidonieti della costa continentale che mostrano profonde differenze rispetto alle coste insulari. Infatti, le emissioni derivanti dagli scarichi urbani, dalle attività agricole ed industriali, ecc., contribuiscono significativamente ad aumentare il livello dei nutrienti soprattutto nei tratti più prossimali della fascia costiera (prof. 0-20 m). È probabile che tale classificazione delle praterie mediterranee debba essere rivista in rapporto alle considerazioni su enunciate.

I risultati confermano lo stato ecologico elevato già evidenziato in precedenti campagne. I valori del penetrometro (Tab. 2 e Fig. 32) si collocano tutti all'interno della categoria della matre a compattezza "**Forte**". Lo stato di benessere delle praterie dell'Isola dell'Asinara è inoltre convalidato da diverse fioriture avvenute nel corso di questi ultimi venti anni (Cossu, *cit. pers.*) così come la presenza e struttura di diverse *banquettes* lungo i litorali costituite dalla sola frazione fogliare e dove manca la componente a rizomi indicatrice di una possibile azione meccanica (es. ancoraggio, strascico ecc.).

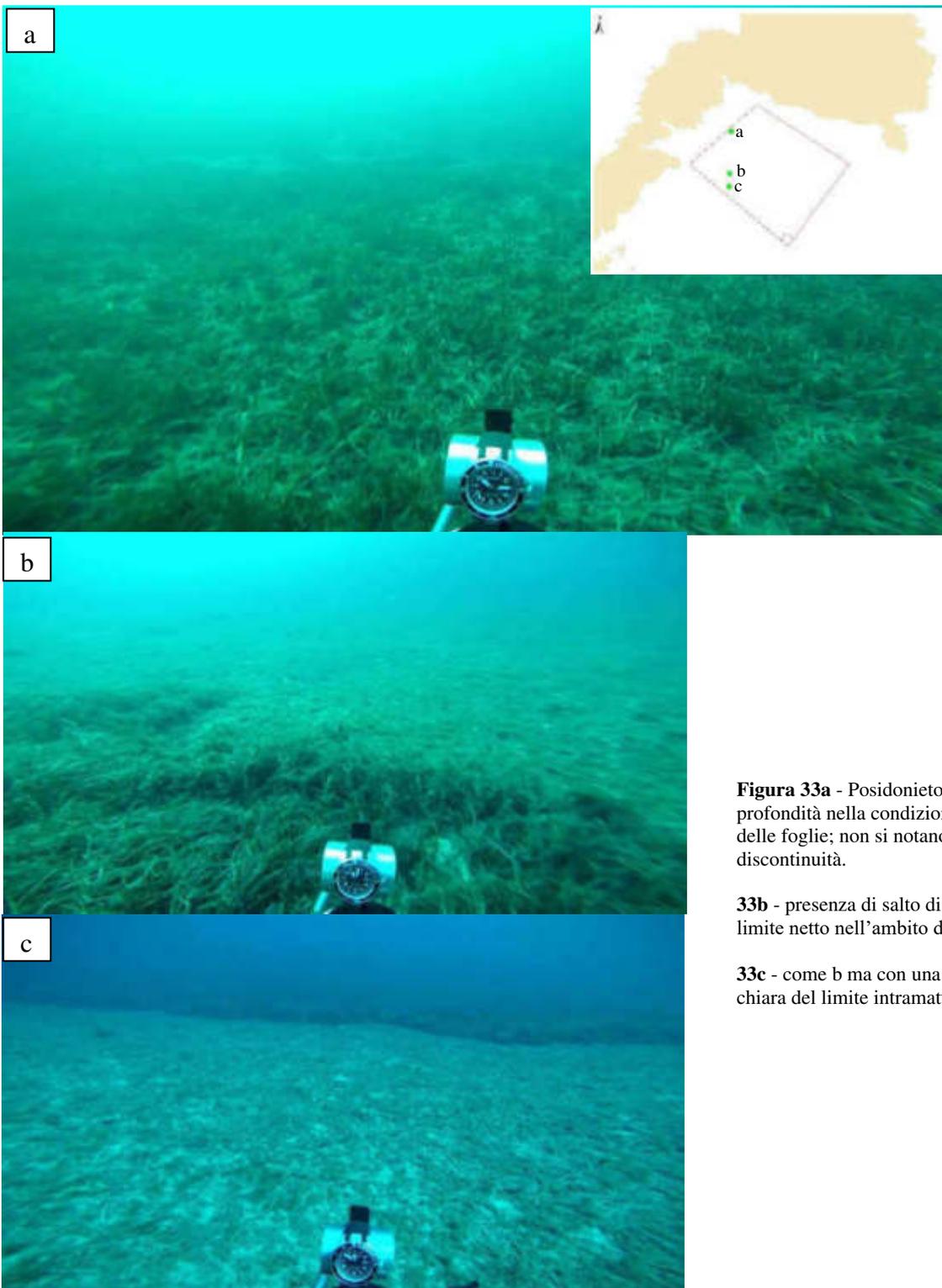


**Figura 32** - Box Plot della densità fogliare e del penetrometro

### Considerazioni finali

L'area è caratterizzata dalla presenza di canali intermatte di grosse dimensioni che costituiscono zone di accumulo dei detriti del posidonieto e sono caratterizzati dalla presenza di filtratori e detritivori; i limiti tra matte e sabbia sono qui ben marcati e netti (Fig. 33 a,b,c).

Perciò che attiene alla tipologia del limite inferiore, le immagini ROV dimostrano che il limite è progressivo; esso è caratterizzato da un'alta percentuale di rizomi plagiotropi disposti parallelamente alla direzione della pendenza che dimostra la progressione batimetrica della prateria favorita dalla buona illuminazione (Fig. 34).



**Figura 33a** - Posidonieto a 15m di profondità nella condizione di caduta delle foglie; non si notano discontinuità.

**33b** - presenza di salto di matte con limite netto nell'ambito dell'intramatte

**33c** - come b ma con una visione più chiara del limite intramatte



**Figura 34** – Limite inferiore con la presenza di rizomi e foglie morte (area di bioaccumulo)

L'area è stata individuata in relazione alla densità di solchi (Fig. 35) generati da attività antropiche riferibili prevalentemente allo strascico, nel perimetro studiato sono stati misurati oltre 40 km di solchi che rappresentano il 78% del totale.

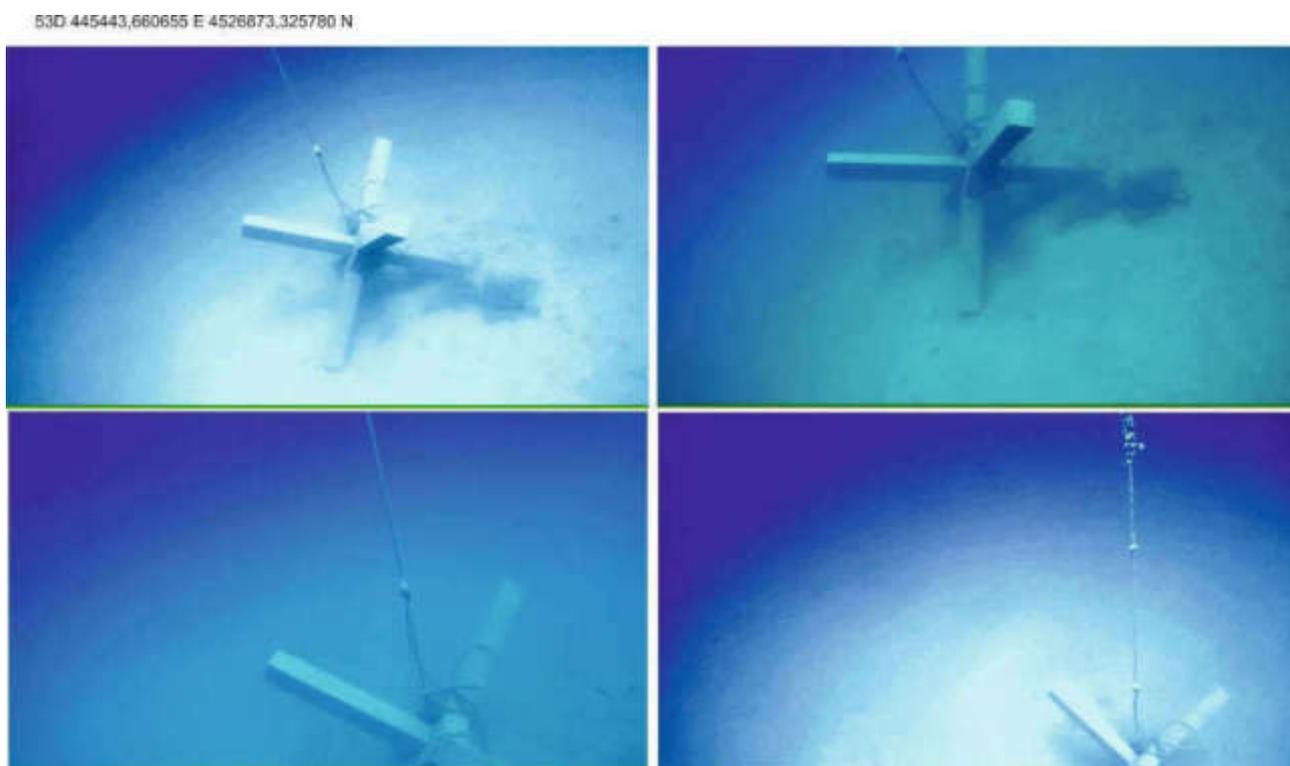


**Figura 35** – Canali intermatte di possibile origine antropica

La compattezza della matte viene interrotta dall'azione meccanica dei divergenti; le arature del fondale generano solchi di spessore variabile; se l'area è soggetta a correnti di fondo di buona

intensità, tali canali non vengono rimarginati, anzi tendono ad allargarsi sempre di più in modo irreversibile riducendo la formazione vegetale marina. I canali censiti, per la loro forma e dimensione, denotano azioni di strascico o di ancoraggio protratte nel tempo e probabilmente anche recentemente. Per tale motivo appare giustificata l'azione dell'Ente Parco relativa alla posa nei fondali di un opportuno numero di dissuasori, manufatti cementizi di 5 tonnellate che per la loro mole e per la loro forma impediscono lo strascico, pena la perdita delle attrezzature.

Tale azione è già stata messa in opera nell'area antistante la termocentrale di Fiume Santo a protezione dei cavi sottomarini che periodicamente venivano danneggiati dallo strascico abusivo operato nella suddetta area interdetta alla pesca. Il successo dell'operazione è dimostrato dalla presenza di reti a strascico impigliate nelle braccia dei dissuasori (Fig. 36).



**Figura 36** – Reti a strascico impigliate nei dissuasori (Fiume Santo, P. Torres, maggio 2017)

## ***PIANO DI MONITORAGGIO PRESCRIZIONE N.6***

Attività di monitoraggio del posidonieto da salvaguardare con dissuasori antistrascico (5 anni)

Transetti, indagini quantitative, balisage, durata, cadenza e modalità concordate con Ente Parco Asinara

### *Transetti mediante indagini ROV*

Le riprese subacquee mediante R.O.V. (Remote Operating Vehicle) verranno eseguite per rilevare le eventuali modificazioni di progressione/regressione della prateria a seguito del posizionamento dei manufatti antistrascico. L'acquisizione dei vari descrittori fisici, fisiografici e strutturali della prateria permetterà di stimare eventuali impatti inaspettati successivi al posizionamento dei dissuasori e rilevare l'evoluzione dei solchi causati dalle attività illegali di pesca a strascico. Le riprese video verranno condotte nell'area riferendosi al posizionamento dei moduli artificiali, lungo una griglia di transetti paralleli e/o perpendicolari alla linea di costa. Nel corso del rilievo video, verrà mantenuta una velocità ed una distanza costante dal fondo.

I transetti video saranno eseguiti per coprire un'area statisticamente significativa rispetto a quella di riferimento, saranno georeferenziati ed eseguiti anche nelle successive campagne, con la stessa metodologia e posizione. Saranno rilevati profondità, distanza percorsa e orario, per renderle comparabili con quelle eseguite in tempi successivi. I rilievi Side Scan Sonar, già eseguiti in diverse campagne dal Parco Nazionale dell'Asinara saranno utilizzati come dati di "corredo". Le riprese video, successivamente alla posa dei moduli, nell'arco dei primi 24 mesi, verranno eseguite 4 volte con frequenza semestrale. Nei successivi 36 mesi si eseguirà una campagna per anno durante il periodo estivo per un totale di 3 campagne di monitoraggio.

### *Indagini quantitative: Descrittori strutturali, funzionali ed ecologici*

Nell'area saranno eseguite indagini quantitative nella prateria a *Posidonia oceanica*, per valutare i seguenti descrittori quantitativi:

1. Macroripartizione,
2. Fenologia,
3. Biomassa epifita delle foglie,
4. Lepidocronologia.
5. Rete di osservazione - Balisage

Inoltre è previsto il calcolo dell'Indice PREI

Le attività in elenco saranno svolte nel periodo tardo primaverile, attraverso 2 campagne all'anno per 5 anni, secondo il protocollo ISPRA relativo al monitoraggio di *P. oceanica* (si veda allegato).

#### Rete di Osservazione – Balisage

Nell'area, al fine di valutare la dinamica della prateria, dovranno essere posizionate una rete di osservazione tipo *balisage*. I balises dovranno essere posizionati in 3 aree significative di cui una posta nella porzione superficiale, una nella porzione intermedia e una nella porzione profonda dell'area della prateria "caratterizzate dalla presenza di patch di *P. oceanica*" secondo la metodologia proposta da Pergent (2007). Per la posa si utilizzeranno i tracciati ROV descritti in precedenza per identificare le *patch* che sono piuttosto discontinue e difficili da rilevare da un operatore in immersione soprattutto nella frazione intermedia e profonda del posidonieto. I balises saranno realizzati secondo le indicazioni di Pergent (2007).

#### Indice PREI

La Direttiva quadro sulle Acque (2000/60/CE), indica nelle fanerogame marine (tra cui *P. oceanica*) uno tra gli Elementi di Qualità Biologica (EQB) da utilizzare per la classificazione dei Corpi Idrici marino-costieri, così come anche recepito dalle norme italiane (D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.). L'utilizzo dell'indice sintetico PREI (*Posidonia oceanica* Rapid Easy Index), si basa sulla densità della prateria, la superficie fogliare, il rapporto tra la biomassa degli epifiti di *P. oceanica* e la biomassa fogliare.

- ✓ la densità della prateria (fasci m<sup>2</sup>);
- ✓ la superficie fogliare fascio, (cm<sup>2</sup> fascio<sup>-1</sup>);
- ✓ il rapporto tra la biomassa degli epifiti (mg fascio<sup>-1</sup>) e la biomassa fogliare del fascio (mg fascio<sup>-1</sup>);
- ✓ la profondità del limite inferiore e la tipologia del limite inferiore.

La densità della prateria, la superficie fogliare fascio e il rapporto tra la biomassa degli epifiti e la biomassa fogliare vengono valutati alla profondità standard di 15 m, su substrato sabbia o matte; nei casi in cui lo sviluppo batimetrico della prateria non consenta il campionamento alla profondità standard, può essere individuata, motivandone la scelta, una profondità idonea al caso specifico.

La modalità di calcolo dell'indice PREI prevede l'applicazione della seguente equazione:

$$ROE = (ROE + 0,11) / (1 + 0,10)$$

Dove  $ROE = (Ndensità + Nsuperficie\ fogliare\ fascio + Nbiomassa\ epifiti/biomassa\ fogliare + Nlimite\ inferiore) / 3,5$

*N*densità = valore misurato - 0 l valore di riferimento - 0, in cui 0 viene considerato il valore di densità indicativo di pessime condizioni.

*N*superficie fogliare fascio= valore misurato - 0 l valore di riferimento - 0, in cui 0 viene considerato il valore di superficie fogliare fascio indicativo di pessime condizioni.

*N*biomassa epifiti/biomassa fogliare= [1- (biomassa epifiti/biomassa fogliare)]\* 0,5.

*N*limite inferiore= (N- 12) l (valore di riferimento profondità- 12), in cui 12m viene considerata la profondità minima del limite inferiore indicativa di pessime condizioni.

*N*= profondità limite inferiore misurata + 0, dove 0= 0 (limite inferiore stabile), 0=3 (limite inferiore progressivo), 0= -3 (limite inferiore regressivo).

Il valore del PREI varia tra 0 ed 1 e corrisponde al Rapporto di Qualità Ecologica (RQE). Il risultato finale dell'applicazione dell'Indice PREI non fornisce un valore assoluto, ma direttamente il rapporto di qualità ecologica (RQE).

## ***PIANO DI MONITORAGGIO FAUNA ITTICA***

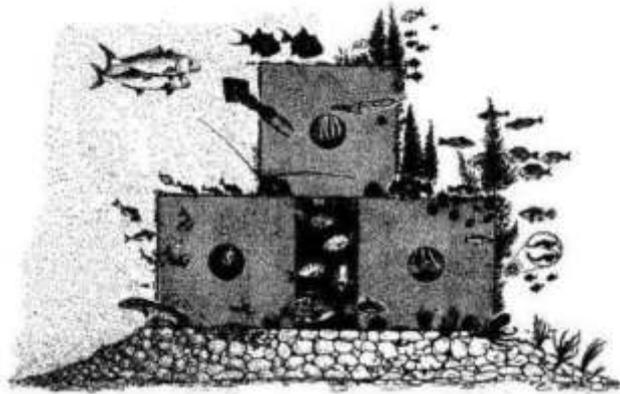
### *Contesto e finalità*

Il presente piano di campionamento è finalizzato a valutare la fauna ittica associata al futuro posizionamento di due tipologie di moduli artificiali su fondali tra i 18 ed i 22 m. Una prima tipologia di moduli artificiali (moduli tipo 1, in numero di 30-35) è rappresentata da tripodi in cemento armato del diametro approssimativo di 5 m. La struttura dei moduli della seconda tipologia (moduli tipo 2, in numero di 15-20) è in via di definizione, ma si tratterà di moduli che dovrebbero simulare tipologie di rifugio per specie marine costiere. Le informazioni attualmente a disposizione indicano che sia i moduli di tipo 1, sia quelli di tipo 2, dovrebbero essere posizionati sul fondale come unità individuali. I moduli di tipo 1 dovrebbero essere collocati ad una distanza variabile tra 70 e 120 m uno dall'altro e su una superficie di circa 20 ettari.

Il campionamento proposto è finalizzato a valutare gli effetti dei moduli di entrambe le tipologie sulla fauna ittica, in termini di *i*) cambiamento della struttura dei popolamenti ittici in relazione all'introduzione dei moduli artificiali di tipo 1 e *ii*) apporto alla biodiversità della fauna ittica determinato dall'introduzione dei moduli di tipo 2.

### *Tecnica e piano di campionamento*

Date le dimensioni contenute dei moduli individuali (max 5 m di diametro) e il contesto di AMP, la tecnica raccomandata per il campionamento della fauna ittica è rappresentata da una combinazione di metodi quantitativi di censimento visivo, il transetto breve e il punto fisso. Tale combinazione è stata messa a punto per il campionamento di strutture artificiali a forma piramidale e rappresenta uno standard accettato a livello internazionale (Fig. 37). In breve, si tratta di eseguire un punto fisso sulla sommità della struttura e un transetto breve intorno alla sua base. Le dimensioni del punto fisso e del transetto saranno da adattare alla tipologia specifica dei moduli che saranno posizionati sui fondali oggetto dello studio.



**Figura 37** – Esempio di struttura artificiale a forma piramidale (a titolo di esempio generale).

L'introduzione dei moduli artificiali rappresenta un termine di cambiamento rispetto alla condizionale di substrato naturale pre-esistente. Questa constatazione induce a suggerire l'applicazione di un disegno sperimentale di tipo *BACI* (*Before-After Control-Impact*), che implica la necessità di una replicazione spaziale e temporale al fine di stimare al meglio i cambiamenti indotti dall'introduzione delle strutture artificiali.

Una volta individuata con precisione l'area in cui saranno posizionati i moduli e identificata la tipologia dei fondali sui quali verranno posizionati, si propone di eseguire, prima del posizionamento effettivo (fase *before*), una prima fase di caratterizzazione della fauna ittica locale. Questo permetterà di avere un termine di riferimento per valutare i cambiamenti che avranno luogo a seguito dell'introduzione dei moduli artificiali. Questa fase prevede due date di campionamento (due campagne) da effettuarsi prima del posizionamento dei moduli, preferibilmente nel periodo dell'anno che si colloca tra maggio ed ottobre. Una volta installati i moduli comincia la fase *after*, che consisterà nell'esecuzione di due campagne di campionamento all'anno per 5 anni. Durante la fase *after* si provvederà all'esecuzione di censimenti visuali sia in corrispondenza dei moduli artificiali, sia di unità spaziali di controllo (substrati naturali). Nel complesso un piano di campionamento come quello qui prospettato include quindi 12 campagne di campionamento.

A livello della replicazione (numero di censimenti visuali, ognuno dei quali composto da un punto fisso ed un transetto breve) da effettuarsi in occasioni di ogni campagna si propone quanto segue:

1 – per ognuna delle due campagne *before* si propone di effettuare i censimenti presso un totale di 14 punti dove presumibilmente verranno posizionati i moduli di tipo 1 e di tipo 2, più altrettanti censimenti da farsi al fine di mantenere stabile il numero totale di repliche per campagna rispetto al campionamento *after* (vedi di seguito);

2 – per ognuna della 10 campagne *after* si propone di effettuare i censimenti presso 10 moduli di tipo 1 e 4 moduli di tipo 2, più altrettanti controlli. Ciò implica un numero di 28 censimenti per campagna e un totale di 280 censimenti nel corso dei 5 anni.

Il mantenimento di un numero stabile di repliche per campagna durante le fasi *before* e *after* consentirà di eseguire dei test statistici più performanti.

Considerando entrambe le fasi *before* e *after* sono quindi previsti, nell'arco dello studio, un totale di 336 repliche da effettuarsi in 12 campagne.

## BIBLIOGRAFIA

- Argyrou, M., Demetropoulos, A., Hadjichristophorou, M., 1999a. Expansion of the macroalga *Caulerpa racemosa* and changes in softbottom macrofaunal assemblages in Monibay, Cyprus. *Oceanologica Acta* 22 (5), 517–528.
- Balata, D., Piazzini, L. and 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. doi:10.1111/j.1439-0485.2004.00013.x.
- Cebrian, E. and 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., Campo, D., & Milazzo, M. (2007). Short-term response of the slow growing seagrass *Posidonia oceanica* to simulated anchor impact. *Marine Environ. Research*, 63(4), 341-349.
- Ceccherelli, G., Piazzini, 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., 2002. Distribuzione di *Caulerpa racemosa* nel Golfo dell'Asinara (Sardegna settentrionale). *Biologia Marina Mediterranea* 10 (2), 542–543.
- 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*. press. ISSN 1123-4245. Articolo.
- Cossu A., Martinez A., Ragazzola F. 2007 - Applicazione dell'analisi d'immagine allo studio della frazione fogliare della comunità epifita di *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *Biol. Mar. Mediterr.* (2007), 14 (2): 298-299
- Crawford G., H., Richardson W" N., 1972 Heterotrophic potential of microscopic Alga *Caulerpa racemosa*. *Proc. of the 7 Int. Seaweeds Symp.* 1971 :262.
- Doumage F., 1995 Quelques réactions sur les algues Caulerpales. *Biol. Mar. Médit.* 2(2): 613-633
- Dumay *et al.*, 2002. Primary productivity and vegetative cycle in *Posidonia oceanica* when in competition with the green algae *Caulerpa taxifolia* and *Caulerpa racemosa*. *Journal of the Marine Biological Association of the UK* 82, 379–387.
- Falace A., 2018. Analisi delle praterie di *Posidonia oceanica* – Rapporto inedito
- Francour P, Ganteaume A, Poulain M. 1999. Effects of boat anchoring in *Posidonia oceanica* seagrass beds in the Port-Cros National Park (north-western Mediterranean Sea). *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 9:391–400.
- Francour, P. “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 benthos marino mediterraneo. *Biologia Marina Mediterranea* 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.
- 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*, 54pp.
- 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.

*ALLEGATI*

## SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: **Espianto 4**

ANALYST & DATE: ,

SAMPLE TYPE: Bimodal, Poorly Sorted

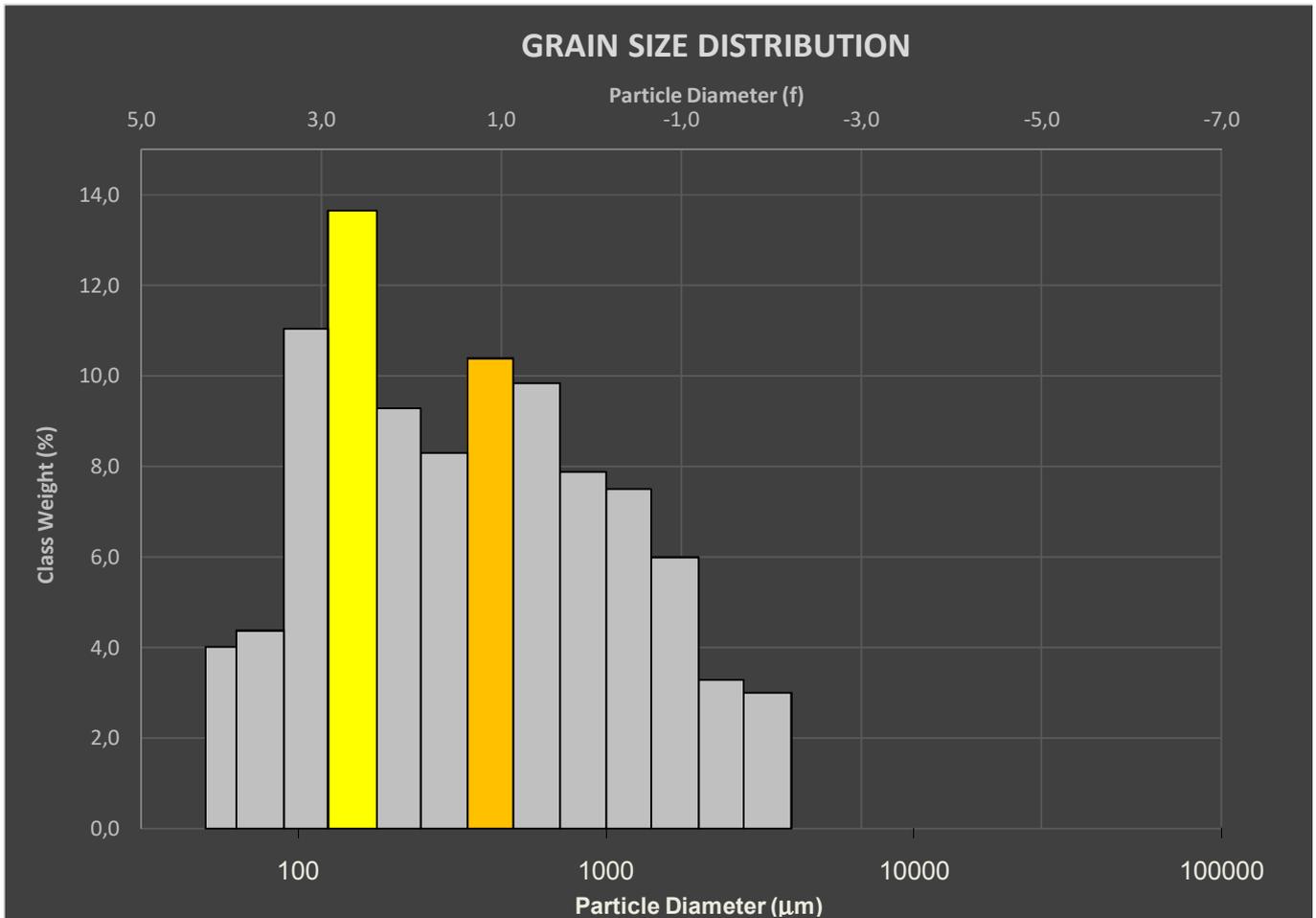
TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Fine Sand

	$\mu\text{m}$ $\phi$		GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
	$\mu\text{m}$	$\phi$	GRAVEL: 6,5%	COARSE SAND: 18,3%	SAND: 90,9%	MEDIUM SAND: 19,2%
MODE 1:	152,5	2,737	MUD: 2,7%	FINE SAND: 23,9%		
MODE 2:	427,5	1,247		V FINE SAND: 15,5%		
MODE 3:			V COARSE GRAVEL: 0,0%	V COARSE SILT: 2,7%		
D <sub>10</sub> :	97,39	-0,714	COARSE GRAVEL: 0,0%	COARSE SILT: 0,0%		
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	344,3	1,538	MEDIUM GRAVEL: 0,0%	MEDIUM SILT: 0,0%		
D <sub>90</sub> :	1640,9	3,360	FINE GRAVEL: 0,0%	FINE SILT: 0,0%		
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	16,85	-4,703	V FINE GRAVEL: 6,5%	V FINE SILT: 0,0%		
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	1543,5	4,075	V COARSE SAND: 13,9%	CLAY: 0,0%		
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	5,550	9,634				
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	672,2	2,472				

	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	646,5	362,4	1,464	365,7	1,451	Medium Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	751,1	2,896	1,534	3,022	1,596	Poorly Sorted
SKEWNESS ( $S_k$ ):	2,050	0,253	-0,253	0,094	-0,094	Symmetrical
KURTOSIS ( $K$ ):	7,090	2,103	2,103	0,822	0,822	Platykurtic



## SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: **Espianto 5**

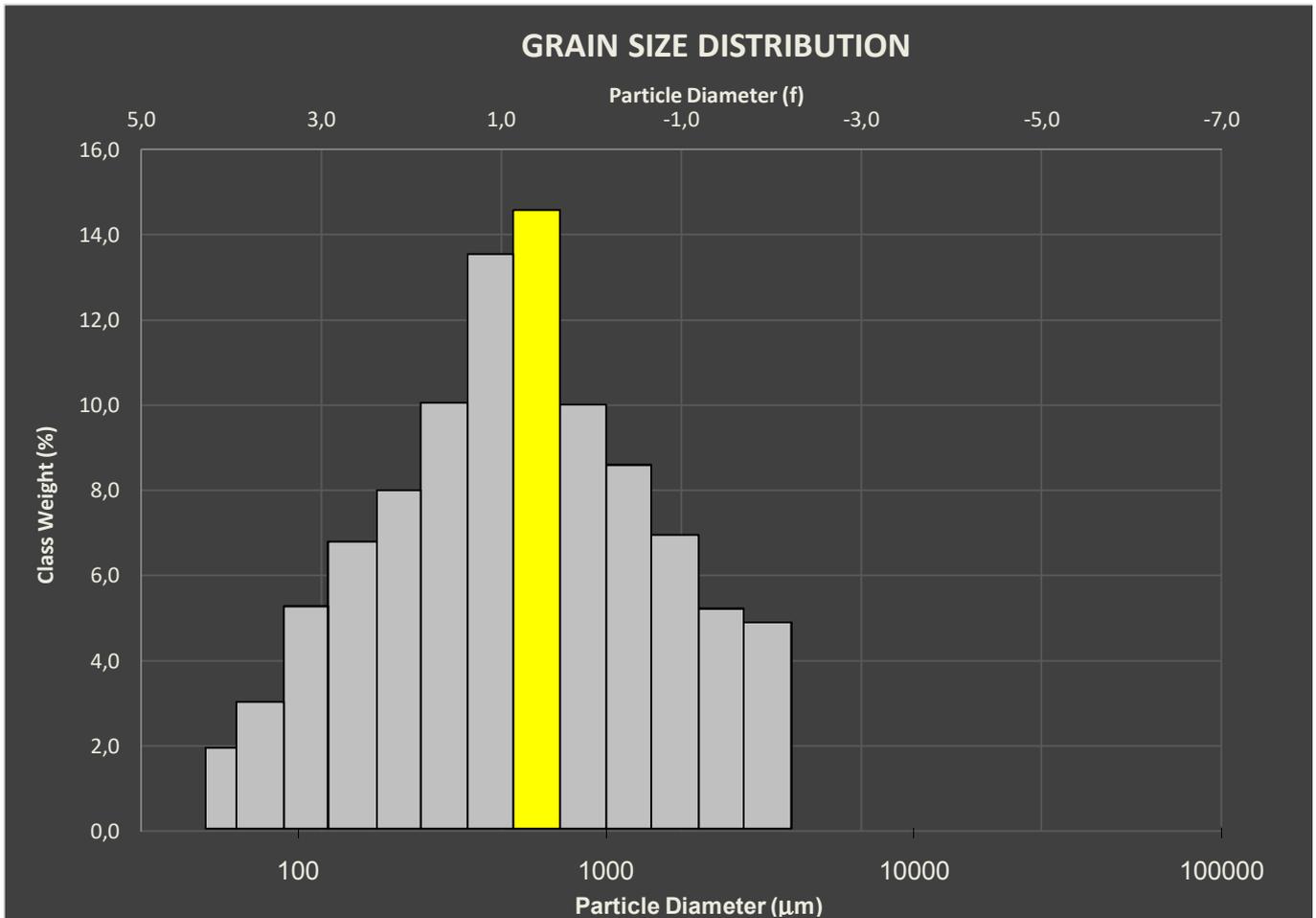
ANALYST & DATE: ,

SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Coarse Sand

	$\mu\text{m}$	$\phi$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
	MODE 1:	605,0	0,747	GRAVEL: 10,3%	COARSE SAND: 25,2%	
MODE 2:			SAND: 88,5%	MEDIUM SAND: 24,1%		
MODE 3:			MUD: 1,3%	FINE SAND: 15,0%		
D <sub>10</sub> :	128,0	-1,026	V COARSE GRAVEL: 0,0%	V COARSE SILT: 1,3%		
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	515,5	0,956	COARSE GRAVEL: 0,0%	COARSE SILT: 0,0%		
D <sub>90</sub> :	2036,3	2,966	MEDIUM GRAVEL: 0,0%	MEDIUM SILT: 0,0%		
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	15,91	-2,891	FINE GRAVEL: 0,0%	FINE SILT: 0,0%		
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	1908,3	3,992	V FINE GRAVEL: 10,3%	V FINE SILT: 0,0%		
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	4,116	-31,771	V COARSE SAND: 15,8%	CLAY: 0,0%		
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	790,5	2,041				
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	828,5	510,1	0,971	512,5	0,964	Coarse Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	840,2	2,722	1,445	2,883	1,528	Poorly Sorted
SKEWNESS ( $S_k$ ):	1,718	-0,046	0,046	-0,005	0,005	Symmetrical
KURTOSIS ( $K$ ):	5,345	2,365	2,365	0,988	0,988	Mesokurtic





## SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: **Espianto 9**

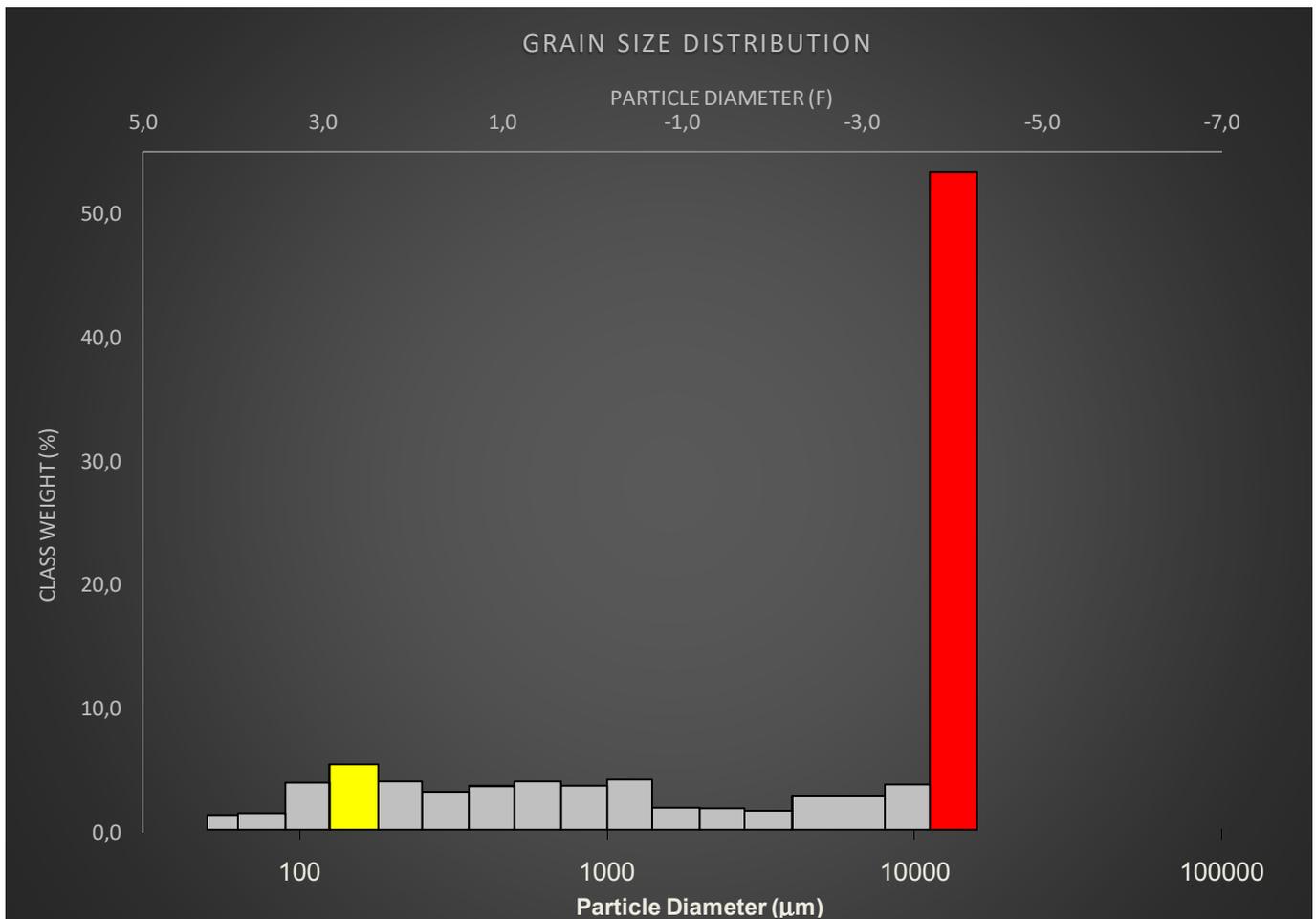
ANALYST & DATE: ,

SAMPLE TYPE: Unimodal, Very Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Sandy Gravel

SEDIMENT NAME: Sandy Medium Gravel

	$\mu\text{m}$	$\phi$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION				
MODE 1:	13600,0	-3,743	GRAVEL: 65,8%		COARSE SAND: 7,3%		
MODE 2:			SAND: 33,4%		MEDIUM SAND: 6,5%		
MODE 3:			MUD: 0,7%		FINE SAND: 9,1%		
D <sub>10</sub> :	167,0	-3,904			V FINE SAND: 4,9%		
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	11481,1	-3,521	V COARSE GRAVEL: 0,0%		V COARSE SILT: 0,7%		
D <sub>90</sub> :	14972,4	2,582	COARSE GRAVEL: 0,0%		COARSE SILT: 0,0%		
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	89,67	-0,661	MEDIUM GRAVEL: 57,2%		MEDIUM SILT: 0,0%		
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	14805,5	6,486	FINE GRAVEL: 5,4%		FINE SILT: 0,0%		
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	19,22	-0,134	V FINE GRAVEL: 3,2%		V FINE SILT: 0,0%		
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	12848,3	4,264	V COARSE SAND: 5,6%		CLAY: 0,0%		
			METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD	
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description	
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$		
MEAN ( $\bar{x}$ ):	8234,3	3408,2	-1,769	3626,3	-1,859	Very Fine Gravel	
SORTING ( $\sigma$ ):	6096,9	5,966	2,577	5,566	2,477	Very Poorly Sorted	
SKEWNESS ( $S_k$ ):	-0,359	-0,858	0,858	-0,881	0,881	Very Fine Skewed	
KURTOSIS ( $K$ ):	1,240	2,134	2,134	0,677	0,677	Platykurtic	



## SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: **Espianto 10**

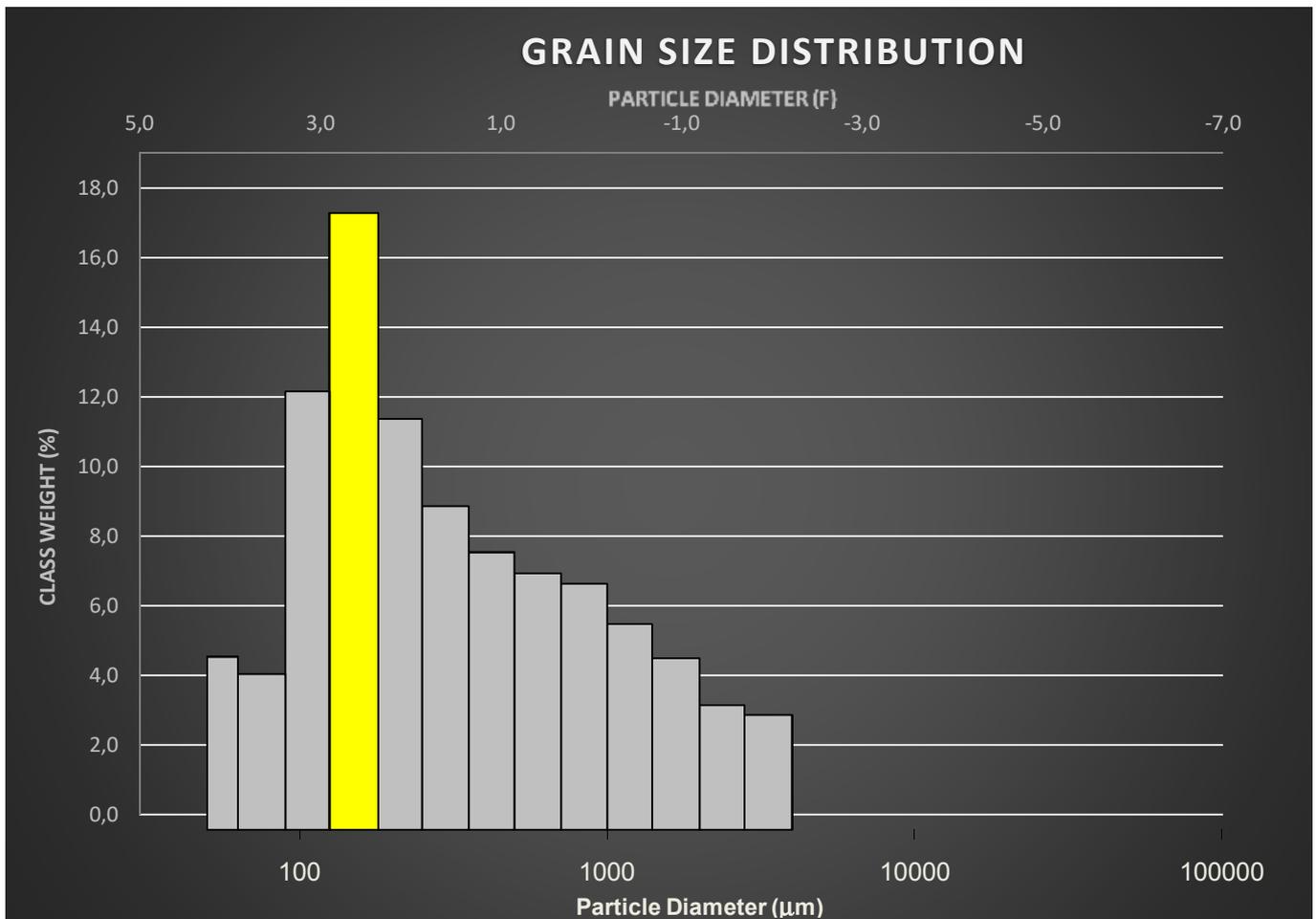
ANALYST & DATE: ,

SAMPLE TYPE: Bimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Fine Sand

	$\mu\text{m}$ $\phi$		GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
	MODE 1:	152,5	2,737	GRAVEL: 6,9%	COARSE SAND: 14,6%	
MODE 2:	56,50	4,155	SAND: 89,8%	MEDIUM SAND: 17,4%		
MODE 3:			MUD: 3,2%	FINE SAND: 30,1%		
D <sub>10</sub> :	95,06	-0,691		V FINE SAND: 16,8%		
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	248,9	2,007	V COARSE GRAVEL: 0,0%	V COARSE SILT: 3,2%		
D <sub>90</sub> :	1614,7	3,395	COARSE GRAVEL: 0,0%	COARSE SILT: 0,0%		
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	16,99	-4,911	MEDIUM GRAVEL: 0,0%	MEDIUM SILT: 0,0%		
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	1519,6	4,086	FINE GRAVEL: 0,0%	FINE SILT: 0,0%		
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	5,131	5,699	V FINE GRAVEL: 6,9%	V FINE SILT: 0,0%		
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	568,5	2,359	V COARSE SAND: 10,9%	CLAY: 0,0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	596,8	317,9	1,653	314,1	1,671	Medium Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	765,8	2,912	1,542	3,025	1,597	Poorly Sorted
SKEWNESS ( $S_k$ ):	2,207	0,509	-0,509	0,298	-0,298	Coarse Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	7,539	2,298	2,298	0,881	0,881	Platykurtic



## SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: **Espianto 11**

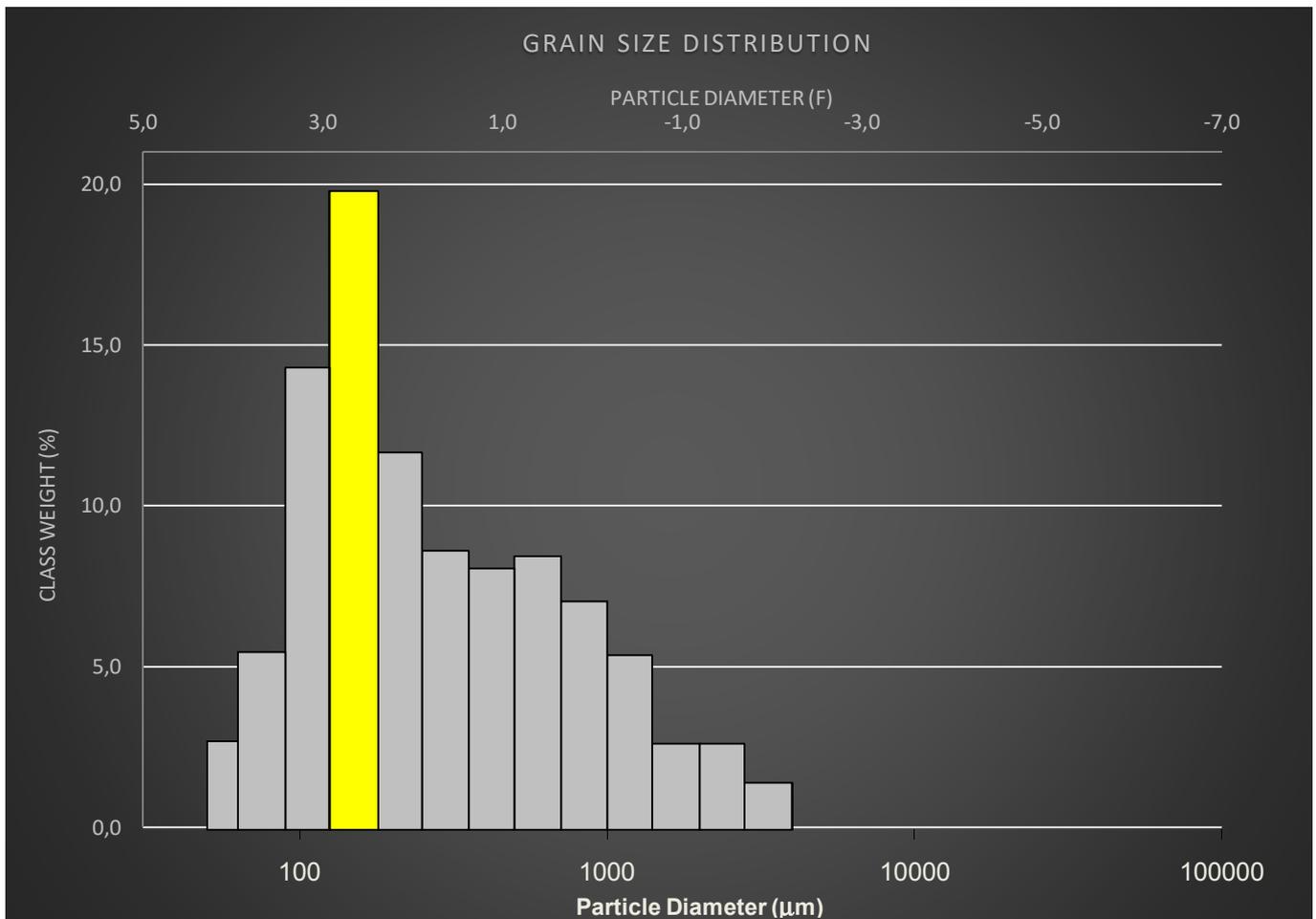
ANALYST & DATE: ,

SAMPLE TYPE: Bimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Slightly Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Slightly Very Fine Gravelly Fine Sand

	$\mu\text{m}$ $\phi$		GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
	$\mu\text{m}$	$\phi$	GRAVEL: 4,2%	COARSE SAND: 16,0%	SAND: 94,0%	MEDIUM SAND: 17,2%
MODE 1:	152,5	2,737	MUD: 1,8%	FINE SAND: 32,8%		
MODE 2:	605,0	0,747			V FINE SAND: 19,8%	
MODE 3:					V COARSE GRAVEL: 0,0%	V COARSE SILT: 1,8%
D <sub>10</sub> :	95,01	-0,217	COARSE GRAVEL: 0,0%	COARSE SILT: 0,0%		
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	220,1	2,184	MEDIUM GRAVEL: 0,0%	MEDIUM SILT: 0,0%		
D <sub>90</sub> :	1161,9	3,396	FINE GRAVEL: 0,0%	FINE SILT: 0,0%		
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	12,23	-15,683	V FINE GRAVEL: 4,2%	V FINE SILT: 0,0%		
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	1066,9	3,612	V COARSE SAND: 8,2%	CLAY: 0,0%		
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	4,325	3,625				
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	440,1	2,113				
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	483,3	280,2	1,835	272,8	1,874	Medium Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	613,7	2,639	1,400	2,690	1,428	Poorly Sorted
SKEWNESS ( $S_k$ ):	2,683	0,614	-0,614	0,323	-0,323	Very Coarse Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	10,98	2,532	2,532	0,886	0,886	Platykurtic



## SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: **Reimpianto 2**

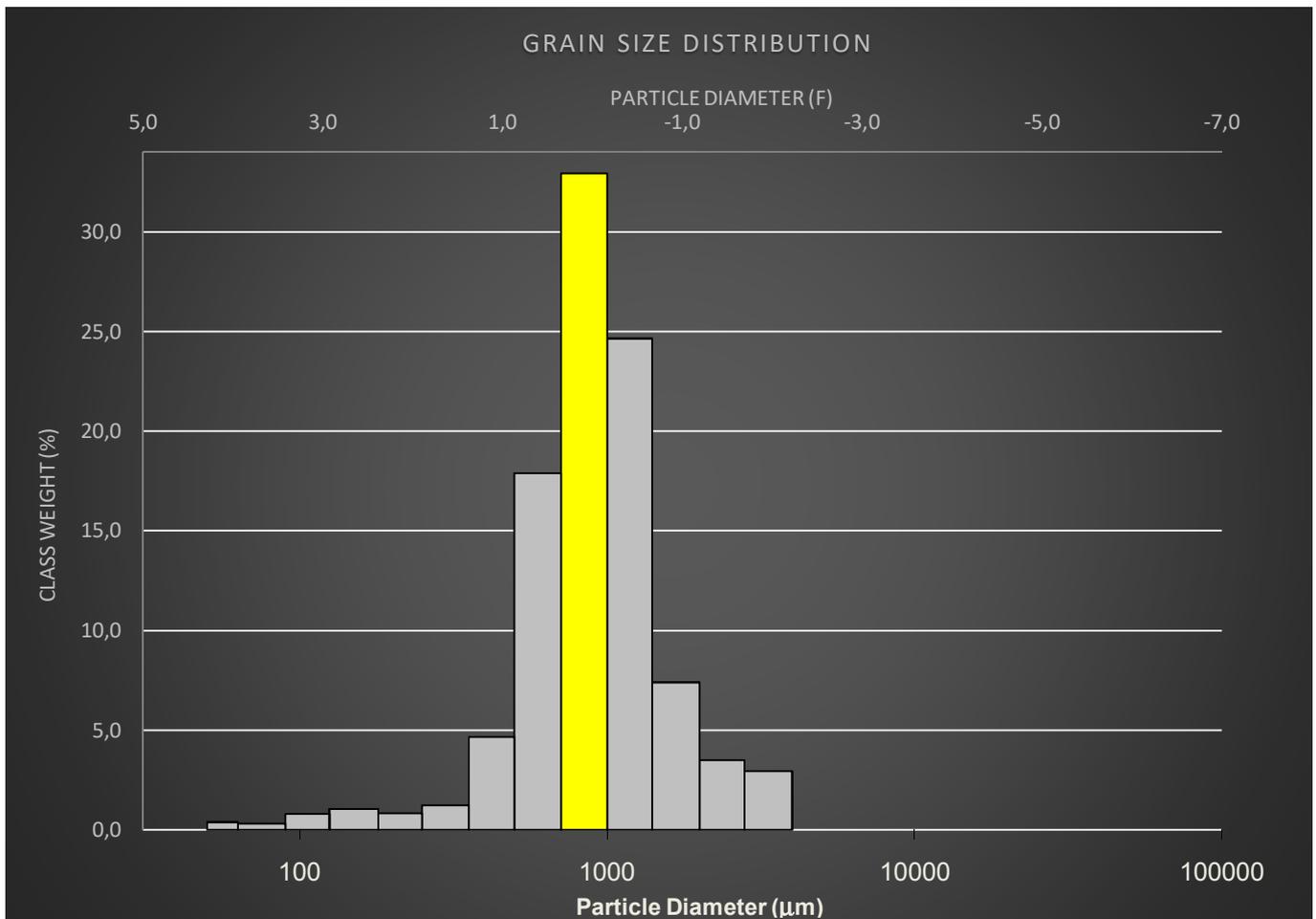
ANALYST & DATE: ,

SAMPLE TYPE: Unimodal, Moderately Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Coarse Sand

	$\mu\text{m}$ $\phi$		GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
	$\mu\text{m}$	$\phi$	GRAVEL: 6,5%	COARSE SAND: 51,9%	SAND: 93,2%	MEDIUM SAND: 6,0%
MODE 1:	855,0	0,247	MUD: 0,3%	FINE SAND: 1,9%		
MODE 2:				V FINE SAND: 1,1%		
MODE 3:			V COARSE GRAVEL: 0,0%	V COARSE SILT: 0,3%		
D <sub>10</sub> :	506,9	-0,772	COARSE GRAVEL: 0,0%	COARSE SILT: 0,0%		
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	891,7	0,165	MEDIUM GRAVEL: 0,0%	MEDIUM SILT: 0,0%		
D <sub>90</sub> :	1708,0	0,980	FINE GRAVEL: 0,0%	FINE SILT: 0,0%		
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	3,369	-1,269	V FINE GRAVEL: 6,5%	V FINE SILT: 0,0%		
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	1201,0	1,752	V COARSE SAND: 32,3%	CLAY: 0,0%		
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	1,797	-2,081				
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	536,3	0,845				
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	1040,5	880,1	0,184	884,9	0,176	Coarse Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	611,4	1,787	0,838	1,648	0,721	Moderately Sorted
SKEWNESS ( $S_k$ ):	2,005	-0,880	0,880	0,006	-0,006	Symmetrical
KURTOSIS ( $K$ ):	8,078	6,567	6,567	1,292	1,292	Leptokurtic



## SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: **Reimpianto 3**

ANALYST & DATE: ,

SAMPLE TYPE: Polymodal, Very Poorly Sorted

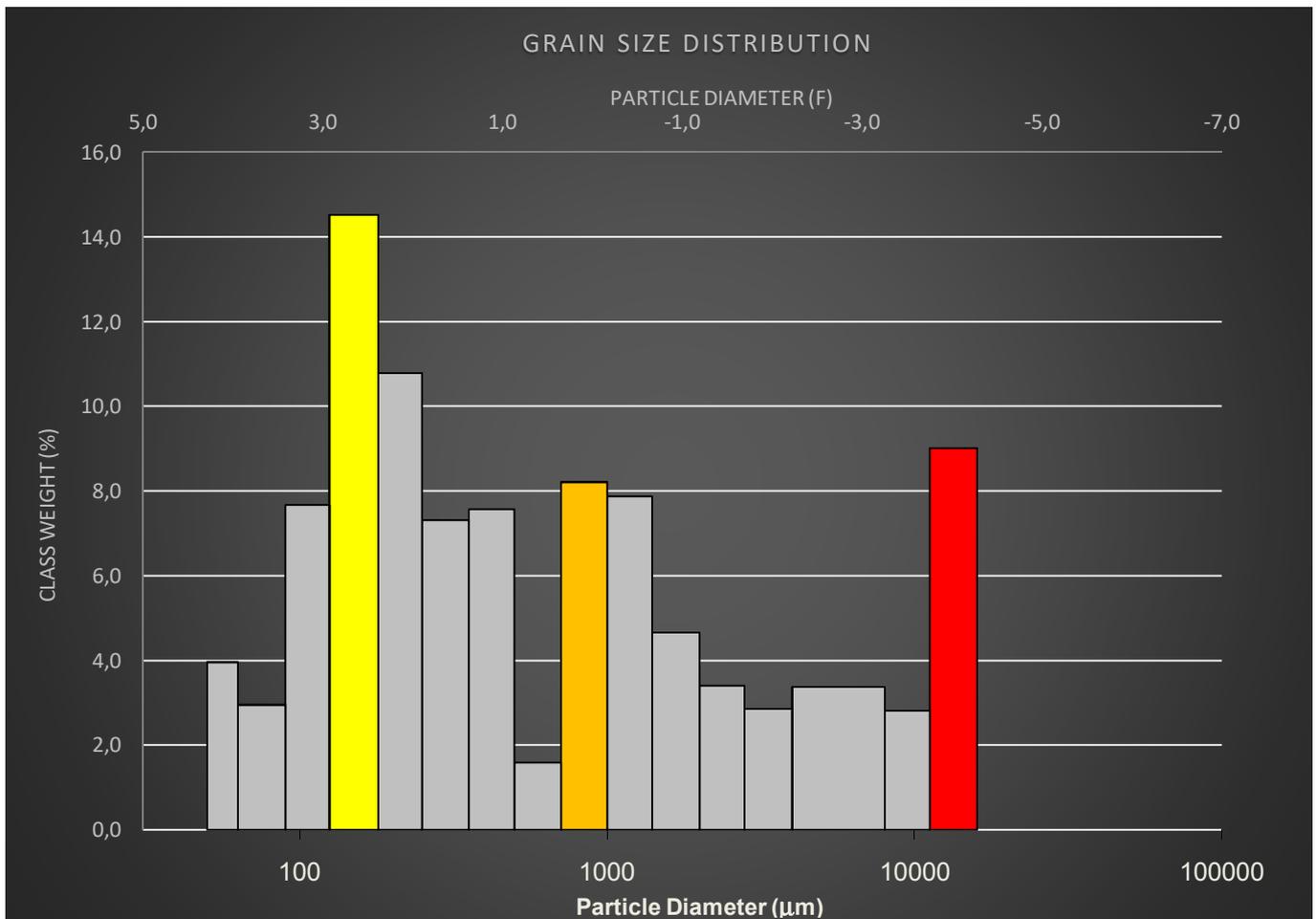
TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Medium Gravelly Fine Sand

	$\mu\text{m}$ $\phi$		GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
	$\mu\text{m}$	$\phi$	GRAVEL: 24,9%	COARSE SAND: 9,7%	SAND: 72,6%	MEDIUM SAND: 14,8%
MODE 1:	152,5	2,737	MUD: 2,5%	FINE SAND: 25,4%		
MODE 2:	855,0	0,247		V FINE SAND: 10,3%		
MODE 3:	427,5	1,247	V COARSE GRAVEL: 0,0%	V COARSE SILT: 2,5%		
D <sub>10</sub> :	109,7	-3,348	COARSE GRAVEL: 0,0%	COARSE SILT: 0,0%		
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	434,0	1,204	MEDIUM GRAVEL: 12,0%	MEDIUM SILT: 0,0%		
D <sub>90</sub> :	10184,1	3,189	FINE GRAVEL: 6,7%	FINE SILT: 0,0%		
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	92,86	-0,952	V FINE GRAVEL: 6,2%	V FINE SILT: 0,0%		
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	10074,4	6,537	V COARSE SAND: 12,4%	CLAY: 0,0%		
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	11,85	-2,617				
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	1813,8	3,567				

	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	2459,2	656,9	0,606	675,2	0,567	Coarse Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	4100,9	5,034	2,332	5,385	2,429	Very Poorly Sorted
SKEWNESS ( $S_k$ ):	1,941	0,509	-0,509	0,355	-0,355	Very Coarse Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	5,368	2,071	2,071	0,839	0,839	Platykurtic



## SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: **Reimpianto 8**

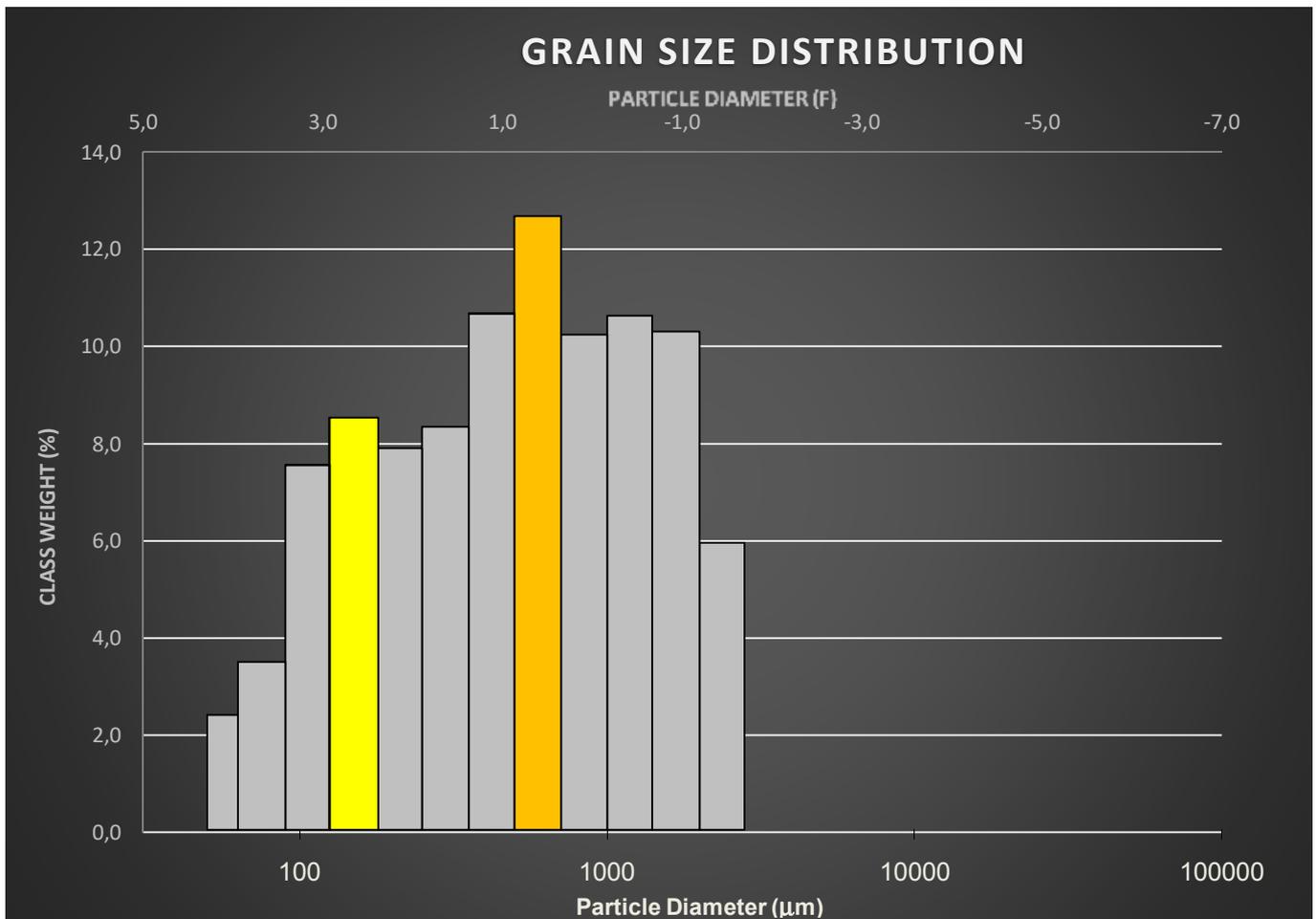
ANALYST & DATE: ,

SAMPLE TYPE: Trimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Coarse Sand

	$\mu\text{m}$ $\phi$		GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
	$\mu\text{m}$	$\phi$	GRAVEL: 5,9%	COARSE SAND: 23,6%		
MODE 1:	605,0	0,747	SAND: 92,5%	MEDIUM SAND: 19,5%		
MODE 2:	1200,0	-0,243	MUD: 1,6%	FINE SAND: 16,9%		
MODE 3:	152,5	2,737	V COARSE GRAVEL: 0,0%	V COARSE SILT: 1,6%		
D <sub>10</sub> :	111,1	-0,807	COARSE GRAVEL: 0,0%	COARSE SILT: 0,0%		
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	513,2	0,962	MEDIUM GRAVEL: 0,0%	MEDIUM SILT: 0,0%		
D <sub>90</sub> :	1749,7	3,171	FINE GRAVEL: 0,0%	FINE SILT: 0,0%		
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	15,75	-3,928	V FINE GRAVEL: 5,9%	V FINE SILT: 0,0%		
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	1638,7	3,978	V COARSE SAND: 21,5%	CLAY: 0,0%		
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	5,239	-20,700				
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	873,3	2,389				
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	737,6	467,7	1,096	472,3	1,082	Medium Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	650,3	2,733	1,450	2,885	1,529	Poorly Sorted
SKEWNESS ( $S_k$ ):	1,111	-0,211	0,211	-0,110	0,110	Fine Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	3,317	2,026	2,026	0,788	0,788	Platykurtic



## SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: **Reimpianto 12**

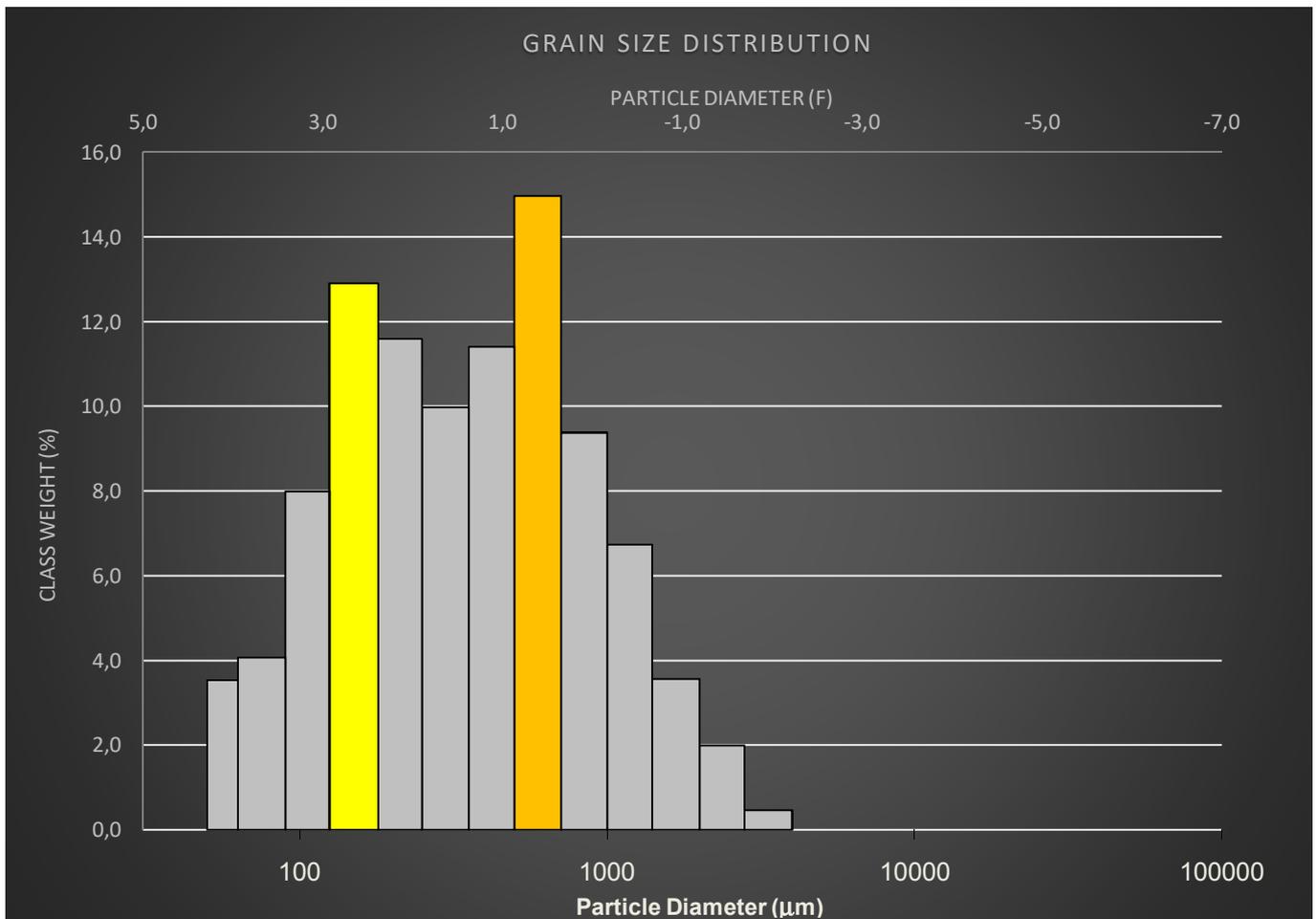
ANALYST & DATE: ,

SAMPLE TYPE: Bimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Slightly Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Slightly Very Fine Gravelly Fine Sand

	$\mu\text{m}$ $\phi$		GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
	MODE 1:	605,0	0,747	GRAVEL: 2,5%	COARSE SAND: 25,2%	
MODE 2:	152,5	2,737	SAND: 95,2%	MEDIUM SAND: 22,0%		
MODE 3:			MUD: 2,3%	FINE SAND: 25,3%		
D <sub>10</sub> :	103,2	-0,215		V FINE SAND: 12,2%		
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	352,1	1,506	V COARSE GRAVEL: 0,0%	V COARSE SILT: 2,3%		
D <sub>90</sub> :	1161,1	3,276	COARSE GRAVEL: 0,0%	COARSE SILT: 0,0%		
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	11,25	-15,203	MEDIUM GRAVEL: 0,0%	MEDIUM SILT: 0,0%		
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	1057,8	3,491	FINE GRAVEL: 0,0%	FINE SILT: 0,0%		
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	4,092	4,542	V FINE GRAVEL: 2,5%	V FINE SILT: 0,0%		
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	507,6	2,033	V COARSE SAND: 10,5%	CLAY: 0,0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	525,2	344,1	1,539	344,9	1,536	Medium Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	518,0	2,497	1,320	2,557	1,355	Poorly Sorted
SKEWNESS ( $S_k$ ):	2,213	0,072	-0,072	-0,018	0,018	Symmetrical
KURTOSIS ( $K$ ):	9,345	2,266	2,266	0,874	0,874	Platykurtic





**ISPRA**

Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale

## Monitoraggio relativo alle praterie di *Posidonia oceanica*

### 1. Piano di campionamento – monitoraggio Posidonia

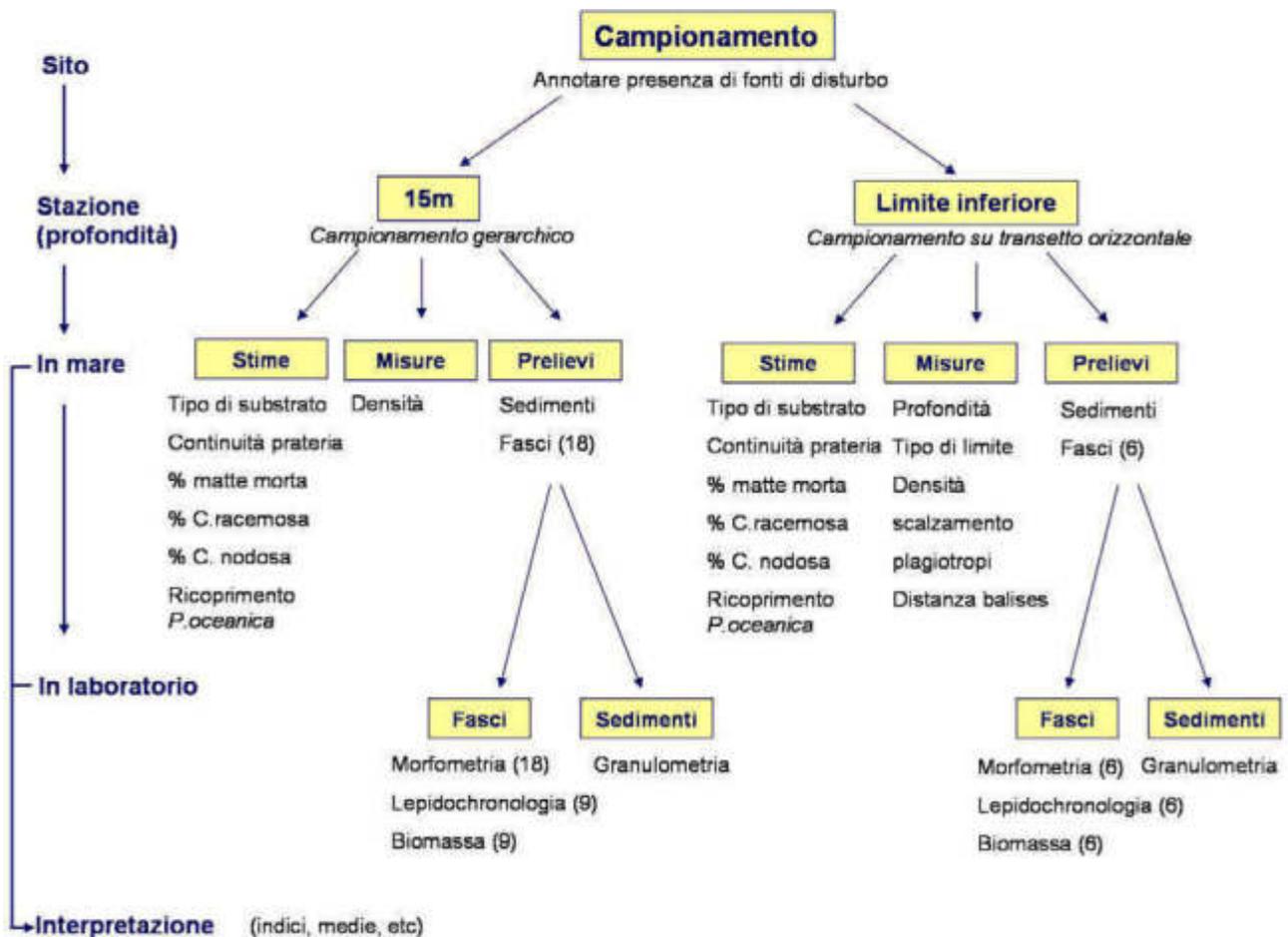
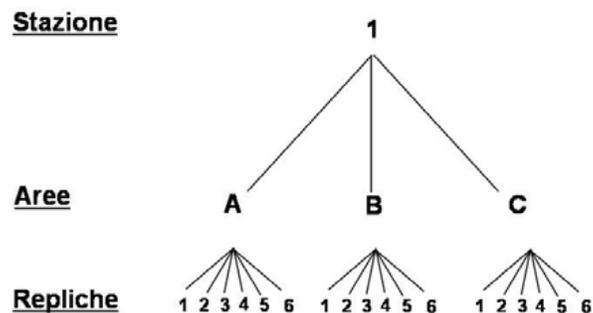


Figura 1: Piano di campionamento per il monitoraggio di *P. oceanica*: stime, misure e prelievi in mare, e analisi di laboratorio.

## **2. Strategie di campionamento**

### **2.1 Campionamento gerarchico (stazione a 15m)**

Una strategia di campionamento gerarchica (figura 2a) permette di avere una confidenza statistica più elevata, e di ridurre la probabilità di includere errori di interpretazione dei dati dovuti alla variabilità naturale della prateria.



**Figura 2a:** Schema di una strategia di campionamento gerarchica

La strategia di campionamento gerarchica richiesta per la stazione a 15m, include la definizione di 3 aree (400m<sup>2</sup> circa ciascuna, distanziate di 10m tra loro) in ciascuna delle quali verranno effettuati:

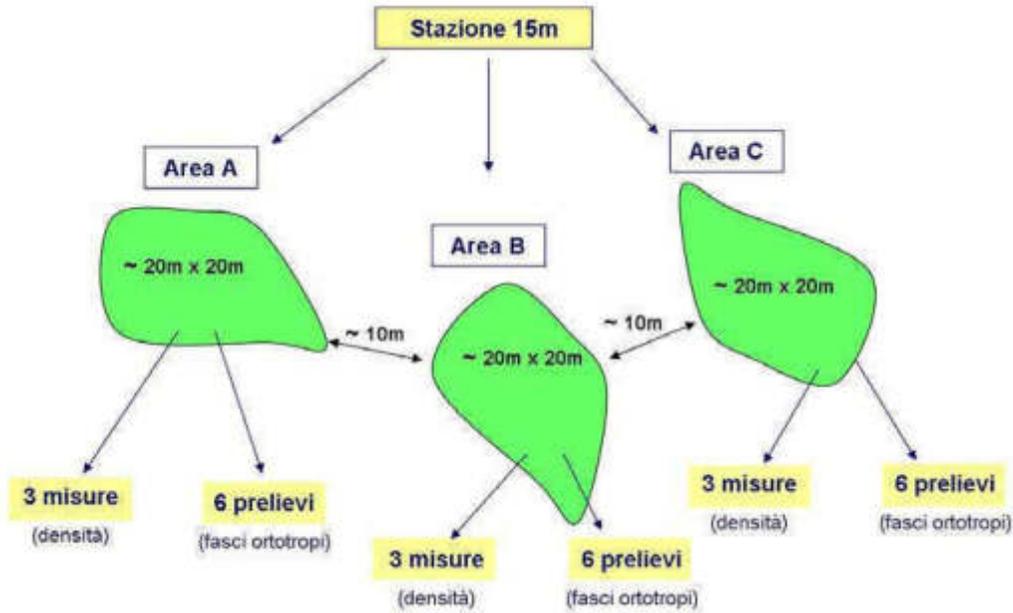
- 3 repliche per le misure di densità,
- 6 repliche per i prelievi di fasci ortotropi (Figura 2b).

Le repliche in una stessa area devono essere distanziate, tra di loro, di almeno 1 metro.

L'ultima replica in un'area e la prima replica dell'area seguente, devono essere distanziate di circa 10 metri.

In totale verranno effettuate quindi 9 misure di densità e 3 misure di ricoprimento e verranno prelevati 18 fasci ortotropi.

NOTA: i fasci da prelevare non devono essere né terminali, né doppi (in divisione) e possibilmente lunghi.



**Figura 2b:** Strategia di campionamento gerarchica, richiesta per il monitoraggio di *P.oceanica* sulla stazione di 15m.

Per ciascuna delle 3 aree, oltre alle misure e i prelievi di cui sopra, dovranno essere effettuate delle stime relative a: ricoprimento della *P. oceanica*, tipo di substrato, continuità della prateria, % matte morta, % *Caulerpa racemosa*, % *Cymodocea nodosa*. Tali stime dovranno essere eseguite a scala di stazione, valutate da due operatori indipendenti ed espresse come percentuale; le due valutazioni dovranno poi essere mediate per determinare la stima complessiva.

## 2.2 Campionamento su transetto orizzontale (stazione sul limite inferiore)

Sul limite inferiore indagato, la strategia di campionamento dovrà essere realizzata lungo un transetto orizzontale, in corrispondenza dei *balise* (i.e. transetto di 50-60m).

Verranno effettuati:

- 6 repliche per le misure di densità,
- 6 prelievi di fasci ortotropi.

Le repliche saranno casuali lungo il transetto e distanziate tra loro minimo 1m (idealmente ogni replica è presa su una porzione diversa del *balisage* – i.e. una porzione è definita da 2 *balises* successivi).

Oltre alle misure e i prelievi di cui sopra, dovrà essere effettuata una singola stima relativa a: Ricoprimento della *P. oceanica*, tipo di substrato, continuità della prateria, % matte morta, % *Caulerpa racemosa*, % *Cymodocea nodosa*, effettuata lungo la totalità del transetto, valutata sulla base delle osservazioni di due operatori indipendenti (come per la stazione a 15m).

### 3. Parametri

#### 3.1 Stime visive in mare (entrambe le stazioni)

Le stime visive sono effettuate come specificato sopra per le 2 stazioni a diversa profondità, a scala di stazione in immersione subacquea (o a bordo di un natante per le fonti di disturbo).

Parametro	Unità di misura	Sintesi
Continuità della prateria	1=continuo 2=discontinuo	1-2
Ricoprimento % matte morta	%	%
Ricoprimento % <i>P. oceanica</i> viva	%	%
Ricoprimento % <i>Caluerpa racemosa</i>	%	%
Ricoprimento % <i>Cymodocea nodosa</i>	%	%
Tipo di substrato	1= roccia 2=sabbia 3=matte	1-2-3
Fonti di disturbo evidenti	1=pres.za 2=ass.za	pres/ass
Composizione prateria	1=pura 2=mista	1-2
Presenza alghe alloctone	1= <i>Caluerpa racemosa</i> 2= <i>Caluerpa taxifolia</i> 3=entrambi	1-2-3

Tabella 1: stime visive da effettuare in mare e relativi riferimenti MATTM

**Ricoprimento:** espresso come percentuale (%) di substrato ricoperto dalle piante, rispetto a quello non ricoperto (sabbia, roccia “matte” morta etc.).

**Misura (stima):** due operatori valutano indipendentemente la porzione di substrato ricoperto da *Posidonia oceanica* viva, all’interno di un area di circonferenza di 5 metri di raggio (disegnata attorno a un punto fisso). I due operatori esprimono le loro stime (%) visive; la media tra le due stime fornisce il valore di ricoprimento (Buia *et al.*, 2003).

#### 3.2 Misure in immersione subacquea su entrambe le stazioni

La densità è l’unica misura da effettuare in mare per entrambe le stazioni, oltre al prelievo di fasci.

**Densità:** conta dei fasci nel quadrato 40x40cm (repliche precisate nella strategia di campionamento: 9 a 15 m, 6 sul limite inferiore). I numeri di fasci per quadrato devono essere poi estrapolati al m<sup>2</sup>.

Parametro	Unità di misura	Sintesi
Densità assoluta dei fasci fogliari	Numero dei fasci fogliari per metro quadrato	Num/m <sup>2</sup>

Tabella 2: Misure da effettuare in mare a 15m e sul limite inferiore e relativi riferimenti MATTM

**Prelievo di fasci** per le analisi di laboratorio (repliche precisate nella strategia: 18 a 15m, 6 sul limite inferiore).

**Prelievo di sedimenti:** dovrà essere effettuato un prelievo di sedimento per stazione tramite l’uso di un carotiere in PVC.

### 3.3 Misure in immersione subacquea solo sul limite inferiore della prateria

Le misure relative al marcaggio del limite inferiore della prateria di *P. oceanica (balisage)* sono effettuate seguendo il protocollo definito da Bertrand *et al.* (1986) e Boudouresque *et al.* (2000).

Le misure sotto elencate dovrebbero essere, in linea generale, riferite ad operazioni di ritorno sui *balise* già posizionati nel corso del Programma di Monitoraggio 2001-2007.

Profondità del limite inferiore: misurata all'altezza di ogni *balise* (10-11 repliche).

Tipo di limite inferiore: video o fotografia lungo il transetto. Il limite inferiore viene poi caratterizzato in uno dei 4 limiti definiti da Meinesz & Laurent (1978).

Scalzamento della prateria e Portamento dei rizomi (% di rizomi plagiotropi): possono essere misurati direttamente nello stesso quadrato utilizzato per misurare la densità; contare il numero di rizomi scalzati e di rizomi plagiotropi presenti nel quadrato e rapportarlo al numero totale di rizomi (conte di densità).

Scalzamento dei rizomi in cm: definito da Boudouresque *et al.* (1984) è la distanza tra il sedimento e la base delle foglie per i rizomi ortotropi, o la distanza tra il sedimento e la parte inferiore dei rizomi per i rizomi plagiotropi. Lo scalzamento in cm è misurato per 6 singoli rizomi ortotropi, selezionati casualmente, in corrispondenza del limite e a una distanza minima tra fasci di 1m. Questa distanza è misurata con l'aiuto di una distanza di riferimento (per esempio una porzione della lavagnetta graduata).

#### Distanza dal corpo morto

Effettuare le riprese fotografiche già specificate nelle Metodologie Analitiche di riferimento del Programma di Monitoraggio 2001-2007 (Cicero, Di Girolamo (Ed), 2001):

- 3 riprese in orizzontale (centrale, laterale destra e sinistra) ad altezza di 0,5 m dal fondo, utilizzando il picchetto già installato a circa 1,5 m dal *balise*, a valle rispetto al limite della prateria
- una fotografia dall'alto, al di sopra del *balise* (perpendicolare), ad una distanza di circa 1,5 m da questo.

Parametro	Unità di misura	Sintesi
Scalzamento dei rizomi ortotropi	centimetri	cm
Scalzamento dei rizomi plagiotropi	centimetri	cm
Profondità limite inferiore	metri	m
Tipo di limite	1=netto 2=progressivo 3=erosivo 4=regressivo	1-2-3-4
Scalzamento della prateria	% n. rizomi scalzati/ n. rizomi totali	%
Portamento rizomi (% rizomi plagiotropi)	% rizomi plagiotropi	%
Distanza corpo morto n.1 al limite inf.	centimetri	cm
Distanza corpo morto n.2 al limite inf.	centimetri	cm
Distanza corpo morto n.3 al limite inf.	centimetri	cm
Distanza corpo morto n.4 al limite inf.	centimetri	cm

Distanza corpo morto n.5 al limite inf.	centimetri	cm
Distanza corpo morto n.6 al limite inf.	centimetri	cm
Distanza corpo morto n.7 al limite inf.	centimetri	cm
Distanza corpo morto n.8 al limite inf.	centimetri	cm
Distanza corpo morto n.9 al limite inf.	centimetri	cm
Distanza corpo morto n.10 al limite inf.	centimetri	cm

**Tabella 3:** Misure da effettuare in mare solo sul limite inferiore e relativi riferimenti MATTM

### 3.4 Analisi in laboratorio (entrambe le stazioni)

Le misure di laboratorio sui fasci prelevati devono essere effettuate nel seguente ordine: parametri lepidocronologici – parametri morfometrici – parametri di biomassa

A 15 m, le misure morfometriche sono effettuate sui 18 fasci prelevati, mentre le misure lepidocronologiche sono effettuate solo su 9 di questi fasci. I 9 fasci saranno selezionati in base al criterio di lunghezza del rizoma: per ogni area saranno selezionate i 3 fasci con il rizoma più lungo.

Sul limite inferiore sono prelevati solo 6 fasci, le misure morfometriche e lepidocronologiche sono effettuate su tutti i fasci.

#### 3.4.1 Parametri lepidocronologici

Prima di misurare i parametri lepidocronologici è necessario misurare la lunghezza del rizoma. I parametri lepidocronologici sono misurati seguendo il protocollo di Pergent (1990), presentato anche in Buia *et al.* (2003).

Parametro	Unità di misura	Sintesi
Produzione annuale rizoma	mg fascio all'anno	mg/fas/anno
Lepidocronologia Allungamento annuale del rizoma	millimetri per anno	mm/anno
Lepidocronologia Numero foglie fascio anno	numero foglie fascio anno	num anno
Lepidocronologia Lunghezza intera rizoma	centimetri	cm
Età rizoma	anni	anni

**Tabella 4:** Parametri lepidocronologici e relativi riferimenti MATTM

#### 3.4.2 Parametri morfometrici

I parametri morfometrici sono misurati seguendo il protocollo di Giraud (1979), presentato anche in Buia *et al.* (2004). Una volta misurati i parametri morfometrici, conservare le foglie per la misura dei parametri di biomassa.

Parametro	Unità di misura	Sintesi
Larghezza foglie giovanili	centimetri	cm
Lunghezza totale foglie giovanili	centimetri	cm
Larghezza foglie intermedie	centimetri	cm
Lunghezza totale foglie intermedie	centimetri	cm
Lunghezza tessuto bruno foglie interm,	centimetri	cm
Larghezza foglie adulte	centimetri	cm

Lunghezza totale foglie adulte	centimetri	cm
Lunghezza tessuto bruno foglie adulte	centimetri	cm
Lunghezza della base foglie adulte	centimetri	cm
N.ro medio foglie x ciuffo (ad.+interm.)	numero medio foglie per ciuffo	num/ciuffo
Coefficiente A adulte	% adulte con apice rotto su numero totale adulte	%
Coefficiente A intermedie	% intermedie con apice rotto su numero totale intermedie	%
Lunghezza foglia intermedia + lunga	centimetri	cm
Superficie fogliare fascio (ad.+interm)	centimetri quadri per fascio	cmq/fascio

**Tabella 5:** Parametri morfometrici e relativi riferimenti MATTM

(Nota: la superficie fogliare per fascio risulta dall'interpretazione dei dati precedenti (larghezza, lunghezza e numero di foglie).

### 3.4.3 Parametri di biomassa

I parametri di biomassa sono espressi in mg di peso secco. Foglie ed epifiti vengono quindi seccati, in una stufa a 60°C fino ad ottenere un peso costante (approx 48h), e poi pesati.

Biomassa fogliare: separare la foglia più vecchia dalle altre. Seccare e pesare separatamente: i) la foglia più vecchia, ii) il resto delle foglie del fascio (non dimenticarsi di sommare i due per il parametro di biomassa fogliare del fascio)

Parametro	Unità di misura	Sintesi
Biomassa fogliare ciuffo (ad.+interm.)	grammi peso secco su fascio	g ps
Biomassa epifiti	milligrammi/fascio	mg/fascio
Produzione fogliare per fascio	grammi per anno	g/anno

**Tabella 5:** Parametri di biomassa e relativi riferimenti MATTM

Produzione fogliare fascio: Metodologie Analitiche di riferimento del Programma di Monitoraggio 2001-2007 (Cicero, Di Girolamo (Ed), 2001). Calcolata applicando la formula

$$P = N \times L \times D \text{ dove:}$$

N = numero medio di foglie x fascio,

L = lunghezza media annuale delle foglie

D = densità media annuale delle foglie più vecchie

NOTA: registrare e conservare i dati bruti dei valori N, L e D. Non applicare fattori di conversione

### 3.4.4 Granulometria del sedimento

Fare riferimento alle Metodologie Analitiche di riferimento del Programma di Monitoraggio 2001-2007 (Cicero, Di Girolamo (Ed), 2001)

Parametro	Unità di misura	Sintesi
Sabbia (0.063 mm < x < 2mm)	% su totale sedimento	%
Ghiaia (diametro > 2mm)	% su totale sedimento	%
Peliti (diametro < 0.063mm)	% su totale sedimento	%

**Tabella 6:** Parametri di granulometria del sedimento e relativi riferimenti MATTM

#### **4. Elaborazione Dati**

**IMPORTANTE:** La maggior parte dei parametri richiedono un'interpretazione (tutti ad eccezione delle stime visive).

Le medie saranno effettuate rispettando la strategia di campionamento – a 15m: i) media per ogni replica, ii) media delle repliche in ciascuna area, iii) media delle 3 aree per stazione; sul limite inferiore indagato: i) media per replica, ii) media delle repliche per stazione.

Per le misure in mare e le analisi di laboratorio vedi paragrafi 3.2, 3.3, 3.4, e i protocolli di riferimento.

Indice di Conservazione (Moreno *et al.*, 2001), CI:

$$CI = L/(L+D)$$

L: % *P. oceanica* viva, D: % matite morta

Indice di Sostituzione (Montefalcone *et al.*, 2006), SI:

$$SI = Cn/(Po+Cn)$$

Cn: % *C. nodosa*, Po: % *P. oceanica*

I parametri necessari per il calcolo di questi due indici, sono descritti nel §3.1

## **Parametri a supporto**

Per la stazione a 15 m:

Intensità della luce e della temperatura: una categoria di strumenti il cui uso è sempre più diffuso è costituita da data loggers, sono strumenti di piccole dimensioni, essi possono essere lasciati in situ e permettono di ottenere una notevole risoluzione spaziale e temporale delle misure in continuo. Le caratteristiche dei modelli utilizzabili sono illustrate nel “*Manuale di Metodologie di campionamento e studio del benthos marino mediterraneo*” cui si può fare riferimento (Lorenti M., De Falco G. 2003). Di norma tali strumenti sono di forma cilindrica o circolare e hanno dimensioni variabili tra i 7 e i 13 cm, l’accuratezza dichiarata varia tra + 0,2 e 0,05 °C mentre gli intervalli di campionamento vanno dal secondo alle 90 ore. Le procedure di utilizzo della sonda data loggers prevedono le seguenti fasi: 1) la programmazione dell’attività del sensore della luce e della temperatura e l’impostazione degli intervalli temporali di acquisizione dei dati (preferibilmente ogni 30 minuti) con l’ausilio dell’apposito software dedicato previo collegamento al computer (operazione da eseguire in barca o in laboratorio); 2) la collocazione e l’ancoraggio in situ del data loggers (mediante picchetti o corpi in cemento muniti di piccole boe). Posizionare la sonda tra le foglie di *P.oceanica* evitando che essa sporga troppo, segnalare con un sistema GPS le coordinate di riferimento del luogo dove è stata riposta la sonda; 3) una volta che l’attrezzo è stato riportato in superficie, lo scarico dei dati avviene mediante lo stesso software di gestione, che in genere permette anche l’elaborazione di grafici.

N.B. Per il monitoraggio condotto ai sensi del D.Lgs. 152/2006 non è obbligatorio l’impiego della sonda mentre è obbligatoria la misura della trasparenza (disco Secchi) e della temperatura.

## **Bibliografia:**

Bertrand M.C., Boudouresque C.F., Foret P., Lefevre J.R., Meinesz A., 1986. Réseau de surveillance Posidonies. Rapport 1985. GIS Posidonie Publ., Marseille, Fr. 1-61

Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Meinesz A., 1984. Relation entre la sédimentation et l'allongement des rhizomes orthotropes de *Posidonia oceanica* dans la baie d'Elbu (Corse). In: Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. Eds. International workshop on *Posidonia oceanica* Beds. GIS Posidonie publ., Fr., pp. 185-191.

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, 328-331

Buia M.C., Gambi M.C., Dappiano M. 2003. I sistemi a fanerogame marine. In: Gambi M.C., Dappiano M. (Editors). Manuale di Metodologie di campionamento e studio del benthos marino mediterraneo. *Biol. Mar. Med*, 19 (Suppl.): 145-198.

Cicero A.M., Di Girolamo I. (Ed), 2001 Metodologie analitiche di riferimento del Programma di Monitoraggio dell'ambiente marino costiero (Triennio 2001-2003). Roma, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, ICRAM

Giraud G., 1979. Sur une méthode de mesure et de comptage des structures foliaires de *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile. *Bulletin du Muséum d'Histoire Naturelle de Marseille* 39, 33-39.

Lorenti M., De Falco G. 2003. Misura e caratterizzazione di variabili abiotiche. In: Gambi M.C., Dappiano M. (Editors). Manuale di Metodologie di campionamento e studio del benthos marino mediterraneo. *Biol. Mar. Med*, 19 (Suppl.): 1-41.

Meinesz A. & Laurent R., 1978, Cartographie et état de la limite inférieure de l'herbier de *Posidonia oceanica* dans les Alpes-maritimes (France). *Botanica marina* 21, 513-526.

Montefalcone M., Albertelli G., Bianchi C.N., Mariani M., Morri C., 2006. A new synthetic index and a protocol for monitoring the status of *Posidonia oceanica* meadows: a case study at Sanremo (Ligurian Sea, NW Mediterranean). *Aquatic conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 16, 29-42.

Moreno D., Aguilera P., Castro H., 2001. Assessment of the conservation status of seagrass (*Posidonia oceanica*) meadows: implications for monitoring strategy and the decision-making process. *Biological Conservation* 102, 325 - 332.

Pergent G., 1990. Lepidochronological analysis of the seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile: A standardised approach. *Aquatic Botany* 57, 39-54.

Pergent G., Clabaut P., Mimault B., Pasqualini V., Pergent-Martini C., 2005. Mise en oeuvre d'un réseau de surveillance Posidonies le long du littoral de la Corse. Deuxième phase : Porto-Vecchio/Ajaccio. Contrat Office de l'Environnement de la Corse et GIS Posidonie Centre de Corse, GIS Posidonie Publ., Corte, pp.1-133.

**Allegato 1: Differenze rispetto al Vecchio piano di monitoraggio (in termini di parametri richiesti)**

**Stazioni per sito:**

Vecchio piano di campionamento: 1 stazione - limite inferiore della prateria

Nuovo piano di campionamento: 2 stazioni - 15m e limite inferiore della prateria

**Strategia di campionamento:**

Vecchio piano di campionamento: strategia casuale – 5 misure (densità) e 14 fasci

Nuovo piano di campionamento: a 15m: strategia gerarchica – 9 misure (3 x 3 aree), e 18 fasci (6 x 3 aree)

Sul limite inferiore: transetto orizzontale – 6 misure e 6 fasci

**Balisage:**

aggiunta di una foto da posizione perpendicolare al balise

**Nuovi Parametri:**

- Analisi granulometria sedimento
- Sonda a 15 m in continuo

**A cura di:** Cecilia Lopez y Royo, Gianna Casazza , Tiziano Bacci, Francesco Rende (ISPRA), Maria Cristina Buia (Stazione Zoologica “Anton Dohrn” di Napoli).



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

AGENZIA REGIONALE PRO S'AMPARU DE S'AMBIENTE DE SARDIGNA  
AGENZIA REGIONALE PER LA PROTEZIONE DELL'AMBIENTE DELLA SARDEGNA

ARPAS

Dipartimento Sassari e Gallura

**TIT. B.I Fasc. 720/2020**

- > Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sardegna.  
[adsp@pec.adspmaredisardegna.it](mailto:adsp@pec.adspmaredisardegna.it)
  
- > ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale.  
Dipartimento Valutazioni, Controlli e Sostenibilità Ambientale.  
Servizio per le Valutazioni Ambientali Integrate e Strategiche e per le Relazioni tra Ambiente e Salute; Sezione VIA (Valutazioni di Impatto Ambientale)  
Att.ne Dott. Massimo Gabellini  
[protocollo.ispra@ispra.legalmail.it](mailto:protocollo.ispra@ispra.legalmail.it)

e p.c.

- > Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare - Direzione Generale per le Valutazioni Ambientali.  
[DGSalvaguardia.ambientale@pec.minambiente.it](mailto:DGSalvaguardia.ambientale@pec.minambiente.it)

**Oggetto:** Verifica di Ottemperanza progetto di “Adeguamento tecnico funzionale al Piano Regolatore Portuale del porto civico di Porto Torres - Prolungamento dell'antemurale di ponente e resecazione banchina alti fondali” Decreto Ministeriale n. 35 del 06/02/2018. Ottemperanza prescrizione A5.

In riferimento alla nota ricevuta in data 12 giugno 2020 (prot. ARPAS 18797) dall'Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sardegna relativa all'ottemperanza della prescrizione A5 del decreto di compatibilità ambientale DM 35 del 06/02/2018, si esprime quanto segue.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

AGENZIA REGIONALE PRO S'AMPARU DE S'AMBIENTE DE SARDIGNA  
AGENZIA REGIONALE PER LA PROTEZIONE DELL'AMBIENTE DELLA SARDEGNA

ARPAS

Dipartimento Sassari e Gallura

Premesso che il progetto sottoposto a Valutazione di Impatto Ambientale contiene un intervento compensativo di trapianto della *Posidonia oceanica* presente nell'area occupata dal molo di sopraflutto in realizzazione.

Considerato che per la realizzazione di tale intervento di compensazione è stata imposta nel DM 35/2018 la prescrizione A5 che recita *“Come già proposto dall'Autorità Portuale e richiesto dall'ARPAS, occorre presentare al MATTM uno studio di dettaglio sia per l'esatta definizione delle aree di reimpianto della Posidonia sia per chiarire le modalità di gestione del materiale asportato (contenente talli di Caulerpa) e la compatibilità del sedimento contenuto nelle matte asportate con il sito di destinazione. Il controllo sull'attuazione di tale studio dovrà essere effettuato dall'ARPAS.”*

Visto il quadro economico così come definito nel Progetto Esecutivo, nel quale vengono previsti € 1.590.197,40 per gli interventi di reimpianto.

Visti i contenuti del decreto di conclusione della Conferenza dei Servizi sull'approvazione del Progetto Esecutivo (prot. ARPAS 27891 del 2/8/2018).

Atteso che in ottemperanza della prescrizione A5 è stato trasmesso a questa Agenzia lo studio di dettaglio del progetto di reimpianto (prot. ARPAS 14832 del 24/4/2019), sul quale è stato espresso parere positivo con documento prot. ARPAS 19403 del 29/5/2019.

Tutto ciò premesso, si richiama la nota in apertura, nella quale l'Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sardegna dichiara una situazione ambientale della prateria a *Posidonia oceanica* alquanto compromessa nell'area soggetta alla posa dei cassoni.

Tale situazione, a giudizio del Proponente, inficia la possibilità di attecchimento nell'operazione di espianto e reimpianto della posidonia, non giustificando il costo economico dell'operazione stimato in € 1.590.197,40.

Per tale motivo Autorità Portuale non intende procedere al trapianto delle zolle di *Posidonia oceanica* spiantate, indirizzandosi verso uno *“smaltimento del posidonieto secondo legge”*.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

AGENZIA REGIONALE PRO S'AMPARU DE S'AMBIENTE DE SARDIGNA  
AGENZIA REGIONALE PER LA PROTEZIONE DELL'AMBIENTE DELLA SARDEGNA

ARPAS

Dipartimento Sassari e Gallura

È opportuno richiamare innanzitutto che la situazione di degrado in cui la prateria di posidonia si trova è già stata ampiamente presentata al MATTM e ad ARPAS e discussa nell'iter di approvazione dello studio di dettaglio redatto nel 2019, di fatto riconfermando quanto già emerso durante la fase istruttoria della VIA. Tuttavia in tale studio al fine di procedere comunque con il previsto intervento di compensazione, non solo viene confermata la tecnica di trapianto a zolle, ma anche proposta parallelamente una riforestazione con tecniche sperimentali in due aree test.

La nota dell'Autorità Portuale richiamata in apertura non chiarisce i motivi per cui, a distanza di un anno dalle interlocuzioni con il Ministero e con questa Agenzia, il Proponente non intenda più procedere all'attuazione di tale misura di compensazione, valutato anche che, per quanto di conoscenza a questa Agenzia, non risultano modificate nel frattempo le condizioni ambientali nell'area.

A fronte di quanto sopra dichiarato, questa Agenzia ritiene che la rinuncia alla misura di compensazione non sia attuabile, in quanto la stessa costituisce parte integrante del progetto che ha ottenuto la compatibilità ambientale e il Proponente è tenuto a ottemperare alle condizioni ambientali contenute nel provvedimento di VIA (art. 28 comma 1 del D. Lgs. 152/06). Si rileva inoltre che la tutela della prateria di *Posidonia oceanica* è da considerarsi prioritaria ai sensi della Direttiva Habitat 92/43/CEE.

Pertanto, rilevata l'obbligatorietà a procedere con la misura di compensazione prevista nel DM 35/2018, stante le oggettive difficoltà evidenziate, è opportuno che il Proponente individui in primo luogo tecniche alternative di trapianto, anche prevedendo l'utilizzo di talee o fasci e, al fine di aumentare le possibilità di attecchimento, proceda ad individuare aree alternative ove effettuare i reimpianti, anche distanti e con minori perturbazioni ambientali rispetto a quelle esistenti nell'attuale area individuata.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

AGENZIA REGIONALE PRO S'AMPARU DE S'AMBIENTE DE SARDIGNA  
AGENZIA REGIONALE PER LA PROTEZIONE DELL'AMBIENTE DELLA SARDEGNA

ARPAS

Dipartimento Sassari e Gallura

Per i dettagli tecnico scientifici dello studio sulle tecniche alternative di trapianto, si rimanda a quanto vorrà esprimere ISPRA, sia come Ente coinvolto nella verifica di ottemperanza, sia come Ente di riferimento scientifico in materia.

**I Funzionari Istruttori**

A. Cossu\*

COSSU QUIRICO  
ANTONIO  
29.07.2020  
07:58:53 UTC

S. Canu\*

CANU SIMONA  
29.07.2020  
07:59:52 UTC

**Il Direttore del Dipartimento**

Antonio Furesi\*

\* documento informatico sottoscritto con firma digitale ai sensi del Decreto Legislativo 82/2005 da Maria Grazia Pintus in sostituzione

PINTUS MARIA GRAZIA  
29.07.2020 08:56:49 UTC





REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

AGENZIA REGIONALE PRO S'AMPARU DE S'AMBIENTE DE SARDIGNA  
AGENZIA REGIONALE PER LA PROTEZIONE DELL'AMBIENTE DELLA SARDEGNA

ARPAS

Dipartimento Sassari e Gallura

**TIT. B.I Fasc. 720/2020**

- > Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sardegna.  
[adsp@pec.adspmaredisardegna.it](mailto:adsp@pec.adspmaredisardegna.it)
  
- > ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale.  
Dipartimento Valutazioni, Controlli e Sostenibilità Ambientale.  
Servizio per le Valutazioni Ambientali Integrate e Strategiche e per le Relazioni tra Ambiente e Salute; Sezione VIA (Valutazioni di Impatto Ambientale)  
Att.ne Dott. Massimo Gabellini  
[protocollo.ispra@ispra.legalmail.it](mailto:protocollo.ispra@ispra.legalmail.it)
  
- e p.c.
  
- > Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare - Direzione Generale per le Valutazioni Ambientali.  
[DGSalvaguardia.ambientale@pec.minambiente.it](mailto:DGSalvaguardia.ambientale@pec.minambiente.it)

**Oggetto:** Verifica di Ottemperanza progetto di "Adeguamento tecnico funzionale al Piano Regolatore Portuale del porto civico di Porto Torres - Prolungamento dell'antemurale di ponente e resecazione banchina alti fondali" Decreto Ministeriale n. 35 del 06/02/2018. Ottemperanza prescrizione A5.

In riferimento alla nota ricevuta in data 12 giugno 2020 (prot. ARPAS 18797) dall'Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sardegna relativa all'ottemperanza della prescrizione A5 del decreto di compatibilità ambientale DM 35 del 06/02/2018, si esprime quanto segue.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

AGENZIA REGIONALE PRO S'AMPARU DE S'AMBIENTE DE SARDIGNA  
AGENZIA REGIONALE PER LA PROTEZIONE DELL'AMBIENTE DELLA SARDEGNA

ARPAS

Dipartimento Sassari e Gallura

Premesso che il progetto sottoposto a Valutazione di Impatto Ambientale contiene un intervento compensativo di trapianto della *Posidonia oceanica* presente nell'area occupata dal molo di sopraflutto in realizzazione.

Considerato che per la realizzazione di tale intervento di compensazione è stata imposta nel DM 35/2018 la prescrizione A5 che recita "*Come già proposto dall'Autorità Portuale e richiesto dall'ARPAS, occorre presentare al MATTM uno studio di dettaglio sia per l'esatta definizione delle aree di reimpianto della Posidonia sia per chiarire le modalità di gestione del materiale asportato (contenente talli di Caulerpa) e la compatibilità del sedimento contenuto nelle matte asportate con il sito di destinazione. Il controllo sull'attuazione di tale studio dovrà essere effettuato dall'ARPAS.*"

Visto il quadro economico così come definito nel Progetto Esecutivo, nel quale vengono previsti € 1.590.197,40 per gli interventi di reimpianto.

Visti i contenuti del decreto di conclusione della Conferenza dei Servizi sull'approvazione del Progetto Esecutivo (prot. ARPAS 27891 del 2/8/2018).

Atteso che in ottemperanza della prescrizione A5 è stato trasmesso a questa Agenzia lo studio di dettaglio del progetto di reimpianto (prot. ARPAS 14832 del 24/4/2019), sul quale è stato espresso parere positivo con documento prot. ARPAS 19403 del 29/5/2019.

Tutto ciò premesso, si richiama la nota in apertura, nella quale l'Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sardegna dichiara una situazione ambientale della prateria a *Posidonia oceanica* alquanto compromessa nell'area soggetta alla posa dei cassoni.

Tale situazione, a giudizio del Proponente, inficia la possibilità di attecchimento nell'operazione di espianto e reimpianto della posidonia, non giustificando il costo economico dell'operazione stimato in € 1.590.197,40.

Per tale motivo Autorità Portuale non intende procedere al trapianto delle zolle di *Posidonia oceanica* spiantate, indirizzandosi verso uno "*smaltimento del posidonieto secondo legge*".



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

AGENZIA REGIONALE PRO S'AMPARU DE S'AMBIENTE DE SARDIGNA  
AGENZIA REGIONALE PER LA PROTEZIONE DELL'AMBIENTE DELLA SARDEGNA

ARPAS

Dipartimento Sassari e Gallura

È opportuno richiamare innanzitutto che la situazione di degrado in cui la prateria di posidonia si trova è già stata ampiamente presentata al MATTM e ad ARPAS e discussa nell'iter di approvazione dello studio di dettaglio redatto nel 2019, di fatto riconfermando quanto già emerso durante la fase istruttoria della VIA. Tuttavia in tale studio al fine di procedere comunque con il previsto intervento di compensazione, non solo viene confermata la tecnica di trapianto a zolle, ma anche proposta parallelamente una riforestazione con tecniche sperimentali in due aree test.

La nota dell'Autorità Portuale richiamata in apertura non chiarisce i motivi per cui, a distanza di un anno dalle interlocuzioni con il Ministero e con questa Agenzia, il Proponente non intenda più procedere all'attuazione di tale misura di compensazione, valutato anche che, per quanto di conoscenza a questa Agenzia, non risultano modificate nel frattempo le condizioni ambientali nell'area.

A fronte di quanto sopra dichiarato, questa Agenzia ritiene che la rinuncia alla misura di compensazione non sia attuabile, in quanto la stessa costituisce parte integrante del progetto che ha ottenuto la compatibilità ambientale e il Proponente è tenuto a ottemperare alle condizioni ambientali contenute nel provvedimento di VIA (art. 28 comma 1 del D. Lgs. 152/06). Si rileva inoltre che la tutela della prateria di *Posidonia oceanica* è da considerarsi prioritaria ai sensi della Direttiva Habitat 92/43/CEE.

Pertanto, rilevata l'obbligatorietà a procedere con la misura di compensazione prevista nel DM 35/2018, stante le oggettive difficoltà evidenziate, è opportuno che il Proponente individui in primo luogo tecniche alternative di trapianto, anche prevedendo l'utilizzo di talee o fasci e, al fine di aumentare le possibilità di attecchimento, proceda ad individuare aree alternative ove effettuare i reimpianti, anche distanti e con minori perturbazioni ambientali rispetto a quelle esistenti nell'attuale area individuata.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

AGENZIA REGIONALE PRO S'AMPARU DE S'AMBIENTE DE SARDIGNA  
AGENZIA REGIONALE PER LA PROTEZIONE DELL'AMBIENTE DELLA SARDEGNA

ARPAS

Dipartimento Sassari e Gallura

Per i dettagli tecnico scientifici dello studio sulle tecniche alternative di trapianto, si rimanda a quanto vorrà esprimere ISPRA, sia come Ente coinvolto nella verifica di ottemperanza, sia come Ente di riferimento scientifico in materia.

**I Funzionari Istruttori**

A. Cossu\*

COSSU QUIRICO  
ANTONIO  
29.07.2020  
07:58:53 UTC

S. Canu\*

CANU SIMONA  
29.07.2020  
07:59:52 UTC

**Il Direttore del Dipartimento**

Antonio Furesi\*

\* documento informatico sottoscritto con firma digitale ai sensi del Decreto Legislativo 82/2005 da Maria Grazia Pintus in sostituzione

PINTUS MARIA GRAZIA  
29.07.2020 08:56:49 UTC





## **VERIFICA OTTEMPERANZA**

### **ANALISI DOCUMENTAZIONE E CONSIDERAZIONI TECNICHE**

**(CONDIZIONE AMBIENTALE A5  
DECRETO MINISTERIALE N. 35 DEL 06/02/2018)**

### ***ELEMENTI PER LA STESURA DELLA BOZZA DI RELAZIONE ISTRUTTORIA PER LA VERIFICA DI OTTEMPERANZA***

#### **PROGETTO**

**“Adeguamento tecnico funzionale al Piano Regolatore Portuale del  
porto civico di Porto Torres - Prolungamento dell'antemurale di  
ponente e resecazione banchina alti fondali”  
Decreto Ministeriale n. 35 del 06/02/2018  
Condizione Ambientale A5**

#### **PROPONENTE**

**AUTORITÀ DI SISTEMA PORTUALE DEL MARE DELLA SARDEGNA**

**Roma, 28/07/2020**

Doc. ISPRA:

V.O.: condizione ambientale A5 DM 35/2018 “Adeguamento tecnico funzionale al Piano Regolatore Portuale del porto civico di Porto Torres - Prolungamento dell'antemurale di ponente e resecazione banchina alti fondali”

.....

## INDICE

	<b>Pag.</b>
<b>1   PREMESSA .....</b>	<b>1</b>
<b>2   PRESENTAZIONE DEL PROGETTO .....</b>	<b>1</b>
2.1   ATTIVAZIONE ISPRA .....	2
2.2   CONTRIBUTO ISPRA .....	2
<b>3   VERIFICA DEL LIVELLO DI OTTEMPERANZA ALLA CONDIZIONE AMBIENTALE A5) DEL D.M. N. 35 DEL 06/02/2018 .....</b>	<b>3</b>
3.1   CONDIZIONE AMBIENTALE A5) .....	3
3.1.1 <i>Sintesi dei documenti esaminati</i> .....	3
3.1.2 <i>Considerazioni tecniche</i> .....	4

## 1 PREMESSA

La presente relazione, redatta dal Gruppo di lavoro ISPRA, è stata predisposta a partire dalla richiesta pervenuta in ISPRA con prot. ISPRA 25315 del 12/06/2020, dall'Autorità di sistema portuale del mare della Sardegna con la quale ha inviato la relazione *“Adeguamento tecnico-funzionale al Piano Regolatore Portuale del porto civico di Porto Torres prolungamento dell'antemurale di ponente e resecazione banchina alti fondali, in ottemperanza alle richieste del decreto VIA 0000035 del 06/02/2018 relativamente alle prescrizioni del MATTM n. 5 e n.6”* riguardante l’ottemperanza della condizione ambientale A5) del Decreto Ministeriale n. 35 del 06/02/2018 che recita *“Come già proposto dall'Autorità Portuale e richiesto dall'ARPAS, occorre presentare al MATTM uno studio di dettaglio sia per l'esatta definizione delle aree di reimpianto della Posidonia sia per chiarire le modalità di gestione del materiale asportato (contenente talli di Caulerpa) e la compatibilità del sedimento contenuto nelle matte asportate con il sito di destinazione. Il controllo sull'attuazione di tale studio dovrà essere effettuato dall'ARPAS.”*

*Ambito di applicazione: Aspetti gestionali*

*Termine per l'avvio della Verifica di Ottemperanza: ANTE OPERAM-Fase precedente la cantierizzazione*

*Verifica di Ottemperanza: MATTM*

*Enti coinvolti nella verifica di ottemperanza: ISPRA e ARPA Sardegna nell'ambito del sistema agenziale*

## 2 PRESENTAZIONE DEL PROGETTO

INTERVENTO:	<u>Tipologia:</u> Opere portuali e vie navigabili <u>Obiettivi:</u> Il progetto prevede il prolungamento del molo di ponente e la resecazione del molo di levante al fine di proteggere lo specchio acqueo.
REGIONI:	Sardegna
PROVINCE:	Sassari
COMUNI:	Porto Torres
VO condizione ambientale A5:	Richiesta Autorità di sistema portuale del mare della Sardegna prot ISPRA 25315 del 12/06/2020

### Descrizione tecnica e principali caratteristiche

L’Autorità di sistema portuale del mare della Sardegna riporta nella richiesta acquisita da ISPRA con prot ISPRA 25315 del 12/06/2020 le risultanze delle analisi compiute nelle indagini riportate nella relazione *“Adeguamento tecnico-funzionale al Piano Regolatore Portuale del porto civico di Porto Torres prolungamento dell'antemurale di ponente e resecazione banchina alti fondali, in ottemperanza alle richieste del decreto VIA 0000035 del 06/02/2018 relativamente alle prescrizioni del*

V.O.: condizione ambientale A5 DM 35/2018“Adeguamento tecnico funzionale al Piano Regolatore Portuale del porto civico di Porto Torres - Prolungamento dell'antemurale di ponente e resecazione banchina alti fondali”

MATTM n. 5 e n.6” che evidenziano:

- in modo chiaro ed esaustivo l’estesa dimensione della componente a matte morta, evidenziandone il decadimento della vegetazione nel fondale,
- la presenza di un manto vegetale in condizione piuttosto precaria, che la prateria a P. oceanica mostra una bassa densità di ciuffi e la presenza dell’alga invasiva *C. cylindracea*.
- una condizione di prateria molto disturbata.

Inoltre, l’AdSP del Mare di Sardegna evidenzia che l’operazione di espianto e reimpianto della posidonia oceanica ha un costo di circa € 1.590.197,40 e ritiene, per quanto precedentemente esposto, non giustificabile l’esborso economico per una attività di espianto e reimpianto di una prateria di posidonia molto disturbata, il cui successo tecnico scientifico non presenta consolidate evidenze ed esperienze nel panorama marittimo italiano.

## 2.1 ATTIVAZIONE ISPRA

- Attivazione della verifica di ottemperanza con la richiesta del Proponente Autorità di sistema portuale del mare della Sardegna acquisita da ISPRA con prot ISPRA 25315 del 12/06/2020 per la tematica relativa alla Posidonia Oceanica con la quale è stata trasmessa la relazione “*Adeguamento tecnico-funzionale al Piano Regolatore Portuale del porto civico di Porto Torres prolungamento dell’antemurale di ponente e resecazione banchina alti fondali, in ottemperanza alle richieste del decreto VIA 0000035 del 06/02/2018 relativamente alle prescrizioni del MATTM n. 5 e n.6*”.

## 2.2 CONTRIBUTO ISPRA

Il supporto tecnico di ISPRA ha riguardato una prima fase di attività relativa alla valutazione della relazione “*Adeguamento tecnico-funzionale al Piano Regolatore Portuale del porto civico di Porto Torres prolungamento dell’antemurale di ponente e resecazione banchina alti fondali, in ottemperanza alle richieste del decreto VIA 0000035 del 06/02/2018 relativamente alle prescrizioni del MATTM n. 5 e n.6*” elaborata dalla società SEA LIVES che riguarda uno studio di dettaglio per l’esatta definizione delle aree di reimpianto della Posidonia e per chiarire le modalità di gestione del materiale asportato (contenente talli di Caulerpa) e la compatibilità del sedimento contenuto nelle matte asportate con il sito di destinazione.

Gli esperti ISPRA hanno valutato la fattibilità di tale studio tenendo conto delle

V.O.: condizione ambientale A5 DM 35/2018“*Adeguamento tecnico funzionale al Piano Regolatore Portuale del porto civico di Porto Torres - Prolungamento dell’antemurale di ponente e resecazione banchina alti fondali*”

conclusioni dell'AdSP del Mare di Sardegna che riguardano un non giustificabile l'esborso economico per una attività di espianto e reimpianto di una prateria di posidonia molto disturbata, il cui successo tecnico scientifico non presenta consolidate evidenze ed esperienze nel panorama marittimo italiano.

### **3 VERIFICA DEL LIVELLO DI OTTEMPERANZA ALLA CONDIZIONE AMBIENTALE A5) DEL D.M. N. 35 DEL 06/02/2018**

#### **3.1 CONDIZIONE AMBIENTALE A5)**

*Come già proposto dall'Autorità Portuale e richiesto dall'ARPAS, occorre presentare al MATTM uno studio di dettaglio sia per l'esatta definizione delle aree di reimpianto della Posidonia sia per chiarire le modalità di gestione del materiale asportato (contenente talli di Caulerpa) e la compatibilità del sedimento contenuto nelle matte asportate con il sito di destinazione. Il controllo sull'attuazione di tale studio dovrà essere effettuato dall'ARPAS."*

##### **3.1.1 Sintesi dei documenti esaminati**

La relazione esaminata è stata sviluppata, dall'AdSP, in ottemperanza alla prescrizione A5) del DM 35/2018.

Le analisi ambientali sono state concentrate soprattutto nell'area soggetta alla posa dei cassoni utilizzati per l'allungamento della banchina di sopraflutto (antemurale) e nella 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.

Il Proponente riporta che i risultati delle analisi compiute nelle indagini hanno evidenziato l'estesa dimensione della componente a matte morta, evidenziandone il decadimento della vegetazione nel fondale, la presenza di un manto vegetale in condizione piuttosto precaria, che la prateria a *P. oceanica* mostra una bassa densità di ciuffi e la presenza dell'alga invasiva *Caulerpa cylindracea*, nonché una condizione di prateria molto disturbata.

È emersa anche una forte discontinuità presente nelle matte, che rimarca la fase regressiva del posidonieto la cui copertura media è del 31% e si presenta con ampie zone libere colonizzate da *Caulerpa prolifera* e da *turf* algale.

Il proponente conclude che poiché la possibilità di attecchimento e la percentuale di riuscita dell'operazione di espianto e reimpianto della *Posidonia oceanica* in salute è molto bassa, pertanto, nel caso di una prateria di *Posidonia* molto disturbata e in sintesi non in salute, il trapianto ha una bassissima possibilità di riuscita e poiché l'operazione di espianto e reimpianto della *Posidonia oceanica* ha un costo di circa € 1.590.197,40, l'AdSP del Mare di Sardegna ritiene, e per quanto emerso dallo studio, l'esborso

V.O.: condizione ambientale A5 DM 35/2018 "Adeguamento tecnico funzionale al Piano Regolatore Portuale del porto civico di Porto Torres - Prolungamento dell'antemurale di ponente e resecazione banchina alti fondali"

economico per una attività di espianto e reimpianto di una prateria di *Posidonia* molto disturbata, il cui successo tecnico scientifico non presenta consolidate evidenze ed esperienze nel panorama marittimo italiano non è giustificabile. Per tale motivo l'AdSP del Mare di Sardegna intende, salvo diverso avviso degli Enti coinvolti alla verifica di ottemperanza e controllo sull'attuazione di tale studio, non procedere al trapianto delle zolle di *Posidonia oceanica* dando corso all'attuazione delle opere con lo smaltimento del posidonieto secondo legge.

### **3.1.2 Considerazioni tecniche**

Dall'analisi della relazione "Adeguamento tecnico-funzionale al Piano Regolatore Portuale del porto civico di Porto Torres prolungamento dell'antemurale di ponente e resecazione banchina alti fondali, in ottemperanza alle richieste del decreto VIA 0000035 del 06/02/2018 relativamente alle prescrizioni del MATTM n. 5 e n.6" (di seguito relazione) emergono alcuni aspetti che sottolineano la presenza di diverse criticità dell'area presa in esame ossia l'area soggetta alla posa dei cassoni utilizzati per il prolungamento dell'antemurale di ponente e la fascia di rispetto di 10 metri intorno a questo e per la resecazione della banchina alti fondali del porto civico di Porto Torres.

In dettaglio, *"l'area di studio (Fig.2 della relazione) corrisponde ad una superficie di oltre 140 ha e include il molo di sopraflutto con il suo futuro prolungamento antemurale."*

In primis si sottolinea che la conclusione dello studio per cui *"la condizione rilevata del Posidonieto dell'area portuale di Porto Torres mostra una superficie ampia ma tutti i dati rilevati indicano una forte compromissione dello stesso, verosimilmente dovuto alla presenza di fattori di stress generati dall'area industriale, dal porto e dalla città"* (pag 36), indica che le cause di regressione della prateria sono attualmente localmente presenti e pertanto l'area individuata non è a priori idonea al trasferimento di zolle né ad un trapianto di talee o fasci (ISPRA 2014). Tale condizione risultava nota ed evidenziata anche nei precedenti studi (vd Parere CTVIA).

Inoltre, nelle conclusioni si riassume che *"i dati relativi alle analisi dei sedimenti indicano che il loro spessore non supera un metro. È quindi ipotizzabile che la benna non sempre riesca a estrarre delle zolle con compattezza sufficiente al reimpianto, soprattutto in quelle aree dove il posidonieto presenta bassa densità"*. Tale risultato dimostra la necessità di valutare ulteriori tecniche di trapianto di *Posidonia oceanica* che prevedano l'utilizzo di talee o fasci (in base alla tecnica), opportunamente selezionati anche nella zona di espianto. Tale selezione, in questo caso specifico si renderebbe necessaria per evitare il rischio della propagazione dell'alga invasiva *Caulerpa cylindracea* o dei suoi talli. Si ritiene congrua infatti la considerazione del Proponente nel ritenere superflua la pulizia del fondo delle alghe invasive censite, che potrebbe aumentare il rischio di mettere in sospensione i loro talli e aumentarne la diffusione.

Si sottolinea come ottima proposta del Proponente quella di utilizzare i rizomi delle zolle non idonee al reimpianto, nell'ambito di *".....una sperimentazione con nuovi sistemi di trapianto per valutare la loro idoneità ed efficacia nell'opera di restauro ambientale nei fondali situati in prossimità di P.Torres."* Tuttavia, la programmazione di tali attività sperimentali dovrebbe sempre essere prevista sufficientemente in anticipo rispetto alle

attività del trapianto prescritto ai fini compensativi in quanto assolutamente funzionale alla scelta dei siti riceventi e, conseguentemente, delle tecniche più idonee.

Entrando nel dettaglio tecnico della relazione, si evidenzia, inoltre, che per lo *screening* finalizzato all'individuazione delle potenziali aree di trasferimento delle zolle di *Posidonia oceanica* sono state individuate zone che, a parità di profondità (20m) con la zona di allungamento dell'antemurale, coincidente con la zona di prelievo delle zolle di *Posidonia*, ricadono sia nell'area prospiciente il canale di accesso al porto (aree 7-8-9-10) sia nella aree di approccio al canale d'ingresso da N-NE rispetto al porto (aree 1-2-3-4-5-6) (vd figura 21 relazione.....). Come indicato nel parere CTVIA da questo settore (N-NE) provengono mareggiate sia di media che di alta intensità che in passato hanno generato danni alle banchine e alle fondazioni al punto da programmare il prolungamento dell'antemurale. Sebbene nella relazione esaminata si precisi che *"le opere di espianto e reimpianto riguardano superfici che non vengono interessate dagli strati superficiali della colonna d'acqua che invece vengono coinvolti dalle correnti delle grandi masse che generano movimenti da ovest verso est che trasportano le acque provenienti dal complesso petrolifero, dalla centrale termoelettrica e dalla foce del Rio Mannu che verosimilmente non godono di condizioni ecologiche ottimali"*, la dimostrata conoscenza delle dinamiche delle mareggiate tipiche del locale settore (N-NE) avrebbe potuto essere sufficiente per escludere a priori tali aree (1-2-3-4-5-6) dallo *screening* per le potenziali aree di trasferimento delle zolle, principalmente per l'elevato rischio di compromissione delle attività di trasferimento delle zolle e delle future e complesse attività di monitoraggio proposte che devono essere svolte, ovviamente, in regime di totale sicurezza per gli operatori ed in efficienza delle metodiche proposte, a garanzia dell'efficacia dello stesso monitoraggio.

Delle rimanenti aree investigate (7-8-9-10) situate nell'area prospiciente il canale di accesso al porto, in considerazione dei dati ROV è stata selezionata, per il trasferimento delle zolle, l'area 10, situata di fronte al canale d'ingresso del porto. Pur essendo la profondità di trasferimento di 20m e la granulometria del sedimento simile a quella della zona di espianto, l'area potrebbe non risultare realmente ideale alle delicate attività di trasferimento nelle diverse sue fasi, durante e *post operam*, (monitoraggio del trapianto), a causa sia della complessità delle attività di trasferimento delle zolle e della loro durata, sia della complessità e della durata delle attività di monitoraggio proposto, che devono essere svolte ovviamente in sicurezza per gli operatori ed in efficienza delle metodiche, a garanzia dell'efficacia del monitoraggio stesso. Entrambe le fasi (trasferimento zolle e monitoraggio) comporterebbero una stretta sorveglianza da parte della Capitaneria di porto e l'interdizione dell'area ai naviganti e quindi l'accesso e l'uscita al porto e dal porto per estesi e ripetuti periodi. Auspicabilmente, inoltre, l'area di trasferimento dovrebbe mantenere, almeno per i primi anni, una condizione di segnalazione fissa (es. con boe) per i naviganti a tutela dell'attività realizzata. È noto come, in altre aree in Italia in cui è stato realizzato un trapianto di *Posidonia*, l'assenza di tali segnalazioni abbia contribuito ad una scarsa o assente protezione del trapianto stesso principalmente da ancoraggi, pesca e abbandono di rifiuti o posizionamento di corpi morti, compromettendone l'esito.

Inoltre, dallo studio emerge che la composizione granulometrica dell'area 10, prevalentemente ghiaiosa e bioclastica, indica la presenza di forti correnti di fondo e ciò potrebbe rappresentare un ostacolo al buon esito della sopravvivenza delle zolle trasferite.

soprattutto nelle delicate fasi iniziali di adattamento. Le correnti, infatti, favorendo l'erosione dei margini delle zolle trasferite potrebbero contribuire significativamente allo sfaldamento delle zolle stesse.

Sebbene *"i risultati delle analisi compiute nelle indagini evidenziano in modo chiaro ed esaustivo l'estesa dimensione della componente a matite morta, evidenziandone il decadimento della vegetazione nel fondale, la presenza di un manto vegetale in condizione piuttosto precaria, che la prateria a *P. oceanica* mostra una bassa densità di ciuffi e la presenza dell'alga invasiva *C. cylindracea*, sottolineando una condizione di prateria molto disturbata, caratterizzata da un forte discontinuità presente nella matite, che rimarca la fase regressiva del posidonieto la cui copertura media è del 31% e si presenta con ampie zone libere colonizzate da *Caulerpa prolifera* e da turf algale"*, **ciò non giustifica la conclusione del Proponente** per cui *"l'esborso economico per una attività di espianto e reimpianto di una prateria di posidonia molto disturbata, il cui successo tecnico scientifico non presenta consolidate evidenze ed esperienze nel panorama marittimo italiano."* Si sottolinea che la tecnica (trasferimento di zolle) è stata autonomamente selezionata e quindi proposta dal Proponente.

**Allo stesso tempo non sussistono ancora evidenze scientifiche per affermare in modo assoluto e generale che** *"la possibilità di attecchimento e la percentuale di riuscita dell'operazione di espianto e reimpianto della posidonia oceanica in salute è molto bassa, pertanto, nel caso di una prateria di posidonia molto disturbata e in sintesi non in salute, il trapianto ha una bassissima possibilità di riuscita."* **Il buon esito di un trapianto dipende da molteplici fattori:** una buona **pianificazione**, la realizzazione di **progetti pilota** per la selezione dei siti riceventi e delle tecniche di trapianto, la **scelta del sito ricevente** attraverso opportune valutazioni, la **scelta della tecnica più adeguata al sito ricevente** selezionato, **l'esperienza tecnico-scientifica degli operatori** che effettuano il trapianto, un **efficace controllo** delle attività durante tutte le sue fasi di realizzazione, un **monitoraggio adeguato** sia da un punto **temporale (almeno 5 anni)** sia **spaziale** sia dei **parametri idonei e rappresentativi della performance** del trapianto, la **protezione efficace dell'area trapiantata** da eventuali danni (es. ancoraggi, pesca e abbandono di rifiuti o posizionamento di corpi morti) e la possibilità di intervenire con **sostituzioni delle eventuali fallanze del trapianto** emerse durante i monitoraggi.

Inoltre, è importante ricordare sempre che un danno come la distruzione totale di una porzione di prateria di *Posidonia* già disturbata (c.ca 1ha in questo caso) rischia di accelerare le fasi regressive della prateria stessa aumentandone la frammentazione dell'habitat e l'alterazione della struttura e delle funzioni della prateria nella sua interezza.

La protezione e la conservazione dell' habitat praterie di *Posidonia oceanica sensu Direttiva Habitat (92/43/CEE)* è sempre da considerarsi prioritario e, a tal fine, **l'Art. 6 par. 3 e 4** della suddetta direttiva prevede che se, per imperanti motivi di interesse nazionale pubblico, non può essere evitato l'impatto su tale habitat tale da comprometterne lo stato di conservazione, **la struttura e la funzione della prateria perse dovranno essere recuperate e garantite almeno in eguale proporzione attraverso misure compensative**, tra le quali viene considerato il trapianto.

V.O.: condizione ambientale A5 DM 35/2018 "Adeguamento tecnico funzionale al Piano Regolatore Portuale del porto civico di Porto Torres - Prolungamento dell'antemurale di ponente e resecazione banchina alti fondali"

**Essendo il trapianto di *Posidonia* stato prescritto nell'ambito del Decreto VIA 0000035 del 06/02/2018 rappresenta una *conditio sine qua non* per il prosieguo dell'opera.**

**Si suggerisce, al fine dell'ottemperanza della prescrizione A5) che recita "*Come già proposto dall'Autorità Portuale e richiesto dall'ARPAS, occorre presentare al MATTM uno studio di dettaglio sia per l'esatta definizione delle aree di reimpianto della *Posidonia* sia per chiarire le modalità di gestione del materiale asportato (contenente talli di *Caulerpa*) e la compatibilità del sedimento contenuto nelle matte asportate con il sito di destinazione. Il controllo sull'attuazione di tale studio dovrà essere effettuato dall'ARPAS.*", di definire una nuova proposta **tenendo conto delle considerazioni e delle indicazioni tecniche di massima\* fornite nel presente parere per la selezione delle aree di trapianto, che la stessa Direttiva Habitat non impone essere adiacenti alla zona d'impatto, per la conseguente scelta della tecnica più idonea all'area selezionata e il relativo piano di monitoraggio.****

**\*Indicazioni tecniche di massima:**

- poiché lo studio evidenzia che lo spessore dei sedimenti non supera un metro e che la benna non sempre riuscirebbe ad estrarre delle zolle con compattezza sufficiente al reimpianto, soprattutto in quelle aree dove il posidonieto presenta bassa densità, si dimostra la **necessità di valutare ulteriori tecniche di trapianto di *Posidonia oceanica*** che, ad esempio, prevedano l'utilizzo di talee o fasci (in base alla tecnica), opportunamente selezionati anche nella zona di espianto per evitare la propagazione di alghe invasive;
- poiché lo studio evidenzia che le cause di regressione della prateria sono attualmente localmente presenti, l'area individuata non è a priori idonea al trasferimento di zolle né ad un trapianto di talee o fasci, si dimostra pertanto la **necessità di valutare altre aree di trapianto;**
- **la realizzazione di attività sperimentali** dovrebbe essere **programmata** sufficientemente **in anticipo rispetto** alle attività del *trapianto* prescritto ai fini compensativi in quanto assolutamente **funzionale alla scelta dei siti riceventi e**, conseguentemente, delle **tecniche più idonee;**
- **il piano di monitoraggio dovrà essere ripianificato** in funzione della eventuale tecnica selezionata in alternativa e in base alle condizioni ambientali dell'area di intervento selezionata.



**Autorità di Sistema Portuale del mare della  
Sardegna**

PEC: [adsp@pec.adspmaredisardegna.it](mailto:adsp@pec.adspmaredisardegna.it)

**ARPAS - Dipartimento di Sassari**

Via Rockefeller n°56/58 - 07100 Sassari

PEC: [arpas@pec.arpa.sardegna.it](mailto:arpas@pec.arpa.sardegna.it)

Alla c.a. Direttore del Dipartimento

Dott. Antonio Furesi

p.c. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del  
Territorio e del Mare

**DIREZIONE GENERALE PER LA CRESCITA  
SOSTENIBILE E LA QUALITÀ DELLO  
SVILUPPO (CRESS)**

Via Cristoforo Colombo 44 - 00147 Roma

PEC: [CRESS@pec.minambiente.it](mailto:CRESS@pec.minambiente.it)

**Oggetto: Verifica Ottemperanza Prescrizione A5 del Decreto Ministeriale n. 35 del  
06/02/2018: Adeguamento tecnico funzionale al Piano Regolatore Portuale  
del porto civico di Porto Torres - Prolungamento dell'antemurale di ponente e  
resecazione banchina alti fondali  
Analisi della documentazione e considerazioni tecniche**

In relazione alla richiesta inoltrata da codesta Autorità di sistema portuale del mare della Sardegna per la condizione ambientale A5 con relativa documentazione allegata, acquisite da ISPRA con prot. ISPRA 25315 in data 12/06/2020, si trasmette l'analisi di cui all'oggetto.

Cordiali saluti

Servizio per le Valutazioni Ambientali, Integrate  
e Strategiche, e per le relazioni  
tra Ambiente e Salute  
Il Responsabile  
Dott. Massimo Gabellini

(documento informatico firmato digitalmente  
ai sensi dell'art. 24 D.Lgs. 82/2005 )



Spett.le

ISPRA

Via Vitaliano Brancati, 48 - 00144 Roma (I)

PEC: [urp.ispra@ispra.legalmail.it](mailto:urp.ispra@ispra.legalmail.it)

[protocollo.ispra@ispra.legalmail.it](mailto:protocollo.ispra@ispra.legalmail.it)

ARPAS – Dipartimento di Sassari

Via Rockefeller n°56/58 - 07100 Sassari

PEC: [arpas@pec.arpa.sardegna.it](mailto:arpas@pec.arpa.sardegna.it)

E.p.c.

Sales Spa

PEC: [salesspa@pec.it](mailto:salesspa@pec.it)

**Oggetto:** Appalto per la progettazione definitiva ed esecutiva sulla base del progetto preliminare e per la realizzazione dei lavori per il prolungamento dell'Antemurale di Ponente e della Resezione della banchina Alti Fondali del Porto Civico di Porto Torres. CIG 5630866220 – CUP B21G11000040001 – Programmazione Attuativa Regionale FSC 2007/2013. Linea di azione 6.1.2.A.1 Adeguamento delle infrastrutture portuali di rilievo nazionale. HUB portuale di Porto Torres.

In relazione all'oggetto, si trasmettono le nuove considerazioni alle osservazioni ISPRA E ARPAS relative alla verifica di ottemperanza alle prescrizioni A5 del Decreto Ministeriale n. 35 del 0602.2018.

La nuova versione contiene le analisi d'immagine di sei spot lungo la costa potenzialmente interessata dal reimpianto.

Si dimostra come la posidonia dopo il periodo di abbattimento causato dagli stress ambientali sia ora in miglioramento.

Resto in attesa di un gentile riscontro in merito e sapere quando è possibile convocare una videoconferenza per la discussione delle risposte alle osservazioni ISPRA E ARPAS su PMA, monitoraggio Cetacei e Posidonia, prescrizioni A8a), A8) e A5).



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

FSC

Fondo per lo Sviluppo  
e la Coesione



Autorità di Sistema Portuale  
del Mare di Sardegna

Porti di: Cagliari | Olbia | Porto Torres | Oristano | Golfo Aranci | Portovesme | Santa Teresa di Gallura

Per qualunque urgente comunicazione scrivere al seguente indirizzo mail [meloni@adspmaredisardegna.it](mailto:meloni@adspmaredisardegna.it) o contattarmi al cell. 3395043709.

Il RUP

Dirigente della Direzione Tecnica Nord

Ing. Alessandro Meloni

Firmato digitalmente da  
**Alessandro Meloni**

O = Autorità di Sistema Portuale del Mare di  
Sardegna  
T = Dirigente  
C = IT

*Osservazioni relative al documento PROT. ISPRA 25315 IN DATA 12/06/2020*

*Relative a*

*RISPOSTA ALLA RICHIESTA INOLTRATA DALLA AUTORITÀ DI SISTEMA PORTUALE DEL MARE DELLA SARDEGNA  
AD ISPRA PER LA CONDIZIONE AMBIENTALE A5*

*A cura del Prof. Andrea Cossu e del Dr. Mario De Luca del Dipartimento di Architettura, Design e Urbanistica  
Università degli Studi di Sassari*

## Documento di riferimento:

RISPOSTA ALLA RICHIESTA INOLTATA DALLA AUTORITÀ DI SISTEMA PORTUALE DEL MARE DELLA SARDEGNA AD ISPRA PER LA CONDIZIONE AMBIENTALE A5 CON RELATIVA DOCUMENTAZIONE ALLEGATA, ACQUISITE CON PROT. ISPRA 25315 IN DATA 12/06/2020

Oggetto: **Considerazioni** alla Verifica Ottemperanza Prescrizione A5 del Decreto Ministeriale n. 35 del 06/02/2018: Adeguamento tecnico funzionale al Piano Regolatore Portuale del porto civico di Porto Torres - Prolungamento dell'antemurale di ponente e resecazione banchina alti fondali Analisi della documentazione e considerazioni tecniche in seguito a "Risposta alla richiesta inoltrata dalla Autorità di sistema portuale del mare della Sardegna per la condizione ambientale A5 con relativa documentazione allegata, acquisite da ISPRA con prot. ISPRA 25315 in data 12/06/2020"

### Nota ISPRA 1.

Il documento in oggetto recita:

"la condizione rilevata del Posidonieto dell'area portuale di Porto Torres mostra una superficie ampia ma tutti i dati rilevati indicano una forte compromissione dello stesso, verosimilmente dovuto alla presenza di fattori di stress generati dall'area industriale, dal porto e dalla città" (pag 36), indica che le cause di regressione della prateria **sono attualmente localmente presenti** e pertanto l'area individuata non è a priori idonea al trasferimento di zolle né ad un trapianto di talee o fasci (ISPRA 2014). Tale condizione risultava nota ed evidenziata anche nei precedenti studi (vd Parere CTVIA).

Si sottolinea che tale osservazione era stata avanzata anche da ARPAS nel aprile del 2019 dove si specificava: "per quanto riguarda la Relazione relativa alle prescrizioni n. 5 e n. 6, in particolare per la parte relativa al trapianto di Posidonia oceanica, si evidenzia quanto segue: Nella parte RIFORESTAZIONE CON TECNICHE SPERIMENTALI sarebbe opportuno descrivere meglio lo stato ambientale passato e attuale delle zone scelte come aree test, riferito a tale vs affermazione: - le zone scelte sono caratterizzate da un'ampia superficie di matte morta, che ne indica la sua presenza in un recente passato ma anche la sua scomparsa. La verifica dell'idoneità del sito al tempo attuale rappresenta il requisito fondamentale per futuri programmi che prevedono azioni di ripristino della prateria con una buona possibilità di successo-"(pag.35).

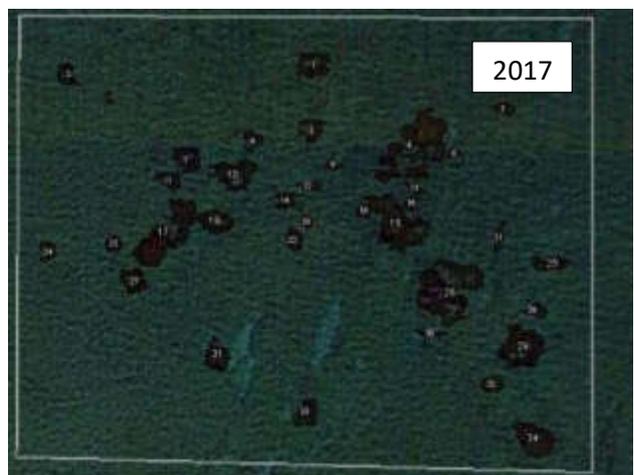
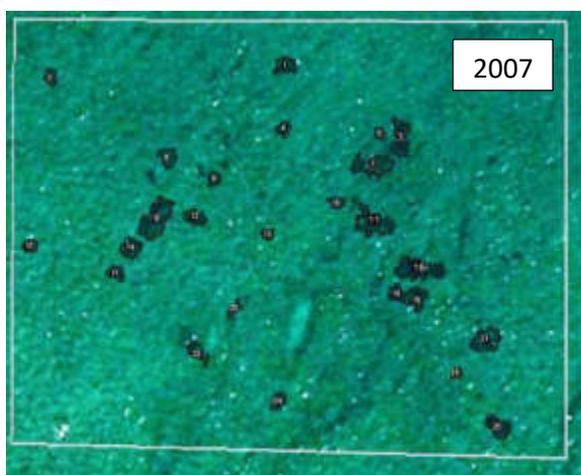
A tal fine, come risposta, è stato prodotto un documento inviato all'ente in oggetto nel maggio dello stesso anno. (v. allegato A). Lo stesso documento concludeva come vi fossero importanti indizi che *la Posidonia oceanica* del Golfo dell'Asinara sia stata interessata da rilevanti fenomeni di inquinamento che ne abbiano poi causato il declino soprattutto nella porzione orientale del Golfo dell'Asinara da Porto Torres verso Punta Tramontana; la localizzazione della matte morta e il netto limite ad est delle installazioni portuali ne dimostrano la causalità del fenomeno. Rimane incerto il periodo di quando tutto ciò sia accaduto ma sicuramente è ascrivibile al periodo "d'oro" della SIR quando l'attenzione ambientale non aveva certamente una soglia elevata. Tuttavia, sia per l'attuale fortissima riduzione delle attività produttive del polo petrolchimico sia per una più oculata ed imposta attenzione per l'ambiente, il quadro ambientale marino è profondamente migliorato. Il depuratore industriale, i vincoli di legge, il passaggio a ENI, Syndial per le bonifiche e la costituzione di Matrica per la riconversione il petrolchimico di Porto Torres in "Chimica Verde" ed infine la sufficiente qualità delle acque della foce del Rio Mannu, confortano sia sull'attuale stato sia sul futuro in un rassicurante scenario di discreta qualità delle acque marine. Tale scenario è confortato dai risultati dei recenti controlli ambientali operati da enti diversi; tutti i dati a disposizione portano a concludere come sia in atto un miglioramento complessivo nel tratto di mare su cui si dovrà effettuare il trapianto con concrete possibilità di successo così come anche sia lecito attendere positivi risultati di ricerca dalle esperienze di nuove tecniche di trapianto.

Per valutare se nel corso di questi ultimi anni siano avvenuti dei cambiamenti nella formazione vegetale marina in oggetto, si è preso in esame il fondale superficiale del tratto costiero che dalla città di Porto Torres arriva ad est alla torre di Abba Currente, della lunghezza di circa quattro km. Le immagini utilizzate provengono da Google Earth, software che genera immagini virtuali della Terra utilizzando immagini satellitari ottenute dal telerilevamento terrestre, fotografie aeree e dati topografici memorizzati in una piattaforma GIS.



Figura 1 aree di rilevamento

Sono state utilizzate le immagini realizzate a febbraio 2007 e a maggio 2017 per la loro migliore qualità come definizione delle immagini. Sono state scelte sei aree a (fig. precedente ) di dimensioni variabili scelte in modo casuale. Si è poi circoscritto un poligono che conteneva delle patch di Posidonia dai contorni ben definiti. Le immagini venivano poi processate con ImageJ, programma di elaborazione digitale delle immagini, open source basato su Sun-Java, sviluppato dal National Institutes of Health degli Stati Uniti. Il software permette di delimitare automaticamente delle aree a diverso cromatismo e calcolarne la relativa area. A titolo d'esempio si riportano le immagini dell'area 6 dove si è registrata la maggiore differenza nelle due annualità.

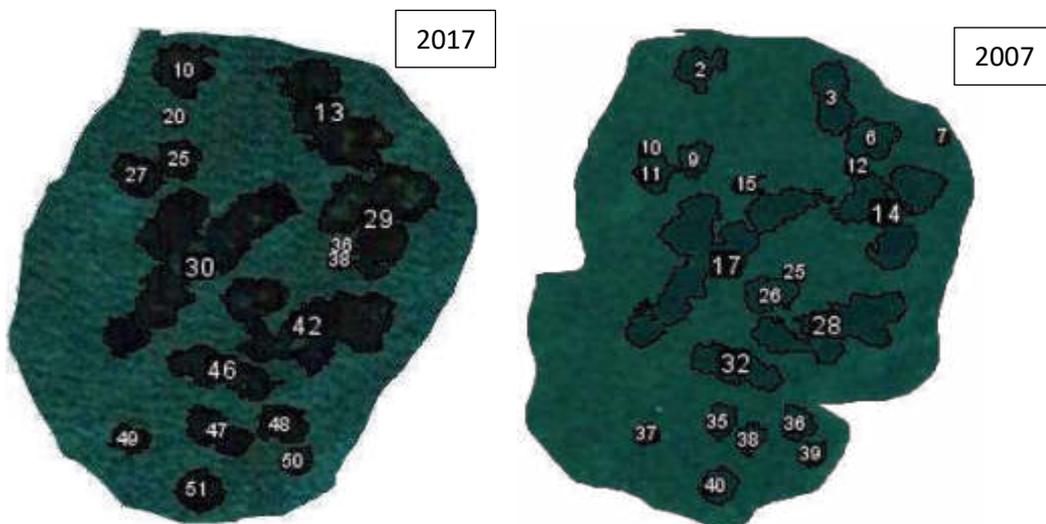


St.	1		2		3		4		5		6	
annualità	2007	2017	2007	2017	2007	2017	2007	2017	2007	2017	2007	2017
area (m <sup>2</sup> )	613,7	701,4	711,3	805,7	221,7	305,3	1129,3	1152,4	767,4	1033,4	84,2	202,2
area (m <sup>2</sup> )	87,7	diff.17-07	94,4		83,6		23,1		266,0		118,0	
%	12,5	*	11,7	*	27,4	*	2,0	*	25,7	*	58,4	*

\*% di incremento 07-17 (10anni)

La tabella riporta la somma di tutte le patch di posidonia, all'interno del poligono di riferimento nei due anni scelti, espressa anche come percentuale d'incremento; si evince come questa sia positiva in tutte le aree esaminate, variando da un minimo del 2% ad un massimo del 58%. Sembra esistere anche un trend positivo verso est ma tale supposizione andrebbe confortata da una maggiore densità di punti di rilevamento.

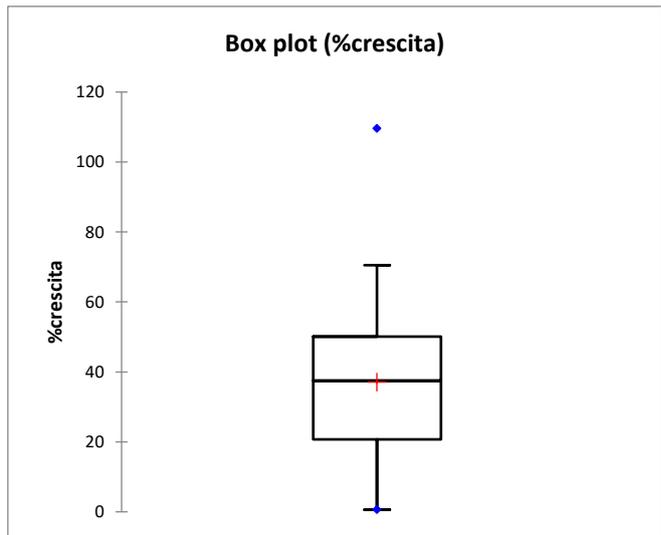
2017	area	2007	area	diff.17-07	%crescita
10	12,3	2	8,3	4,0	49
13	35,5	3+6	22,7	12,7	56
20	0,6			0,6	
25	7,1	9	5,1	2,0	40
27	7,8	10+11	7,2	0,5	7
29	40,1	14	32,9	7,2	22
30	68,9	17	56,4	12,6	22
38	0,7			0,7	
42	51,2	25+25+28	42,9	8,3	19
46	17,0	32	13,8	3,2	23
47	11,3	35+36	8,3	3,1	37
48	8,4	36	5,0	3,5	71
49	4,4	37	2,1	2,3	110
50	3,8	39	2,6	1,2	47
51	8,7	40	5,7	2,9	51



Per evidenziare la notevole variabilità nella crescita delle patch di posidonia si riporta come esempio uno spot campionato nell'**area due** che compara 15 superfici nelle due annualità.

Descriptive statistics (Quantitative data):

Statistic	%crescita
No. of observations	15,0
Minimum	0,6
Maximum	109,57
1st Quartile	20,72
Median	37,45
3rd Quartile	50,08
Mean	37,07
Variance (n-1)	833,31
Standard deviation (n-1)	28,87



Si noti come la dev. standard sia grande rispetto alla media così come siano altresì distanti i valori del 1 e 3 interquartile da essa a sottolineare la estrema variabilità dell'indice di crescita che comunque è sempre presente in tutte le patch. Si sottolinea inoltre come le patch 20 e 38 del 2017 si siano formate ex novo poiché non presenti nel 2007. Si osservi infine come le patch 13, 27, 42 e 47 del 2017 si siano generate dalla fusione di patch che nel 2007 risultavano separate, anche questo fenomeno come il precedente è indice di una buona condizione ambientale.

## Nota 2 - ISPRA

L'area 10, situata di fronte al canale d'ingresso del porto, pur essendo la profondità di trasferimento di 20 m e la granulometria del sedimento simile a quella della zona di espianto, potrebbe non risultare realmente ideale alle delicate **attività di trasferimento nelle diverse sue fasi**, durante e post operam, (**monitoraggio del trapianto**), a causa sia della complessità delle attività di trasferimento delle zolle e della loro durata, sia della complessità e della durata delle attività di monitoraggio proposto, che devono essere svolte ovviamente in sicurezza per gli operatori ed in efficienza delle metodiche, a garanzia dell'efficacia del monitoraggio stesso.

La nota in oggetto pone l'accento sulla complessità e sicurezza della posa delle zolle nell'area indicata. Si precisa che tale area è stata scelta proprio per la prossimità all'area di espianto. Tale posizione infatti garantirebbe il suo rapido raggiungimento. Si rimarca come *le indicazioni derivate dalla bibliografia di settore caldeggiavano la massima riduzione dei tempi intercorrenti dall'espianto alla posa*. La nota ISPRA in oggetto specifica che *il trasferimento zolle e il monitoraggio hanno necessità di una opportuna sorveglianza da parte della Capitaneria di Porto e l'interdizione dell'area ai naviganti e quindi l'accesso e l'uscita al porto e dal porto per estesi e ripetuti periodi*. Si precisa che l'area scelta è ben visibile dalla palazzina della locale Capitaneria di Porto e che a nostro avviso, nulla osta a che l'area di reimpianto sia opportunamente segnalata da boe.(v. fig.1)



Figura 2- Posizione delle stazioni correntometriche PT 1 e PT 2 ed ubicazione della Capitaneria di Porto

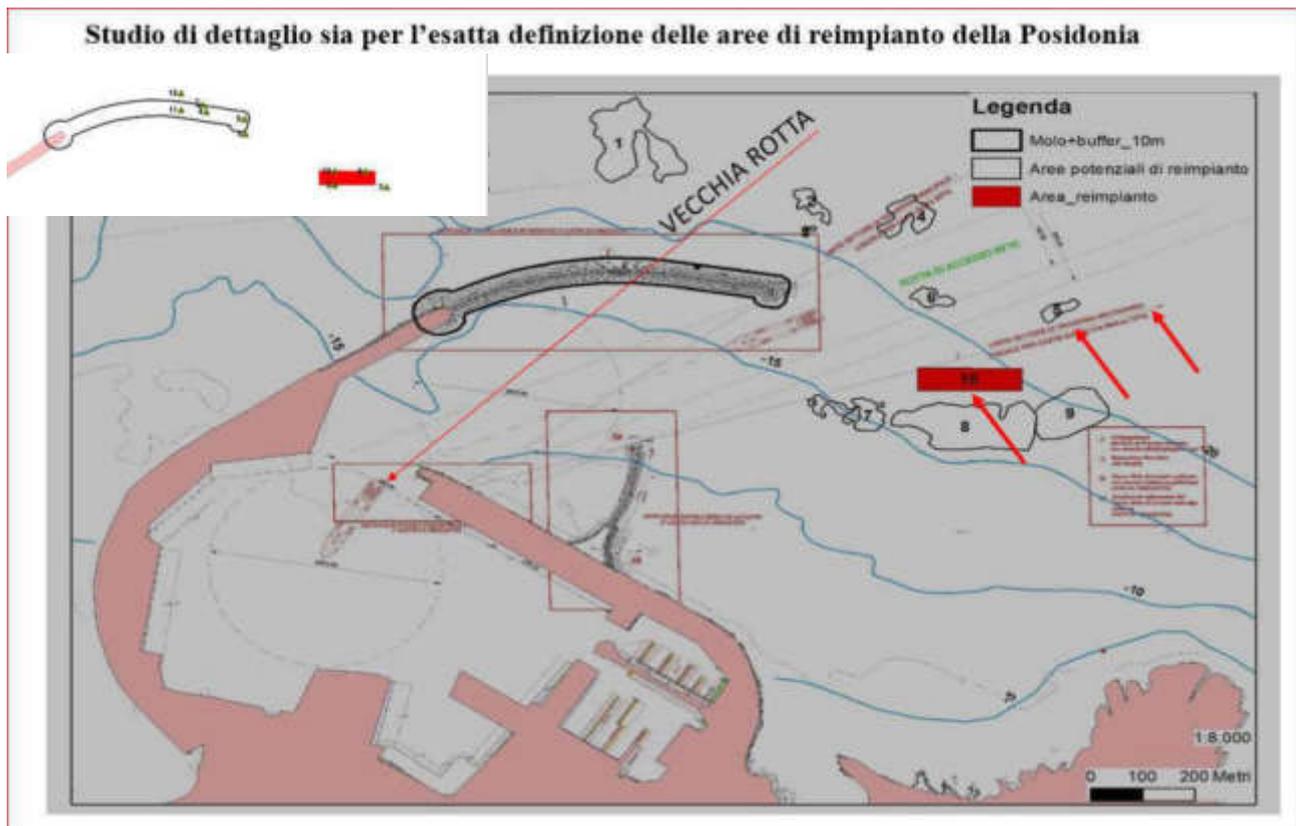


Figura 3 Estratto da ID\_VIP: 3523 modificato: Procedimento di VIA- Relazione di risposta alla richiesta di integrazioni prot. n. 10569/DVA del 05/05/2017. Ubicazione della area di reimpianto a zolle, attuale rotta di accesso delle navi (50°N) e nuova rotta post operam (66°N). Il riquadro in alto indica la posizione delle stazioni di campionamento dei sedimenti.

Si precisa inoltre che le rotte di accesso al porto prevedono una direzione di 66° N con un limite indicato dal settore traversa sud (freccie rosse). La figura 2 indica il cono d'ingresso e il posizionamento dell'area in oggetto (rossa) e dimostra che essa è fuori dal tratto di mare interessato dal traffico marittimo e dal limite di settore di traversa.

Per ciò che attiene alla idoneità della dell'area 10 ai fini del trapianto di zolle, **ISPRA commenta** come “la composizione granulometrica, con una prevalente composizione ghiaiosa e bioclastica, suggerisce la presenza di correnti di fondo che, se intense, potrebbero favorire l'erosione delle zolle trapiantate, soprattutto nelle fasi iniziali di adattamento”. Si riporta a fronte di tali considerazioni il risultato delle analisi correntometriche [1];[2] eseguite nelle stazioni PT\_01 e PT\_02 (v. fig. 1)

Le correnti prevalenti innescate dagli eventi dominanti di maestrale e grecale/tramontana, durante le mareggiate più intense, mostrano valori massimi di 0.45 m/s ( 0,87 nodi) nel punto PT\_01 e a valori più ridotti (circa la metà) nel punto PT\_02 in buon accordo circa le direzioni dei venti che sono in caso di maestrale rivolte in direzione del 2° quadrante e nel caso di grecale rivolte verso il 4° quadrante. ( v. fig. 2)

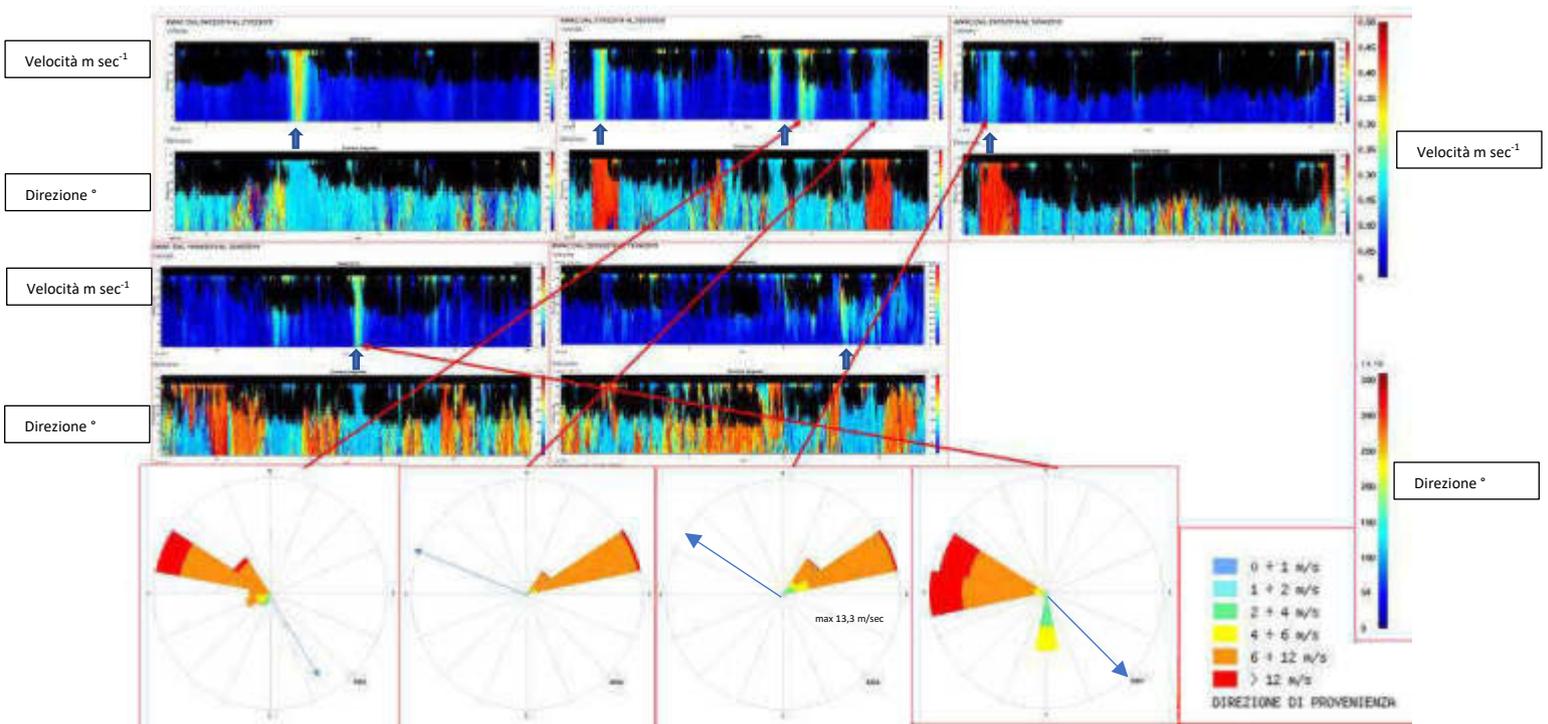


Figura 2 – Rilievi correntometrici (velocità e direzione) della stazione PT\_01 sulla colonna d'acqua di 18 m da febbraio a giugno del 2019. In basso, rosa dei venti con direzione ed intensità negli eventi di burrasca e veto forte dello stesso periodo. La freccia azzurra indica la direzione della corrente durante l'evento.

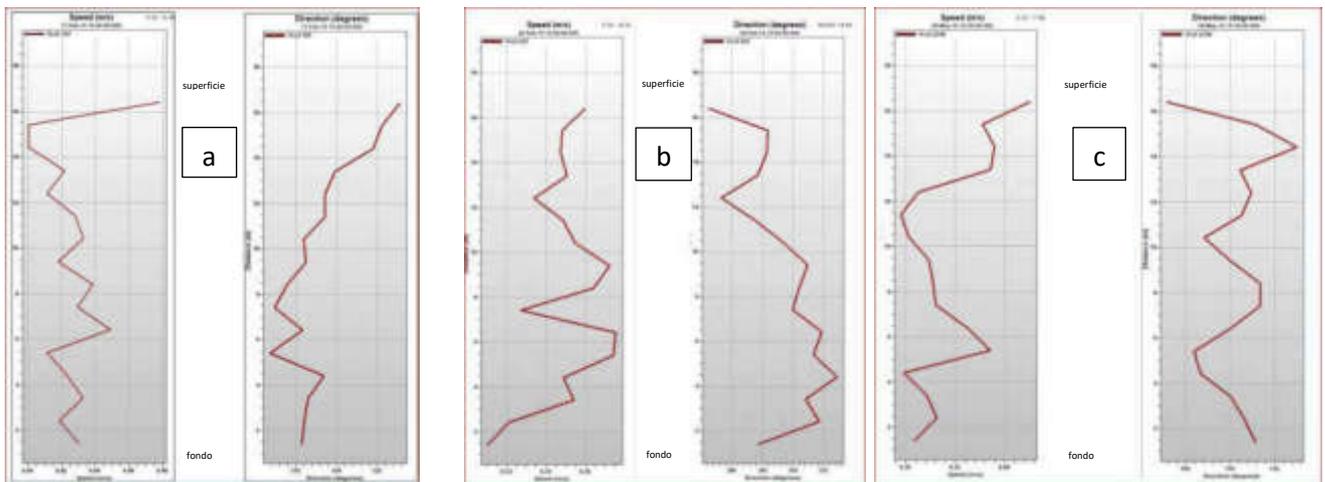


Figura 3 - Profilo di corrente della stazione PT\_01 nella mareggiata di maestrale/tramontana dell'11 febbraio 2019 (a); mareggiata di grecale del 24 febbraio 2019 (b); mareggiata di maestrale del 5 maggio 2019 (c)

Le misure correntometriche indicano dunque come le acque dell'area siano strettamente dipendenti dai venti prevalenti che ne condizionano verso ed intensità; la porzione più profonda della colonna d'acqua è tuttavia soggetta a correnti di minore intensità rispetto alla superficie; solo in presenza di mareggiate si manifesta un'accelerazione comunque sempre al disotto di un nodo di velocità (fig. 2; 3).

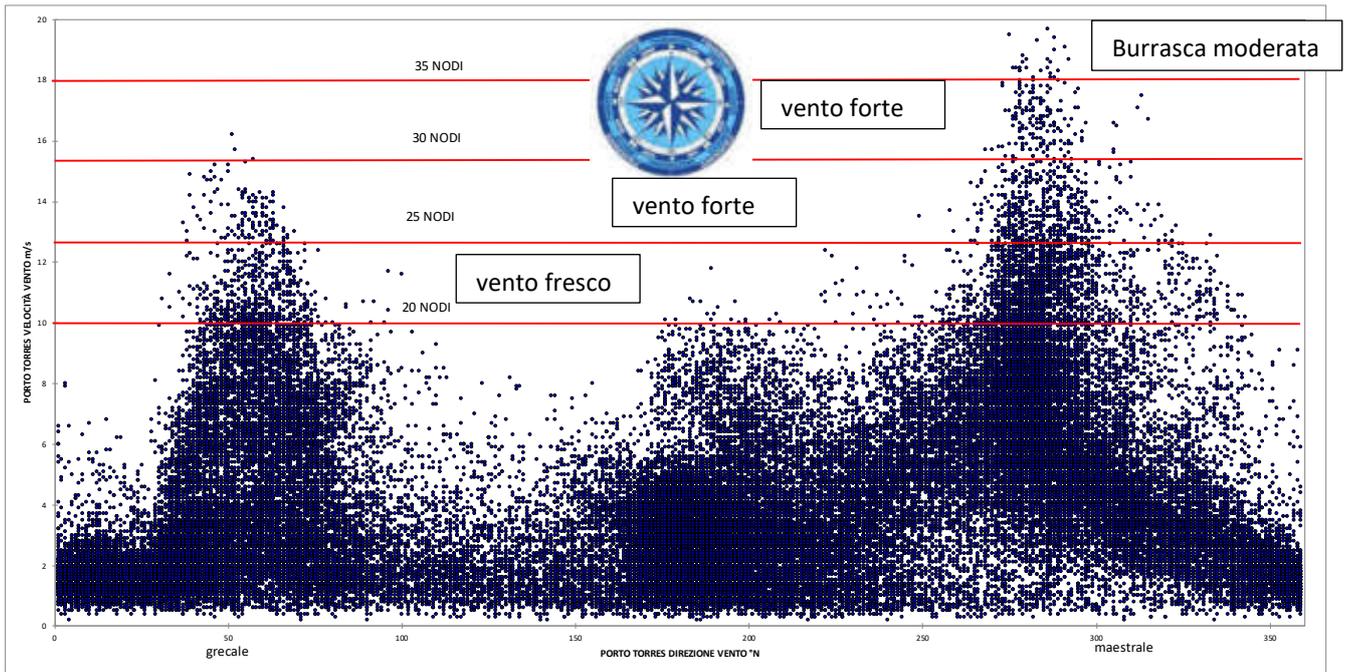


Figura 4 - Velocità del vento in rapporto alla sua direzione. Misure rilevate dalla stazione anemometrica ISPRA di Porto Torres (dati Rete Mareografica Nazionale) da metà marzo del 2019 a metà dicembre del 2020 (campionatura ogni 10 min)

L'effetto dell'azione erosiva sul fondale dipende dalla corrente di fondo che per il tipo di substrato deve possedere una velocità superiore a 20 cm/sec. (fig. 5). È importante anche la direzione e l'intensità cui le correnti si manifestano e la loro relazione con i venti. A tal fine si riporta la velocità del vento sulla sua direzione rilevate dalla stazione anemometrica ISPRA di Porto Torres (dati Rete Mareografica Nazionale) da metà marzo del 2019 a metà dicembre del 2020 costituite da più di 83000 osservazioni con intervallo di misura ogni 10 minuti (fig. 4).

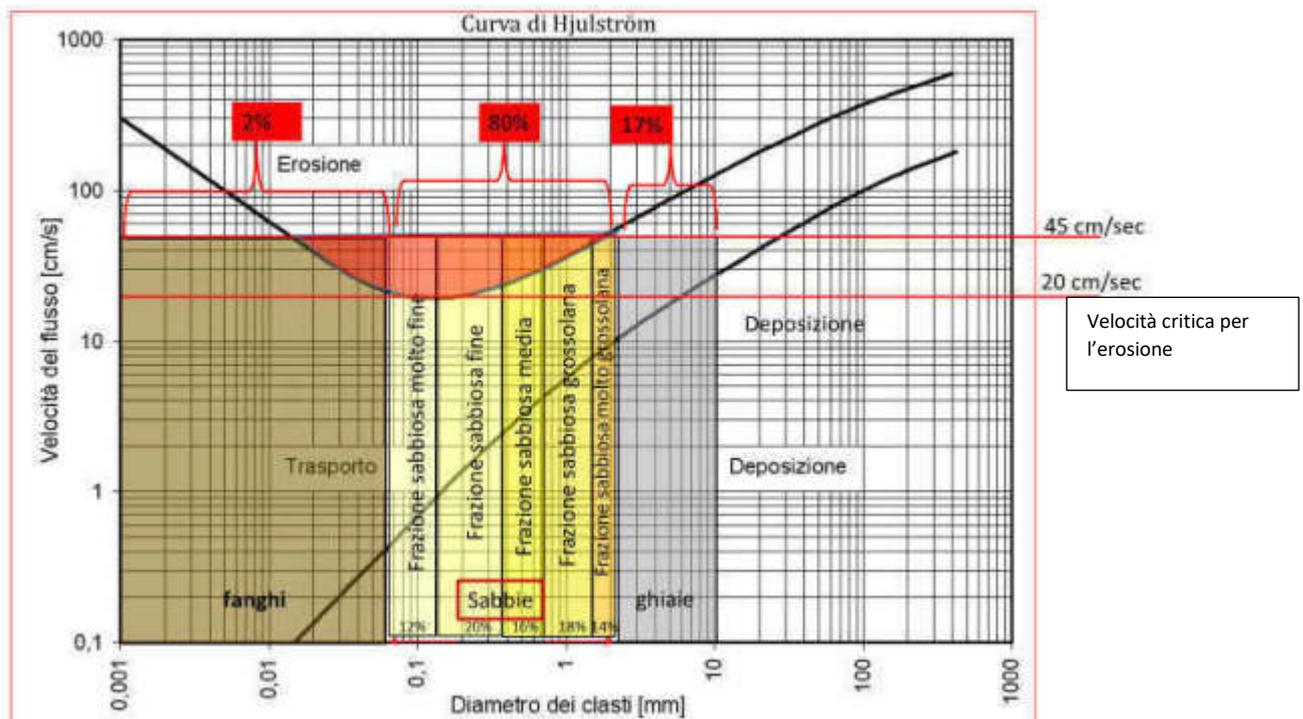


Figura 5 – Diagramma che pone in relazione la velocità del flusso sul sedimento rispetto alla dimensione dei granuli. Il sedimento viene diviso in tre categorie: fanghi, sabbie (5 modalità) e ghiaie in rapporto al diametro dei clasti che le compongono. Le due curve dividono l'area in tre settori: la superiore in erosione, trasporto; l'inferiore in trasporto e deposizione. I riquadri rossi in alto indicano la media percentuale rilevata nelle diverse classi nelle stazioni di campionamento dei sedimenti nell'area di espanto (v. fig. 2).

Si evince dalla fig. 5 che per la velocità massima registrata nella st. 1, pari a 45 cm/sec, i fanghi maggiori di 0,02 mm e le frazioni sabbiose molto fini, fini, medie e grossolane sono soggette a erosione mentre ne sono escluse quelle molto grossolane e le ghiaie ovvero le categorie dei clasti superiori a 1,5 mm. Per velocità di 20 cm/sec, velocità massima registrata nella st. Pt2 si riscontra solo trasporto e deposizione in tutte le categorie.

Tab. 1 - Casi con maggior intensità e durata di vento nel periodo di osservazione e relativa corrente sul fondo nella st. Pt1

	periodo	h (V >9 m sec <sup>-1</sup> )	max m sec <sup>-1</sup>	corrente max cm sec <sup>-1</sup>
1	11/3 al 15/3	33	14,2	0,40
2	25/3 al 27/3	17	13,1	0,20
3	27/4 al 29/4	17	12,5	0,20
4	4/5 al 6/5	28	15,5	0,40
5	13/5 a 15/5	14	12,9	0,20

I casi con maggior intensità e durata di vento nel periodo di osservazione (tab. 1) sono stati: dall 11/3 al 15/3 con oltre 33h di vento superiore a 9 m/sec (max 14,2 m/sec) che sul fondo ha prodotto correnti di massima paria a 0,40 cm/sec; un successivo caso si è verificato nel periodo dal 25/3 al 27/3 con oltre 17 h di vento (max 13,1 m/sec) che ha prodotto una corrente massima di 0,20 cm/sec; un terzo evento dal 27/4 al 29/4, 17 h di vento (max 12,5 m/sec), massimo di corrente 0,20 cm/sec; quarto evento da 4/5 al 6/5, 28h di vento (max 18,5 m/sec) con massimo oltre 0,40 cm/sec; quinto evento, dal 13/5 al 15/5 con 14 h di vento ( 12,9 m/sec) e massimo di corrente a 0,20cm/sec.).

Combinando le osservazioni rilevabili dalla ventosità del luogo e di come le correnti agiscono sulla matrice sabbiosa del fondale si deduce che quando si verificano situazioni meteo come il primo e quarto caso della tabella 1 la corrente di fondo mostra una capacità erosiva ma solo sulla frazione fangosa e di sabbie da fini a grossolane. La velocità critica del vento capace di generare una corrente con azione erosiva sul fondo deve essere superiore a 13 m/sec (tab.1). Per il periodo da marzo 2019 a dicembre 2020, le giornate con tali caratteristiche sono pari a 5.

Le correnti che possiedono una certa energia su un fondale con le caratteristiche della st. Pt1 si manifestano quindi solo in presenza di burrasche ma va valutata quale sia loro capacità di sfaldamento sulle zolle di Posidonia in rapporto alle energie registrate. Va dunque verificata prima della posa la compattezza della zolla che deve possedere un intreccio di rizomi tali da garantire una sufficiente coesione, compattezza e resistenza allo stress meccanico operato dalla benna sia durante l'eradicazione e sia nella successiva posa sul fondale.

La differenza composizionale tra le stazioni di prelievo dei sedimenti nell'area di spianto non è significativamente diversa da quella di reimpianto (vedi allegato (fig. 2)



Figura 6 – Ubicazione delle stazioni di campionamento dei sedimenti marini

Le caratteristiche delle aree dedicate al reimpianto a zolle deve comunque tener conto anche della struttura chimica dei sedimenti presenti nelle zolle. Si riportano a tal fine i risultati delle analisi degli analiti indicati nel *Dm n°173 del 2016, che riporta il regolamento recante modalità e criteri tecnici per l'autorizzazione all'immersione in mare dei materiali di escavo di fondali marini.* (16G00184). Le stazioni di campionamento (fig. 6) sono ubicate alla fine del molo di sovraflutto (P1) e nei pressi dell'imboccatura del porto, nel braccio destro (P2 e P3). Da questi risultati (tab. 2) si evince come diversi analiti della stazione P3 posta all'interno della darsena, siano fuori limite L1 ed alcuni anche fuori L2. Conforta la serie della stazione P1, prossimale alla area di espianto, dove solo il Mercurio è al disopra della soglia L2.

**N.B.:** Si ritiene che siano quindi necessarie ulteriori analisi chimiche del sedimento da effettuarsi nelle zone sottoposte al prelievo delle zolle così come nelle aree ritenute idonee al reimpianto e si ribadisce come sia comunque necessaria la posa in aree limitrofe con caratteristiche oltre che batimetriche e granulometriche compatibili, anche chimico-fisiche simili a quelle di prelievo onde evitare ove vi fosse, qualsiasi forma di stravolgimento dell'assetto complessivo dei fondali dell'area ricevente.

Tabella 2 Analiti indicati nelle tabelle 2.3, 2.4 e 2.6 del Dm n°173 del 2016 esaminati nei sedimenti delle stazioni P1, P2 e P3. I limiti di riferimento L1 e L2 indicati dallo stesso Dm. Il raffronto indica in giallo i valori superiori al limite L1 ed in rosso i valori superiori al limite L2 [1] e [2]

	L1	L2	P2	P3
residuo a 105°C (%)			98,5	94,1
residuo a 450°C (%)			96,7	93,3
scheletro tra 2 cm e 2 mm (g/kg)			508	64,5
alluminio (mg/kg s.s.)			2073,8	11029,6
arsenico (mg/kg s.s.)	12	20	4	10
cadmio (mg/kg s.s.)	0,3	0,8	0,2	0,1
cromo (mg/kg s.s.)	50	150	6	9
ferro (mg/kg s.s.)			6124	8810
mercurio (mg/kg s.s.)	0,3	0,8	0,1	0,4
nichel (mg/kg s.s.)	30	75	2	4
piombo (mg/kg s.s.)	30	70	3	12
rame (mg/kg s.s.)	40	52	2	11
vanadio (mg/kg s.s.)			7	22
zinco (mg/kg s.s.)	100	150	9	33
cromo esavalente (mg/kg s.s.)	2	2	< 0,2	< 0,2
idrocarburi pesanti C>12 (mg/kg s.s.)	n.d.	50	< 5,0	6,3
acenaftilene (µg/kg s.s.)			< 2	38
antracene (µg/kg s.s.)	24	245	< 2	38
fenantrene (µg/kg s.s.)	87	544	2,6	83,2
fluorene (µg/kg s.s.)	21	144	< 2	8
fluorantene (µg/kg s.s.)	110	1494	5	106
naftalene (µg/kg s.s.)	35	391	< 2	11
benzo(a)antracene (µg/kg s.s.)	75	500	4	71
benzo(a)pirene (µg/kg s.s.)	30	100	7	100
benzo(b)fluorantene (µg/kg s.s.)	40	500	5	63
benzo(k)fluorantene (µg/kg s.s.)	20	500	5	67
benzo(g,h,i)perilene (µg/kg s.s.)	55	100	< 2	79
crisene (µg/kg s.s.)	108	846	3,1	65,8
dibenzo(a,h)antracene (µg/kg s.s.)			< 0,5	23,3
indeno(1,2,3-c,d)pirene (µg/kg s.s.)	70	100	< 2	87
pirene (µg/kg s.s.)	153	1398	5	132
PCB (µg/kg s.s.)	8	60	< 0,2	14,3
alaclor (µg/kg s.s.)			< 5	< 5
aldrin (µg/kg s.s.)	0,2	10	< 0,2	< 0,2
atrazina (µg/kg s.s.)	0,2	10	< 5	< 5
alfa-esaclorocicloesano (a-BHC) (µg/kg s.s.)	0,2	10	< 0,2	< 0,2
beta-esaclorocicloesano (b-BHC) (µg/kg s.s.)	0,2	10	< 0,2	< 0,2
gamma-esaclorocicloesano (g-BHC) (µg/kg s.s.)	0,2	1	< 0,2	< 0,2
DDD (µg/kg s.s.)	0,8	7,8	< 0,2	10,1
DDE (µg/kg s.s.)	1,8	3,7	< 0,2	6,6
DDT (µg/kg s.s.)	1	4,8	< 0,2	4,6
dieldrin (µg/kg s.s.)	0,7	4,3	< 0,2	< 0,2
eptacloro epossido (µg/kg s.s.)	0,6	2,7	< 0,5	< 0,5
endrin (µg/kg s.s.)	2,7	10	< 0,2	< 0,2

P1

7879,3  
8

0,2  
8

23898

0,4  
3

10

5

21

18

>0,2

>0,2

>0,3

0,11

0,10

0,04

0,04

0,05

0,05

0,05

### Nota 3 ISPRA

“Allo stesso tempo non sussistono ancora evidenze scientifiche per affermare in modo assoluto e generale che: la possibilità di attecchimento e la percentuale di riuscita dell’operazione di espianto e reimpianto della *Posidonia oceanica* in salute è molto bassa, pertanto, nel caso di una prateria di *Posidonia* molto disturbata e in sintesi non in salute, il trapianto ha una bassissima possibilità di riuscita. Il buon esito di un trapianto dipende da molteplici fattori: un buona pianificazione, la realizzazione di progetti pilota per la selezione dei siti riceventi e delle tecniche di trapianto, la scelta del sito ricevente attraverso opportune valutazioni, la scelta della tecnica più adeguata al sito ricevente selezionato, l’esperienza tecnico-scientifica degli operatori che effettuano il trapianto, un efficace controllo delle attività durante tutte le sue fasi di realizzazione, un monitoraggio adeguato sia da un punto temporale (almeno 5 anni) sia spaziale sia dei parametri idonei e rappresentativi della performance del trapianto, la protezione efficace dell’area trapiantata da eventuali danni (es. ancoraggi, pesca e abbandono di rifiuti o posizionamento di corpi morti) e la possibilità di intervenire con sostituzioni delle eventuali fallanze del trapianto emerse durante i monitoraggi”.

**N.B.:** Tenendo in opportuna considerazione le indicazioni di ISPRA il gruppo di lavoro ritiene che sia necessario una rimodulazione delle proposte di reimpianto indicate nello studio del 2016 [4].

Si ritiene che debbano essere individuate due aree per il reimpianto a zolle sempre nel rispetto dell’assetto batimetrico, idrodinamico, di struttura sedimentaria e chimicofisica del fondale ricevente. Ciò consentirebbe la ripartizione di rischio, ovvero che eventi di qualsiasi origine possano sconvolgere e distruggere un unico impianto.

Si ritiene che sia comunque necessario favorire il trapianto a talee rispetto a quello a zolle. Si presenta, per la prima modalità, l’opportunità di utilizzare nuove tecniche sperimentali che potranno garantire maggiori possibilità di successo un settore applicativo che spesso non ha avuto una buona riuscita. A tal fine si propone una sinergia tra l’Università di Sassari e ISPRA su progetti di trapianto che impieghino metodologie innovative e che hanno visto già attuazione in altri ambiti marini della Sardegna.

Si riporta a titolo esemplificativo un’idea progettuale da applicare al trapianto a talee.

Il progetto si colloca nell’ambito dello sviluppo di tecniche innovative di trapianto di *Posidonia oceanica*.

Avrà come obiettivi specifici:

- testare l’efficacia di differenti tecniche di trapianto
- comparare l’efficacia dell’utilizzo di materiali di ancoraggio biodegradabili con quella di materiali già utilizzati in precedenti progetti di riforestazione
- valutare l’idoneità all’accrescimento di *Posidonia oceanica* di aree situate in prossimità di Porto Torres nell’ottica di futuri programmi di ripristino ambientale nel Golfo dell’Asinara.

Si prevede di effettuare il trapianto in aree situate nella fascia batimetrica di 20-15 m a distanza crescente dal centro abitato di Porto Torres: la prima immediatamente a ridosso del centro abitato e la altre a distanza crescente a est. La scelta delle aree ha come obiettivo di valutare l’idoneità all’accrescimento di *Posidonia oceanica*. Infatti, la zona situata a est di Porto Torres è caratterizzata da un’ampia superficie di matte morta che indica una passata presenza di *Posidonia oceanica*. L’idoneità attuale allo sviluppo della pianta rappresenta il requisito fondamentale per la valutazione di eventuali futuri programmi di ripristino della prateria.

In ogni area saranno utilizzate differenti tecniche di ancoraggio come geostuoie Macmat R e geotessuti biodegradabili. Le strutture “Macmat R”, con geostuoia tridimensionale e rete metallica a doppia torsione (1 m × 1 m) sono state impiegate con successo in alcuni progetti di riforestazione delle praterie di *Posidonia oceanica* evidenziando alte percentuali di successo se posizionate su matte morta. Queste strutture sono però costituite da materiale non biodegradabile. Le strutture biodegradabili sono costituite da materiali geocompositi costituiti da rete metallica a doppia torsione accoppiata in fase di produzione con bioreti naturali in agave o cocco.

In ogni area di studio verranno trapiantati il 50% con Macmat R e 50% con geostuoie biodegradabili.

Per ogni metro quadro si prevede di posizionare una patch di 30 talee di *Posidonia oceanica*. Ogni talea sarà costituita da un rizoma (plagiotropo o ortotropo) portante uno o più fasci fogliari.

Si prevede di effettuare il monitoraggio delle strutture in due date all'anno per una durata di 5 anni.

Per ogni data di monitoraggio verranno svolte le seguenti attività:

- Ricognizione video/fotografica completa delle aree di trapianto;
- Conta delle stuoie presenti e delle patches presenti su ciascuna stuoia (stima di copertura);
- Conta delle talee presenti e dello stato di salute delle piante su una superficie pari al 25% dell'intero impianto suddivisa tra differenti tecniche e differenti distanze dal porto. Per ogni patch sarà contato il numero di fasci presenti e verranno effettuate *in situ* le seguenti misure su tre fasci:
- Misurazione della lunghezza/larghezza della foglia più lunga;
- Determinazione dello stato degli apici e misura del tessuto bruno;
- Valutazione ricoprimento epifita.
- Determinazione del tasso di sedimentazione. In ciascuna data di monitoraggio, verranno posizionate delle trappole di sedimento (5 trappole per area) e dopo una permanenza di 10 giorni saranno ritirate per procedere alla determinazione della qualità e quantità del sedimento.

Per ogni data di monitoraggio, sarà stimata la densità dei fasci e saranno effettuate le misure fenologiche *in situ* anche nella prateria naturale più vicina alle aree riforestate. Il monitoraggio sarà effettuato alla stessa profondità dei trapianti su 12 m<sup>2</sup> di prateria.

## QUADRO DI SINTESI PER LE ATTIVITÀ PRELIMINARI

*In accoglimento delle indicazioni ISPRA si rendono necessarie attività preliminari da realizzarsi ai fini del trapianto di zolle di mattoni 2x2 m e a talee di Posidonia da effettuarsi con carattere di urgenza*

Approfondimenti delle condizioni generali delle mattoni di *Posidonia oceanica* da espiantare ed in particolare:

- Valutazione della potenza e consistenza delle mattoni con adeguate metodologie;
- verifica degli analiti indicati nelle tabelle 2.3, 2.4 e 2.6 del Dm n°173 del 2016 limitatamente ai metalli;
- ricerca di altre aree di reimpianto che godano delle caratteristiche: 1) con correnti di fondo con velocità massima di 20cm/sec; 2) in fascia batimetrica tra 15 e 20 m; 3) aree non lontane dalla zona di espianto; 4) in sicurezza rispetto alle rotte di accesso al porto civico

Attività preliminari da realizzare ai fini del trapianto di talee di Posidonia con tecniche sperimentali

- Verifica del numero stato di vitalità dei rizomi da trapiantare;
- verifica del numero di rizomi necessario in rapporto alla superficie da colonizzare ed alle tecniche impiegate
- scelta delle aree di reimpianto attraverso rilievi SIDE SCAN SONAR, transetti ROV, Immersioni Puntuali
- verifica della morfologia dei fondali scelti e delle loro dinamiche superficiali
- verifica delle caratteristiche sedimentologiche
- caratterizzazione biologica dei fondali
- scelta della migliore metodica di reimpianto in funzione delle risultanze dei punti precedenti

## Bibliografia documentale

- [1] ID\_ V/P: 3523 Procedimento di VIA - Richiesta di integrazioni pro t. n. 10569/DVA del 05105/2017 ALLEGATO-02 Analisi dei sedimenti in area di interferenza con il SIN - <https://va.minambiente.it/it-IT/Oggetti/Documentazione/1549/>
- [2] ID\_ V/P: 3523 Procedimento di VIA - Richiesta di integrazioni prot. n. 10569/DVA del 05/0512017. ALLEGATO\_06: Analisi dei sedimenti in area di dragaggio - <https://va.minambiente.it/it-IT/Oggetti/Documentazione/1549/>
- [3] Piano di Monitoraggio Ambientale – Rapporto attività Ante Operam. PMA – Rilievi Correntometrici E Morfometrici
- [4] 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
- [5] Adeguamento tecnico-funzionale al Piano Regolatore Portuale del porto civico di Porto Torres prolungamento dell'antemurale di ponente e resecazione banchina alti fondali, in ottemperanza alle richieste del decreto VIA 0000035 del 06/02/2018 relativamente alle prescrizioni del MATTM n. 5 e n.6

Allegato A

NOTA ARPAS SASSARI *del maggio 2019*

Prescrizioni n. 5 e n. 6, in particolare per la parte relativa al trapianto di *Posidonia oceanica*,

Nella parte **RIFORESTAZIONE CON TECNICHE SPERIMENTALI** sarebbe opportuno descrivere meglio lo stato ambientale passato e attuale delle zone scelte come aree test, riferito a tale affermazione: *“le zone scelte sono caratterizzate da un’ampia superficie di matte morta, che ne indica la sua presenza in un recente passato ma anche la sua scomparsa. La verifica dell’idoneità del sito al tempo attuale rappresenta il requisito fondamentale per futuri programmi che prevedono azioni di ripristino della prateria con una buona possibilità di successo”*(pag.35).

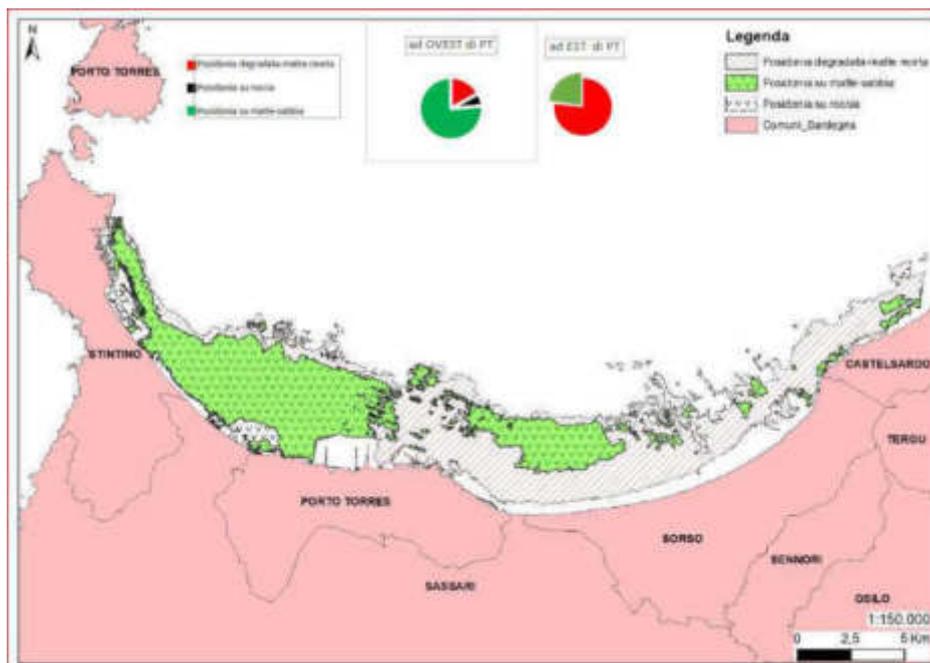
Riportare nella relazione quanto spiegato durante la riunione del 4/4/2019 circa la diminuzione delle fonti di pressione sul tratto di mare considerato, che giustifica la scelta di tali aree e la probabile buona riuscita dell’intervento

*Elementi a complemento trattati in risposta alla richiesta d’integrazione di ARPAS Sassari*

PUNTI:

- 1) Mappa del golfo dell’Asinara che dimostra come la presenza di matte morta sia prevalentemente a est del consorzio petrolchimico, delle termo-centrali e della città di porto Torres. Ciò giustificherebbe come la scomparsa della fanerogama sia in relazione agli inquinanti derivanti dal polo industriale sia alle attività antropiche dalla città (porto civico, città, ecc.), diffuse poi dalle correnti con andamento prevalente ovest-est.
- 2) Analisi dei documenti storici dimostranti la forte diminuzione dell’attività industriale del polo petrolchimico e delle migliorate attenzioni verso il contenimento dello sversamento degli inquinanti delle acque marine, l’efficienza del depuratore consortile e in generale, una migliore qualità dell’ambiente.
- 3) Analisi della qualità delle acque della foce del fiume Rio Mannu che sfocia nella darsena del porto industriale per una valutazione dell’implicazione delle attività antropiche del suo bacino imbrifero al problema in oggetto.

- PUNTO 1



*Distribuzione di Posidonia oceanica nel Golfo dell'Asinara (da Campagna MiATT - 2000)*

La mappa del golfo dell'Asinara dimostra come la presenza di matte morta sia prevalentemente a est del polo petrolchimico, delle termo-centrali e della città di porto Torres. La scomparsa della fanerogama è con altissimo grado di probabilità da porre in relazione agli inquinanti derivanti dalle passate attività del polo industriale, alle attività antropiche dalla città soprattutto del porto civico e quelle insistenti nel bacino imbrifero del Rio Mannu, diffuse dalla foce. Le correnti marine hanno poi trasportato gli agenti inquinanti verso est coerentemente al loro andamento prevalente.

L'ammontare della superficie a Posidonia "viva" nell'intero golfo dell'Asinara è pari a 6400 ha mentre la percentuale di matte morta nel settore Est del golfo è pari all'86%; il 14% è nel settore Ovest ma è dislocato solo su batimetriche più profonde, mentre quello a Est interessa l'intera matte.

- PUNTO 2

L'imprenditore Nino Rovelli operò complessivamente con circa 50 società, fra le quali la SIR - Società Italiana Resine e la SIR - Sarda Industrie Resine, costituita nel SIR che avviò nel 1962 la produzione su larga scala del fenolo, nel 1964 di cumene e stirene, poi nel 1965 aggiunse quella dell'etilene (in steam cracking, per 45.000 tonnellate l'anno) e nel 1968 realizzò una raffineria di petrolio e promosse inoltre, via via aggiungendole nel corso del tempo, produzioni di altre resine e altri polimeri anche termoplastici comprendenti il polietilene, l'ABS, il PVC, il polistirene, arrivando ad occupare 11.000 addetti. All'epoca l'attenzione verso l'ambiente era minima preferendo ad esso l'aspetto produttivo[1]. All'uscita di Rovelli nel **1982**, gli impianti vennero rilevati dall'Ente Nazionale Idrocarburi (Eni). Dei complessivi 1.200 ettari del sito, circa 400 furono destinati alle attività produttive mentre il resto divenne piena proprietà Syndial (Eni) e Polimeri Europa che ne curarono la bonifica e la valorizzazione.

Nel **1978**, in collaborazione col Servizio Ecologia dello Stabilimento, il Dipartimento di Botanica dell'Università di Palermo avviava un'indagine mirante alla caratterizzazione chimica, fisica e biologica del tratto di mare antistante il porto industriale influenzato dagli scarichi dello stabilimento. I risultati [2;3] evidenziarono un ampio tratto di mare a vari gradi di compromissione anche a causa dello scarico a mare del materiale di dragaggio del nascente porto industriale. Lo studio si concluse nel **1980** ed i risultati produssero una cartografia dei popolamenti bentonici evidenziando quattro zone a caratterizzazione chimica, fisica e biologica differenti. Quell'indagine volle essere anche una valutazione dell'impatto ambientale causato dall'utilizzazione del territorio a terra e a mare sia come sito di un'industria petrolchimica sia come sede dell'infrastruttura portuale di recente costruzione. Nel **1984** si attivò l'impianto consortile di depurazione; le acque di scarico, prima di versarsi all'interno del porto industriale, decantano in un vasto bacino di calma che permette di rimescolare l'ingente volume d'acqua di raffreddamento degli impianti ottenendo così oltre ad un abbassamento della temperatura, una diluizione del refluo depurato e una depurazione ulteriore delle acque industriali.

Nel **1987** lo studio riprese anche con la collaborazione degli Istituti di Botanica delle Università di Sassari e di Catania ed esso, dopo tre anni di funzionamento del depuratore consortile permise una verifica dell'efficacia delle opere di risanamento realizzate secondo le indicazioni scaturite dallo studio del 1978, valutandone l'efficienza in base anche al ripopolamento delle aree allora più compromesse [7].

La cartografia dei popolamenti bentonici evidenziò una evoluzione tendente al miglioramento delle zone allora definite compromesse ed un ancor più marcato miglioramento nelle zone situate a Nord-Ovest del porto industriale in corrispondenza della testata pontile solidi. Le aree più compromesse risultarono quelle dal pontile liquidi al molo del porto industriale CASI, nonché la foce del Rio Mannu, caratterizzate da sedimenti limosi, con popolamenti bentonici assenti o paucispecifici.

Il confronto tra le determinazioni dei metalli pesanti delle diverse matrici (sedimenti e posidonia) e la relativa granulometria dei sedimenti, di quattro stazioni corrispondenti rese evidente un generale miglioramento dell'area portuale.

Nel decennio **1990-2000** gli impianti ripresero con un secondo *boom* anche per il potenziamento del porto industriale. Nel 1996 il personale era costituito da dirigenti 7; quadri + Impiegati 716; operai 660 per un totale 1383 addetti. Le produzioni erano allora costituite da: (in migliaia di t/a) Etilene 166; Cumene 286; Fenolo 110; Cicloesano 21; Cloro 78; Benzolo 154; Gomme Nitriliche (NBR) 25; Polietilene Alta Densità (HDPE) 107.

Le attività di caratterizzazione degli inquinanti e di messa in sicurezza del sito furono avviate nel **1997**. Il sito fu completamente isolato rispetto ai recettori sensibili, per mezzo di una barriera idraulica che ne impediva qualunque migrazione di inquinanti verso l'esterno. A partire dal **2010**, a seguito dell'approvazione dell'analisi di rischio presentata al Ministero dell'Ambiente della Tutela del Territorio e del Mare (MiATTM) per il comparto suoli e falda, Syndial ha attivato un percorso di condivisione con il Ministero e gli Enti locali, che ha portato alla definizione di un puntuale "piano d'azione" degli interventi ambientali nel sito di Porto Torres, sottoscritto nel maggio 2011 (Protocollo d'Intesa per la "Chimica Verde"). Syndial gestisce alcune opere idrauliche, realizzate a seguito degli interventi di messa in sicurezza, quali; - Barriera idraulica fronte mare, costituita da 60 pozzi d'emungimento distribuiti lungo il fronte mare dello stabilimento, per circa 6 km, la quale garantisce la completa chiusura idraulica a fronte di un emungimento pari a 180 mc/h di acque sotterranee; - Barriera lato ovest, per circa 1 km lungo il confine ovest del sito industriale; - Trincea drenante, posta a valle dell'area impianti del sito industriale, in posizione nord – est, per uno; sviluppo di circa 1 km; - Sistema di recupero in automatico del surnatante esteso all'intera area impianti; - Impianti di Trattamento Acque di Falda, quali TAF 1, 2, 3 e 4, per una potenzialità di trattamento pari a 240 mc/h; - Rete di monitoraggio piezometrico delle acque sotterranee costituita da circa 600 piezometri nell'intero; sito industriale [4].

Attualmente a causa della recessione e della vendita di diversi impianti, la produzione industriale si limita solo alla produzione di gomme nitriliche e alla chimica verde quest'ultima sotto l'egida di Matrìka, una joint venture 50:50 costituita nel 2011 da Versalis e Novamont per la riconversione il petrolchimico di Porto Torres in una bioraffineria di terza generazione per lo sviluppo di prodotti da materie prime vegetali, con una filiera agricola integrata. Gli impianti Matrìka si avvalgono di una tecnologia radicalmente diversa da quelle esistenti: non utilizzando ozono nella reazione di scissione ossidativa dell'olio vegetale, è così possibile ottenere bioprodotto attraverso un processo a basso impatto ambientale. Gli impianti, attivi a Porto Torres da 2014, sono tre: l'impianto Monomeri Bio, alimentato da oli vegetali; l'impianto Additivi per Gomme e Polimeri, dedicato alla produzione di oli estensori e l'impianto Esterificazione, che si occupa della produzione per diversi settori applicativi. Dal 2012 sono inoltre, attivi sette impianti pilota. Il complesso si sviluppa complessivamente su un'area di oltre 3.500 metri quadri per una capacità complessiva di bioprodotto di 70.000 ton/anno. Un'ulteriore fase del progetto prevede l'avvio di un impianto per bioplastiche Mater-Bi, l'incremento della capacità produttiva di monomeri e la costruzione di una seconda linea biolubrificanti. L'attuale occupazione del polo ammonta circa 300 addetti complessivi.

Nel **2017** il Dipartimento di Architettura, Design e Urbanistica (DADU) e il Comune di Porto Torres (SS) avviano uno studio per la ricognizione sullo stato della prateria di *Posidonia oceanica*, sulla presenza e quantitativi di determinati inquinanti e sulla dinamica granulometrica del fondale nell'area marina in località Acque Dolci per valutare anche eventuali fenomeni di erosione [5]. Lo studio è articolato 1) sulla matrice acqua: caratteristiche fisico-chimico, tramite sonda multiparametrica della colonna d'acqua lungo il profilo di costa; 2) monitoraggio fondi duri: *Carlit*; 3) monitoraggio fondi mobili e della prateria a *Posidonia oceanica*; 4) monitoraggio chimico delle acque costiere di parametri d'interesse ai sensi del DM 260/2010; 5) monitoraggio post-opera della matrice suolo finalizzato a stabilire l'efficacia degli interventi sulla stabilità delle spiagge; 6) monitoraggio post-opera della matrice suolo finalizzato a stabilire l'efficacia degli interventi sulla stabilità delle grotte e sulla circolazione idrica sotterranea.

La caratterizzazione della matrice acquosa mediante sonda multiparametrica ha evidenziato in tutte le stazioni di controllo una colonna d'acqua piuttosto omogenea, pienamente trasparente, ben ossigenata, e poco produttiva. I valori e gli andamenti dei parametri analizzati

sono da attribuire a condizioni assolutamente ottimali per le zone costiere. L'analisi multivariata delle variabili indagate non ha evidenziato differenze spaziali significative tra le stazioni di misura, a prescindere dal loro posizionamento e dalla differente batimetria. In estrema sintesi dall'analisi completa delle variabili indagate in tutte le campagne non è emersa alcuna criticità.

Il giudizio ottenuto sulla base dell'EQB Macroalghe (CARLIT) mette in evidenza uno stato ecologico "BUONO". Dall'analisi dei dati ottenuti, si evidenzia come esiste un gradiente positivo di qualità ambientale dalla zona portuale verso levante. La situazione considerata "CATTIVA" si riscontra nella zona prossimale al molo di sottoflutto. Man mano che ci si allontana da questo le condizioni ambientali tendono a migliorare per diventare ottimali nell'estremità della piccola penisola di San Gavino a mare. Si rimarca altresì che quando le acque subiscono una limitazione riguardo al ricambio, la condizione ambientale tende repentinamente a peggiorare così come riscontrato nel piccolo "fiordo" della penisola su citata, dove arrivano probabili acque di percolamento ricche di nutrienti. È stata rilevata una prateria di *Posidonia oceanica* su roccia, con copertura pari a circa il 47%, con radure di sabbia e/o di matre morta pari a circa il 42% e con differenze in termini di copertura trascurabili tra i punti esaminati. Non si evidenziano chiari segni di erosione della prateria, riscontrabile anche attraverso le conte di densità dei fasci, nei quali il rizoma spesso risultava ben ancorato al substrato. La stima di densità risulta essere 69,2 ciuffi/m<sup>2</sup> (± 10.5); il valore osservato, secondo Pergent et al., 1995 (e modificato da Buia et al., 2003), consente di classificare la prateria come prateria molto disturbata. Lo strato fogliare è apparso poco epifitato. L'indice di qualità PREI è risultato essere pari a 0,36 corrispondente ad una classe di qualità ecologica SUFFICIENTE. I dati indicano che la produttività primaria si colloca nella porzione di bassa produttività dei siti di confronto; anche i dati lepidocronologici non mettono in luce particolari difformità rispetto alle informazioni acquisite con lo studio fenologico.

Dai valori di concentrazione del monitoraggio chimico si può oggettivare che tutti i parametri presentano concentrazioni largamente inferiori agli standard di qualità ambientale fissati per le acque marino-costiere dal DM240/2010. Nello specifico, solo alcuni degli analiti elementari (arsenico, cadmio disciolto, cromo totale e nichel disciolto) risultano esser quantificabili nelle matrici in esame, ma sempre a concentrazioni largamente inferiori sia non solo alla concentrazione massima ammissibile, ma anche a quella media per i 12 mesi. Per contro, le concentrazioni di mercurio disciolto e piombo disciolto sono sempre risultate al di sotto dei rispettivi limiti quantificabili, al pari di quanto accaduto per tutti gli analiti organici. Da quanto riportato è evidente il giudizio di conformità chimica del corpo idrico in osservazione.

- PUNTO 3

La qualità delle acque della foce del fiume Rio Mannu viene desunta da *All. n. 6 sez. n. del monitoraggio e classificazione delle acque superficiali, contenuto nel riesame e aggiornamento del piano di gestione del distretto idrografico della Sardegna del 2° ciclo di pianificazione 2016-2021* [6]

Il corpo idrico (CI) "**foce del fiume Rio Mannu**" relativamente al giudizio degli EQ inerente sia al Fitoplancton nel triennio 2012-14 sia altri EQB negli anni 2012-2015 sia al EQ-CF nel periodo 2012-2014 viene indicato come "SUFFICIENTE" così come anche il suo stato ecologico (v. tab. 4.2 dell'allegato). Nella tab 4.4 si riportano le frequenze di monitoraggio e classificazione degli EQB. Per ogni anno di monitoraggio è riportato il numero di campioni, mentre il colore associato alla casella rappresenta il giudizio relativo secondo lo schema cromatico del D.M.260/2010. Nelle colonne relative al fitoplancton è riportato il giudizio

annuale e triennale con il livello di confidenza associato. Per quanto riguarda gli altri EQB si riporta il giudizio annuale per ogni tipologia di EQB e il giudizio complessivo con il livello di confidenza associato. Il CI relativamente mostra un giudizio per il fitoplancton nel triennio 2012-2014 è “SUFFICIENTE” come quello relativo ai macroinvertebrati mentre per le angiosperme è “BUONO”

Nella Tabella 4-5 si riportano i giudizi annuali derivanti dall’elaborazione dell’indice *TRIX* per gli elementi di qualità chimico-fisica. Per ogni anno di monitoraggio è riportato il numero di campioni, anche in questo caso il colore associato alla casella rappresenta il giudizio relativo secondo lo schema cromatico del D.M.260/2010. Nella ultima colonna è riportato il giudizio complessivo e il livello di confidenza associato che per CI in esame risulta “SUFFICIENTE”. La Tabella 4-7 riporta la frequenza di monitoraggio e la classificazione delle sostanze prioritarie, analizzate nel ciclo del PdG 2010/15, nella matrice acque e nella matrice sedimenti. Per ogni anno di monitoraggio è riportato il numero di campioni, il colore associato alla casella rappresenta il giudizio relativo. Nelle ultime colonne sono indicate le sostanze rilevate, con concentrazione superiore allo standard di qualità ambientale SQA-MA o allo SQA-CMA come media annua. Lo stato chimico sedimenti viene classificato “BUONO”.

## Conclusioni

Vi sono importanti indizi che la *Posidonia oceanica* del Golfo dell’Asinara sia stata interessata da importanti fenomeni di inquinamento che ne abbiano poi causato il declino nella porzione orientale; la localizzazione della matte morta e il netto limite subito dopo le installazioni portuali di Porto Torres dimostrano la causalità del fenomeno. Rimane incerto il periodo di quando tutto ciò sia accaduto ma sicuramente è ascrivibile al periodo “d’oro” della SIR quando l’attenzione ambientale, come si è detto, non aveva certamente una soglia elevata. Tuttavia, sia per l’attuale fortissima riduzione delle attività produttive del polo petrolchimico sia per una più oculata ed imposta attenzione per l’ambiente, il quadro ambientale marino è profondamente migliorato. Il depuratore industriale, i vincoli di legge, il passaggio a ENI, Syndial per le bonifiche e la costituzione di Matrìca per la riconversione il petrolchimico di Porto Torres in “Chimica Verde” ed infine la sufficiente qualità delle acque della foce del Rio Mannu, confortano sia sull’attuale stato sia sul futuro rassicurante scenario di discreta qualità delle acque marine e più ancora per la salute pubblica. Tale scenario è confortato dai risultati dei controlli ambientali operati da enti diversi che portano a concludere che il tratto di mare su cui si dovrà effettuare il trapianto di *Posidonia*, da eradicare per la costruzione del prolungamento del molo di sopraflutto del porto civico, possa avere concrete possibilità di successo così come anche sia lecito attendere positivi risultati dalla esperienza di nuove tecniche di trapianto nell’area marina attigua individuata per tale sperimentazione.

## Bibliografia

- [1] SORIGA L-Così trasportavamo i veleni.  
<http://www.lanuovasardegna.it/regione/2011/09/25/news/inquinamento-a-porto-torres-cosi-trasportavamo-i-veleni-1.3544226> *Inquinamento a Porto Torres.*
- [2] BARONE R., DELORENZO R., DRAGO D., GIACCONE G., MUSCETTA P.N., 1985 -Metodi per la valutazione dell'impatto ambientale a mare: La cartografia biocenotica. *Ingegneria ambientale* 14(10): 563-572
- [3] GIACCONE G., BARONE R., DELORENZO R., MUSCETTA P.N., 1980 - Effett des polluants pétrochimiques sur les végétaux marins de Porto Torres (Sardaigne, Italie): Méthodologies d'analyse et d'interpretation des données. CIESM - ves Journées d'études sur les pollutions marines en Méditerranée. Cagliari 9-13 octobre 1980: 87-94
- [4] Bonifiche a Porto Torres - Gennaio 2015 [https://www.eni.com/docs/it\\_IT/enipedia/informazioni-finanziarie/altre-societa-syndial/Stato\\_delle\\_bonifiche-a-Porto-Torres.pdf](https://www.eni.com/docs/it_IT/enipedia/informazioni-finanziarie/altre-societa-syndial/Stato_delle_bonifiche-a-Porto-Torres.pdf)
- [5] Accordo di Cooperazione con l'Università degli Studi di Sassari, Dipartimento di Architettura, Design e Urbanistica (DADU) e il Comune di Porto Torres (SS) ai sensi dell'art. 15 della Legge n. 241 del 7 agosto 1990 per la Ricognizione sullo stato della prateria di *Posidonia oceanica*, sulla presenza e quantitativi di determinati inquinanti e sulla dinamica granulometrica del fondale nell'area marina in località Acque Dolci oggetto di un intervento di salvaguardia della fascia costiera da fenomeni di erosione (rapporto 2018)
- [6] RIESAME E AGGIORNAMENTO DEL PIANO DI GESTIONE DEL DISTRETTO IDROGRAFICO DELLA SARDEGNA 2° Ciclo di pianificazione 2016-2021 ALLEGATO N. 6 SEZ. N.1 MONITORAGGIO E CLASSIFICAZIONE DELLE ACQUE SUPERFICIALI DIRETTIVA 2000/60/CED. LGS 152/2006-  
[https://www.regione.sardegna.it/documenti/1\\_470\\_20160321144919.pdf](https://www.regione.sardegna.it/documenti/1_470_20160321144919.pdf)
- [7] Giaccone, G, Cossu A; Delorenzo, R, Drago D; Muscetta, P N., (1988) Studio di impatto ambientale nell'area portuale antistante lo stabilimento industriale EniChem di Porto Torres. *Bollettino della Società Sarda di Scienze Naturali*, Vol. 26 (1987/88), p. 43-67. ISSN 0392-6710

ALLEGATO b

Estratto da “Classificazione dei corpi idrici marino costieri della Sardegna”

**Tab 4.2**

ANAGRAFICA CORPI IDRICI				GIUDIZI COMPLESSIVI DEGLI EQ						CLASSIFICAZIONE STATO ECOLOGICO ACQUE MARINO COSTIERE 2011-2014			
ID_CI_WISE	Tipo	Bacino idrografico	Denominazione	Classe di rischio	Monitoraggio	Giudizio Fitoplankton triennio 2012-14	livello di confidenza fitoplankton	GIUDIZIO ALTRI EQB ANNI 2012-2015	LIVELLO DI CONFIDENZA EQB 2012-2015	GIUDIZIO EQ-CF 2012-2014	LIVELLO DI CONF. 2012-2014 EQ-CF	STATO ECOLOGICO	LIVELLO DI CONFIDENZA
0182-MC01070	C3	0182	Foce del Rio Mannu Porto Torres	R	O	SUFFICIENTE	MEDIO	SUFFICIENTE	ALTO	SUFFICIENTE	BASSO	SUFFICIENTE	BASSO

Tabella 4.4 - Frequenze di monitoraggio e classificazione degli EQB dei corpi idrici marino-costieri

ANAGRAFICA CORPI IDRICI				Fitoplankton		Angiosperme	Macroalghe	Macroinvertebrati							
ID_CI_WISE	Tipo	Denominazione	Classe di rischio	Monitoraggio	Giudizio 2012	Giudizio 2013	Giudizio 2014	Giudizio 2012	Giudizio 2013	Giudizio 2014	Giudizio 2012	Giudizio 2013	Giudizio 2014-15	GIUDIZIO EQB 2012-2015	LIVELLO DI CONFIDENZA EQB
0182-MC01070	C3	Foce del Rio Mannu Porto Torres	R	O	4	3	6	SUFFICIENTE	Medio	1			2	SUFFICIENTE	Alto

Tabella 4.5 - Giudizi annuali derivanti dall’elaborazione dell’indice TRIx per gli elementi di qualità chimico-fisica

ANAGRAFICA CORPI IDRICI					CLASSIFICAZIONE EQ-CF 2012-2014					
ID_CI_WISE	Tipo	Denominazione	Classe di rischio	Monitoraggio	Conteggio di TRIX 2012	Conteggio di TRIX 2013	Conteggio di TRIX 2014	Conteggio di TRIX 2015	GIUDIZIO COMPLESSIVO EQ-CF	LIVELLO DI CONFIDENZA 2012-2014 EQ-CF
0182-MC01070	C3	Foce del Riu Mannu Porto Torres	R	O	2	3	5		SUFFICIENTE	BASSO

Tabella 4-6 - Classificazione dello stato ecologico con accorpamenti

N	ID-Cl_WISE	Denominazione	Tipo	Stato Ecologico	livello di confidenza	Periodo di classificazione	Tipo di giudizio
113	0182-MC01060	Porto Torres	ACC3	SUFFICIENTE	BASSO	2012-2015	Accorpamento
114	0182-MC01070	Foce del Riu Mannu Porto Torres	ACC3	SUFFICIENTE	BASSO	2012-2015	Diretto

Tabella 4-7- Frequenze di monitoraggio e classificazione delle Sostanze Prioritarie dei corpi idrici marino-costieri

ANAGRAFICA CORPI IDRICI			SOSTANZE PRIORITARIE matrice acqua tabella 1/A (D.M.200/10)				SOSTANZE PRIORITARIE matrice sedimenti tabella 2/A (D.M.200/10)				Parametri rilevati con conc.>SQA-MA /CMA nelle acque 2012-2015	Parametri rilevati con conc.>SQA-MA nei sedimenti 2012-2015				
ID CI WISE	Tipo	Denominazione	Classe di rischio	Giudizio P_2012	Giudizio P_2013	Giudizio P_2014	Giudizio P_2015	STATO CHIMICO ACQUE	LIVELLO CONFIDENZA	Giudizio P_2012			Giudizio P_2013	Giudizio P_2014	Giudizio P_2015	STATO CHIMICO SEDIMENTI
0182-MC01070	C3	Foce del Riu Mannu Porto Torres	R	R				N.C.	Basso					Buono	Basso	Esatoroccluesano

Tabella 4-8 Classificazione dello stato chimico con accorpamenti

N	ID-Cl_WISE	Denominazione	Tipo	Stato Chimico	livello di confidenza	Periodo di classificazione	Tipo di giudizio
114	0182-MC01070	Foce del Riu Mannu Porto Torres	ACC3	NON RILEVATO	Basso	2012-2013	Diretto

## RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DEI RILIEVI CORRENTOMETRICI



Autorità di Sistema Portuale  
del Mare di Sardegna

**AUTORITÀ DI SISTEMA PORTUALE DEL MARE DI SARDEGNA**  
**EX AUTORITÀ PORTUALE NORD SARDEGNA**

APPALTO DELLA PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA SULLA BASE DEL PROGETTO  
PRELIMINARE E PER LA REALIZZAZIONE DEI LAVORI PER IL PROLUNGAMENTO  
DELL'ANTEMURALE DI PONENTE E DELLA RESECAZIONE DELLA BANCHINA ALTI FONDALI DEL  
PORTO CIVICO DI PORTO TORRES. CIG 5630886220; CUP B21G11000040001

### PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

Relazione di monitoraggio Ante Operam



3 marzo 2020

Impresa

**sales**

Società di consulenza ambientale

**Lithos**

Geologia Tecnica ed Ambientale

Responsabile del monitoraggio ambientale: Dott. Geol. Alessandro Muscas

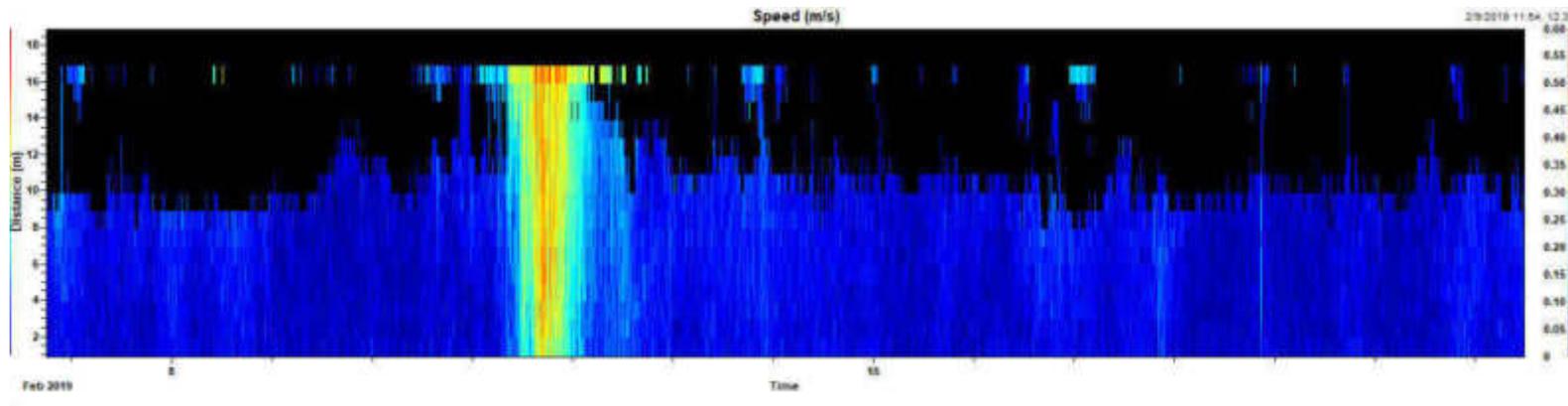
## Note per la lettura

Di seguito sono riportati, per periodi di rilievo dei due strumenti AWAC e AQUADOPP, la rappresentazione grafica dei rilievi correntometrici.

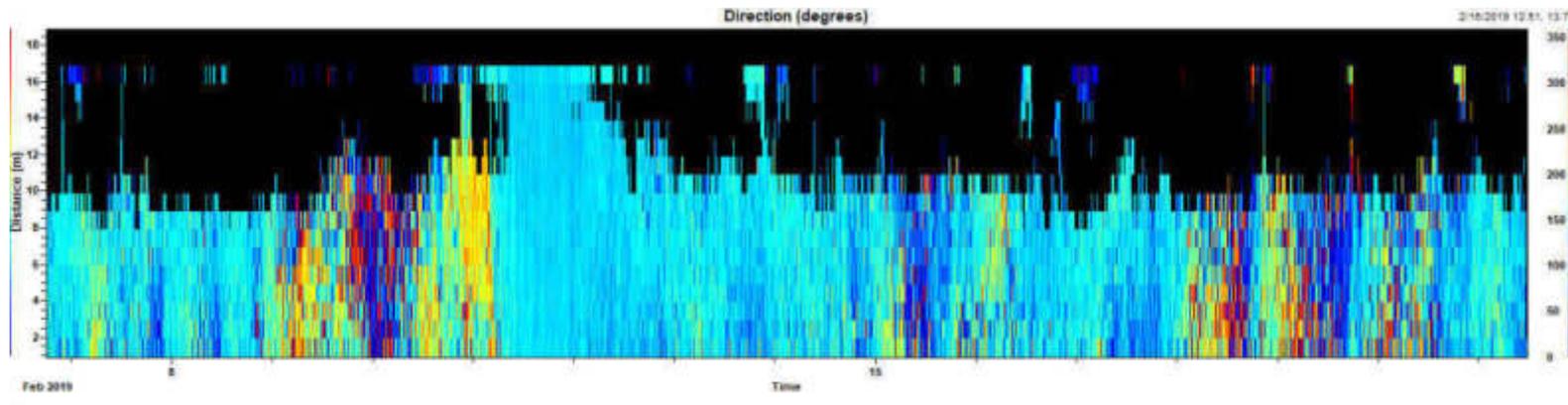
I rilievi sono stati eseguiti su celle di mezzo metro. Per ognuna di esse sono state rilevate direzione [°N] e velocità [m/s]. Per chiarezza, sinteticità e immediatezza sono riportati delle rappresentazioni, per date, che raffigurano per ogni cella e data le indicazioni di cui sopra. E' quindi immediato, con una semplice occhiata, cogliere i valori medi, per periodo, di velocità e direzione.

## AWAC DAL 06/02/2019 AL 21/02/2019

Velocità

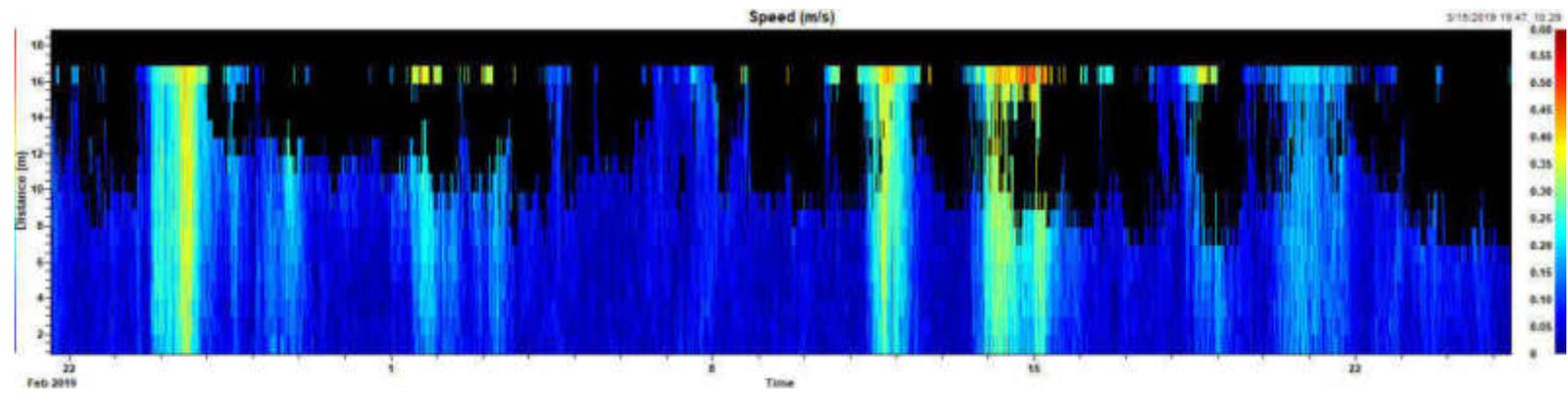


Direzione

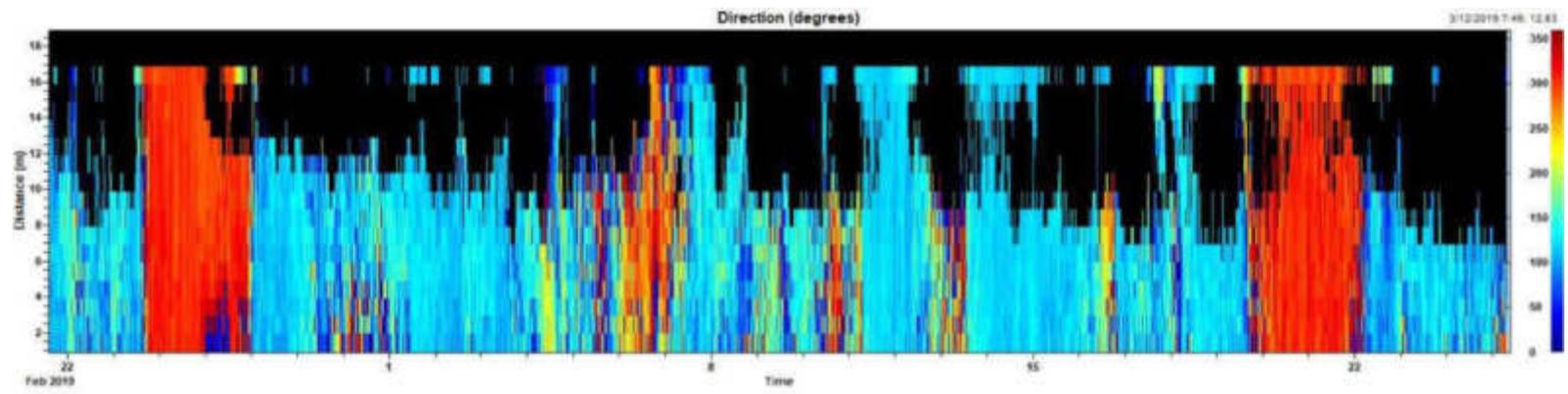


# AWAC DAL 21/02/2019 AL 25/03/2019

## Velocità

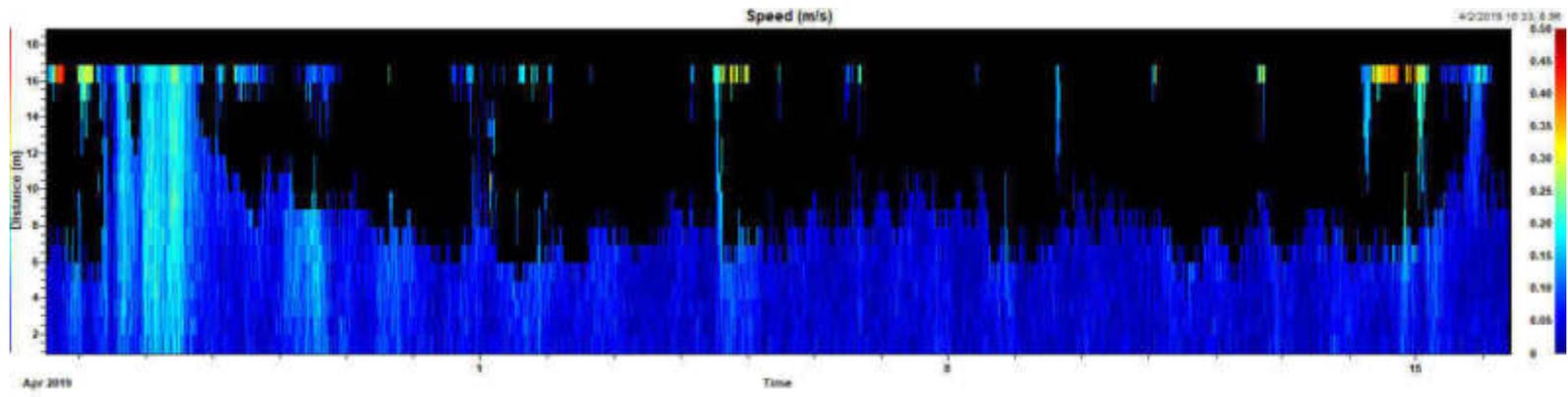


## Direzione

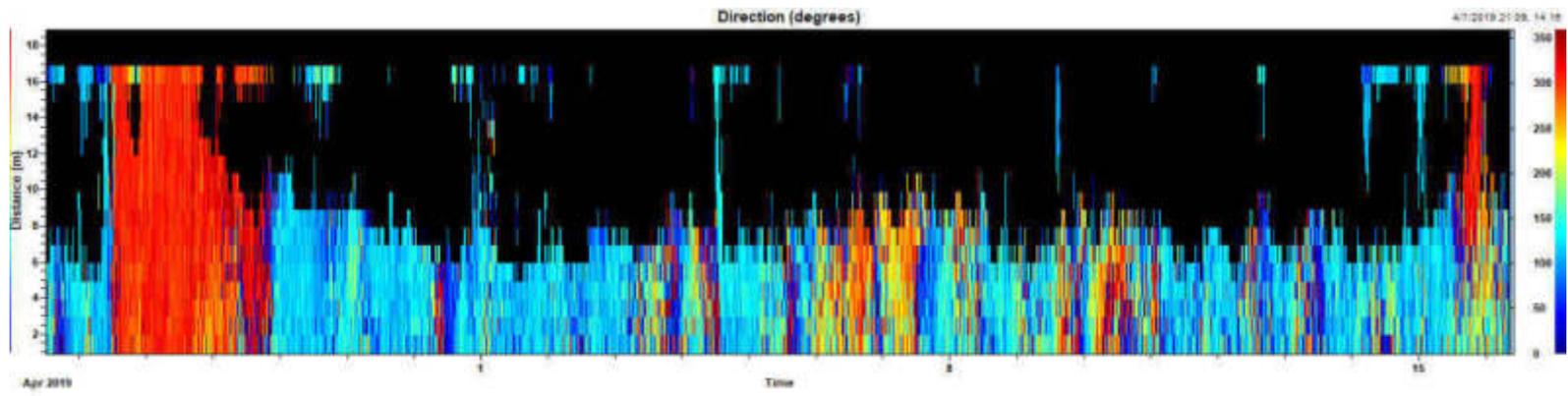


# AWAC DAL 25/03/2019 AL 16/04/2019

## Velocità

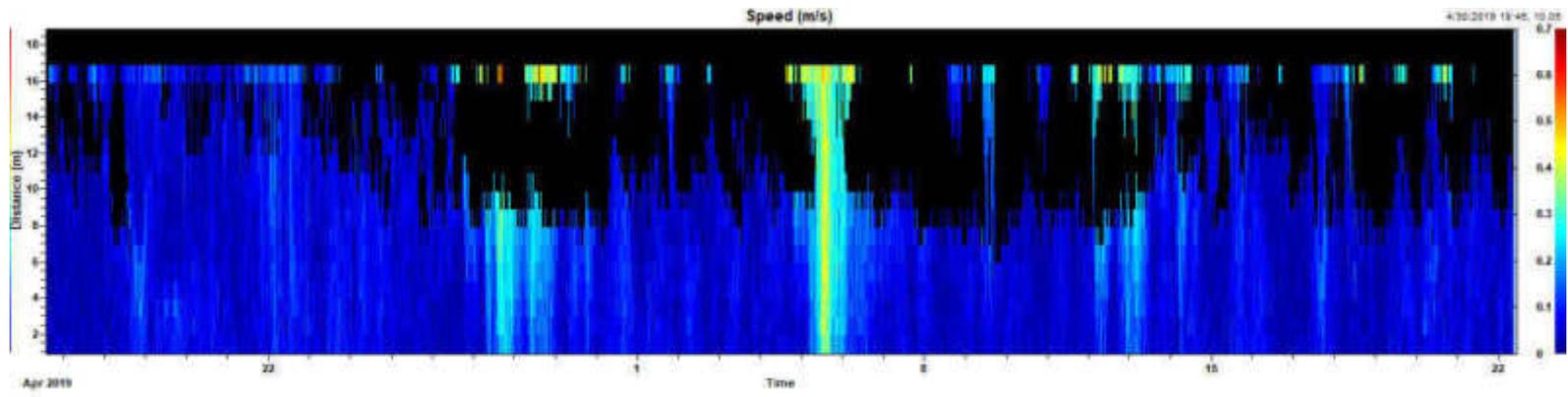


## Direzione

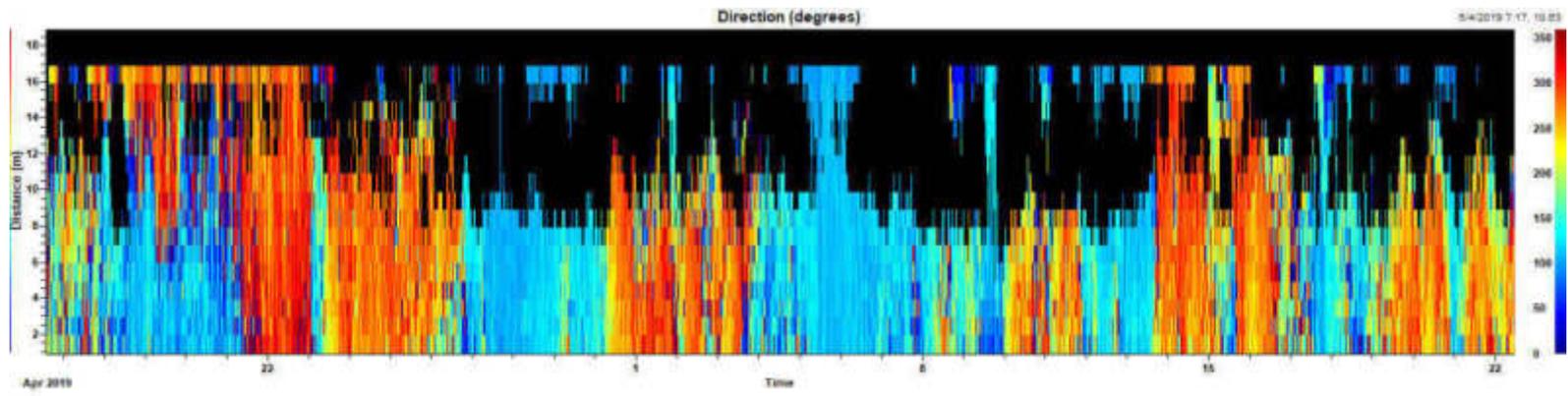


# AWAC DAL 16/04/2019 AL 22/05/2019

## Velocità

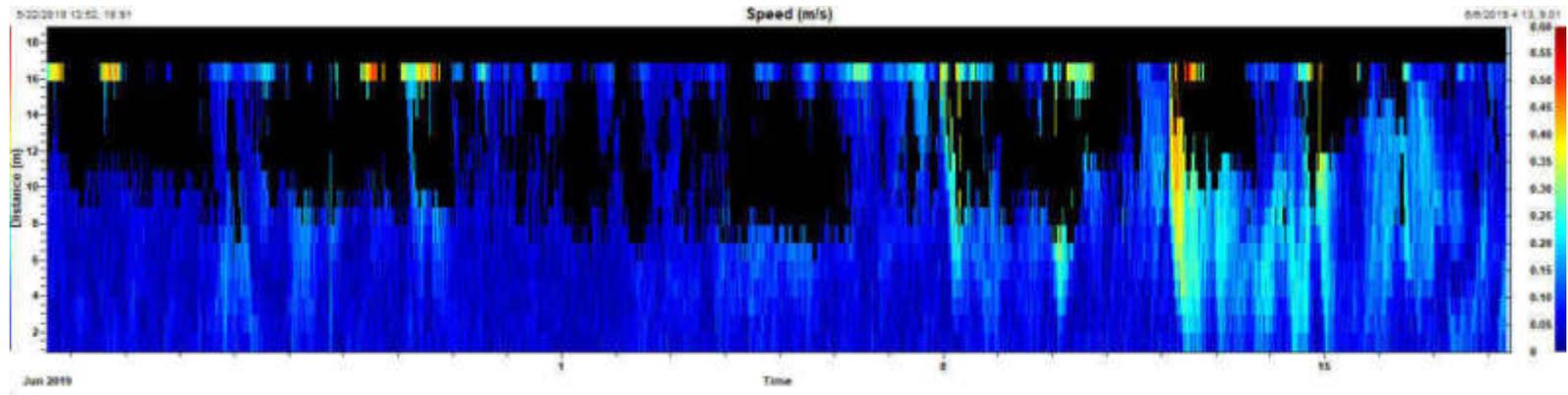


## Direzione

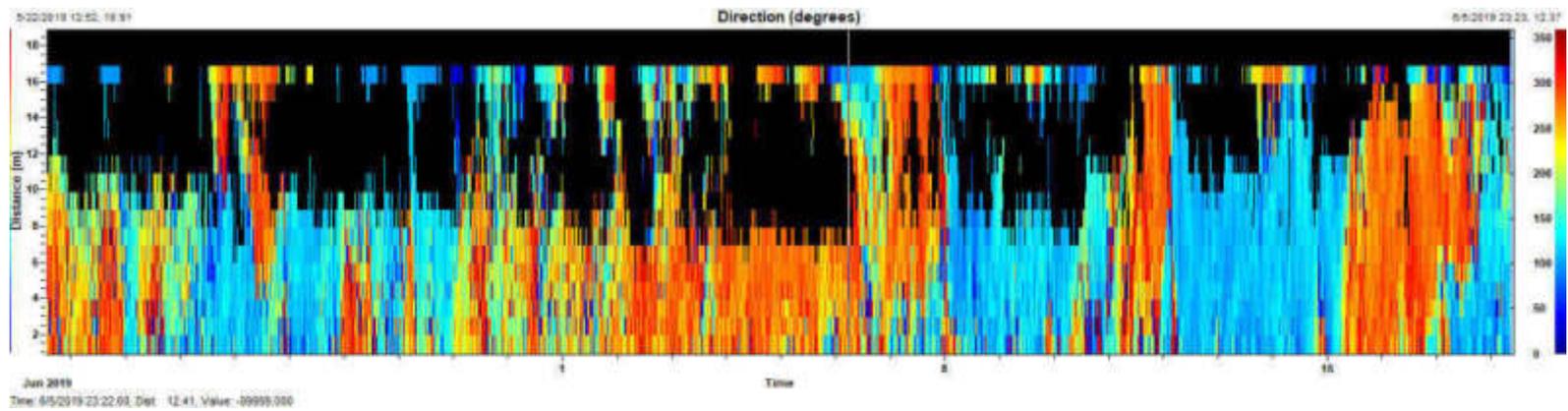


# AWAC DAL 22/05/2019 AL 18/06/2019

## Velocità

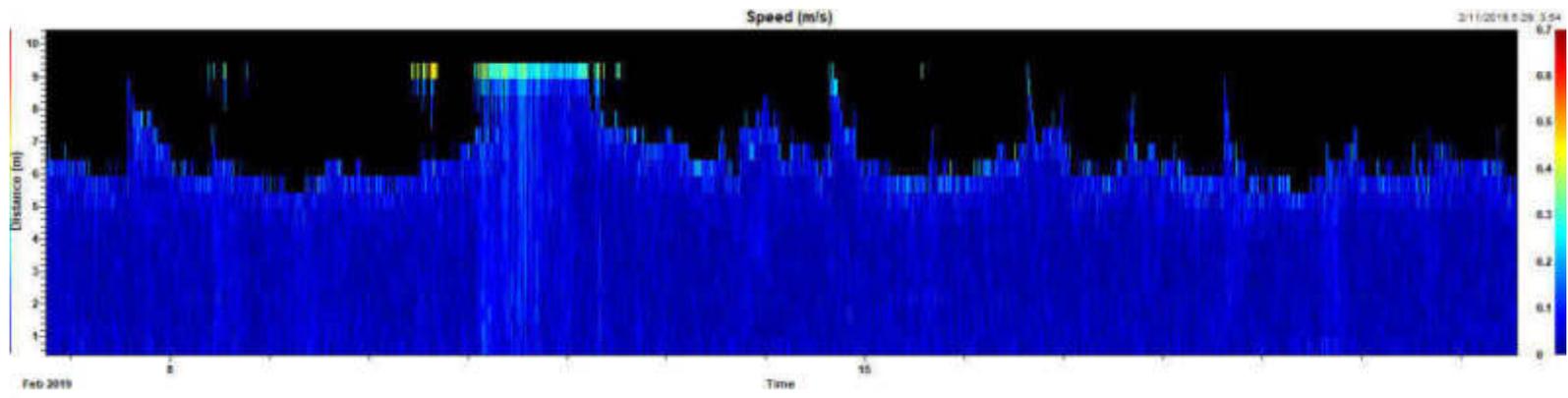


## Direzione

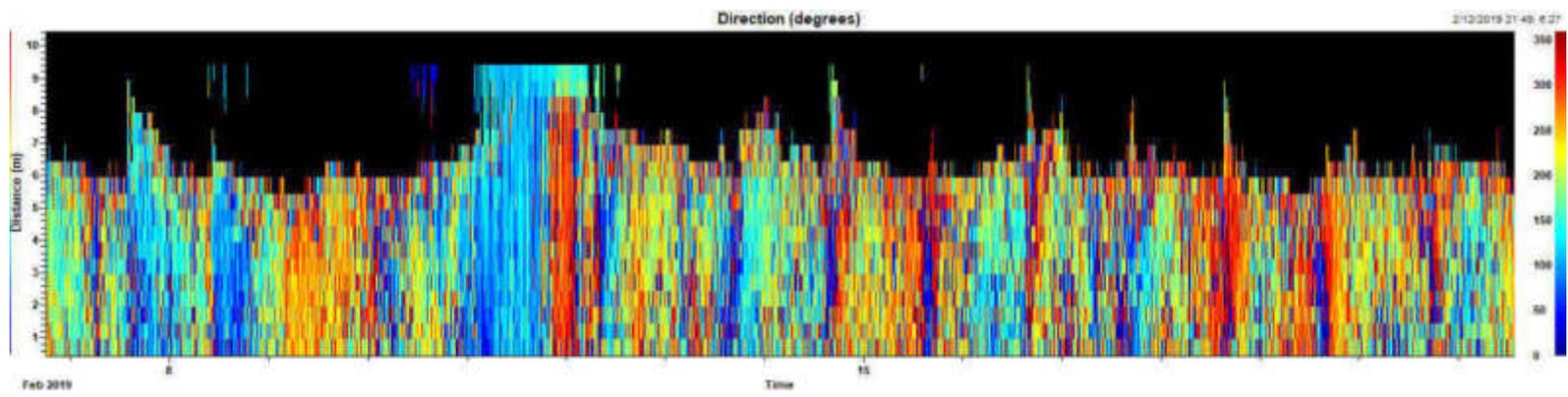


# AQUADOPP DAL 06/02/2019 AL 21/02/2019

Velocità

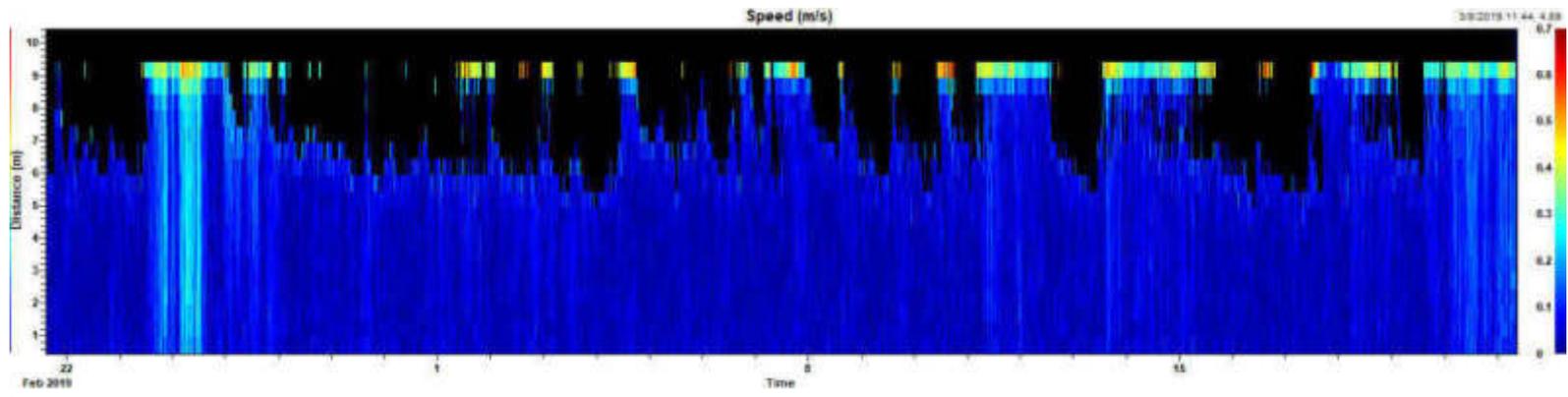


Direzione

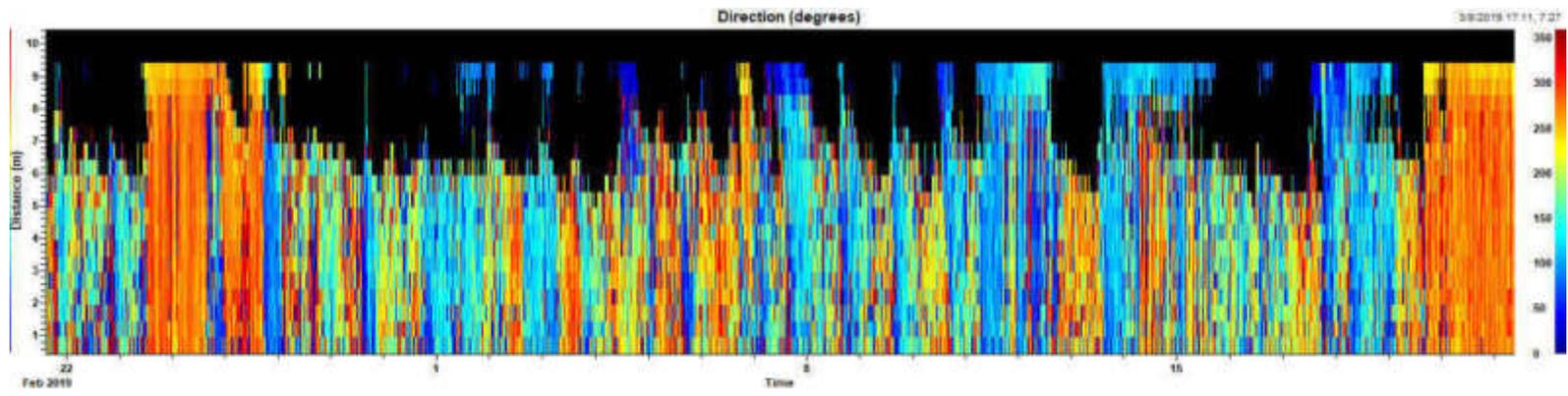


# AQUADOPP DAL 21/02/2019 AL 25/03/2019

Velocità

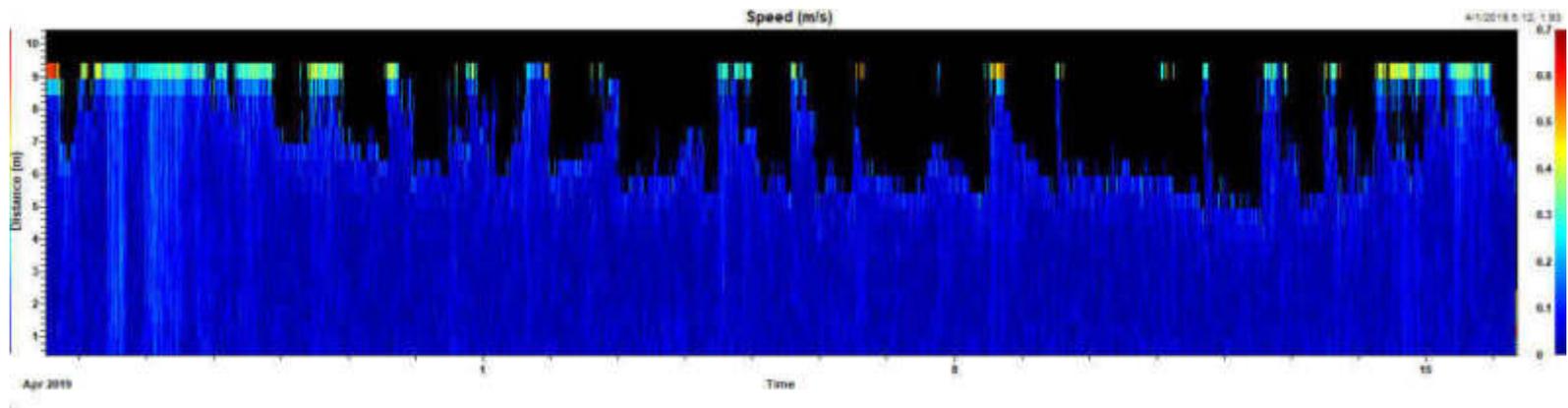


Direzione

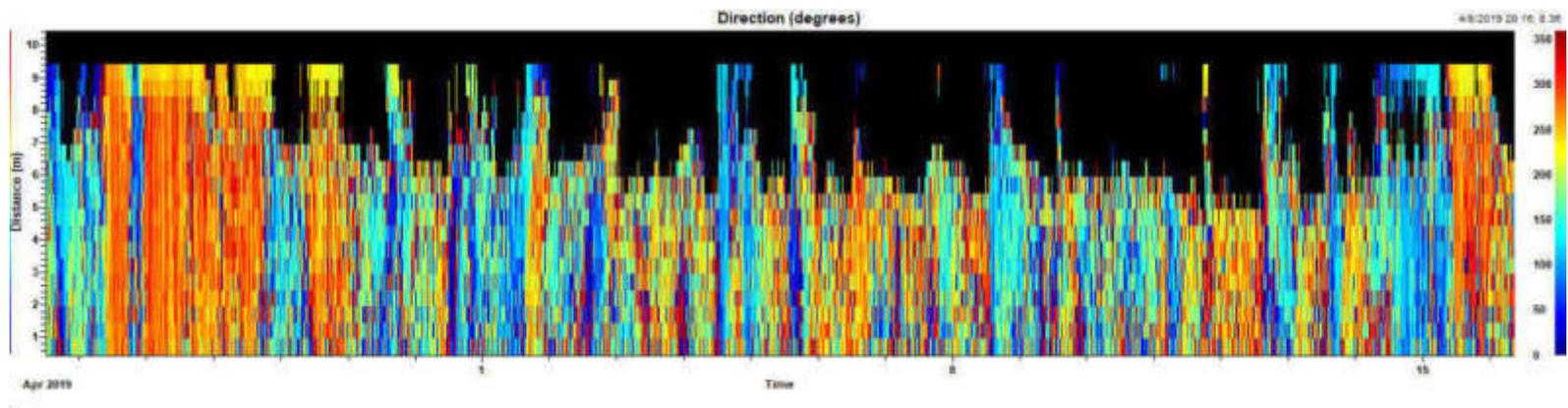


# AQUADOPP DAL 25/03/2019 AL 16/04/2019

Velocità

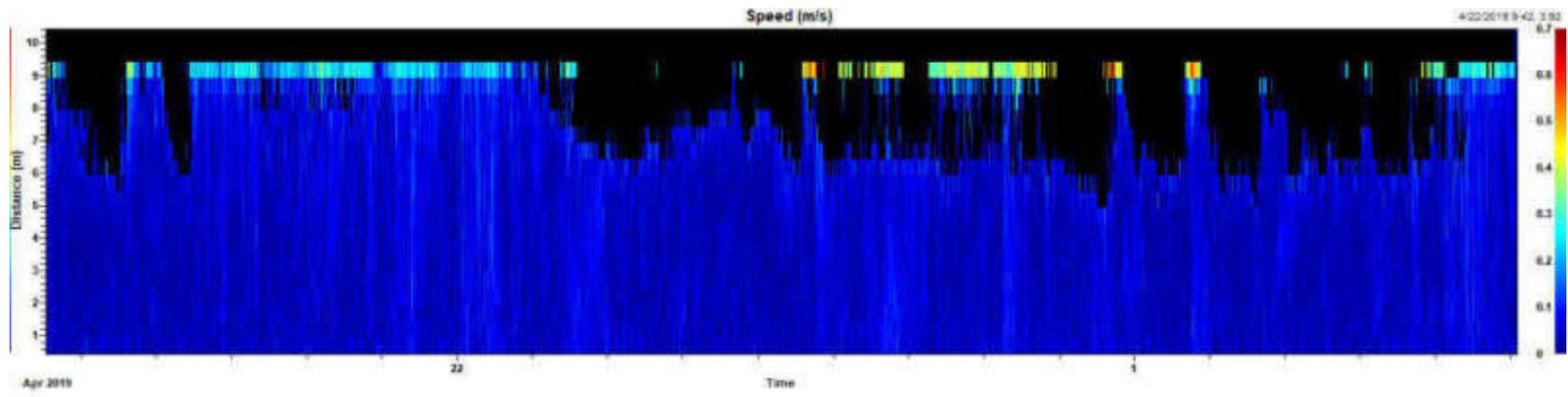


Direzione

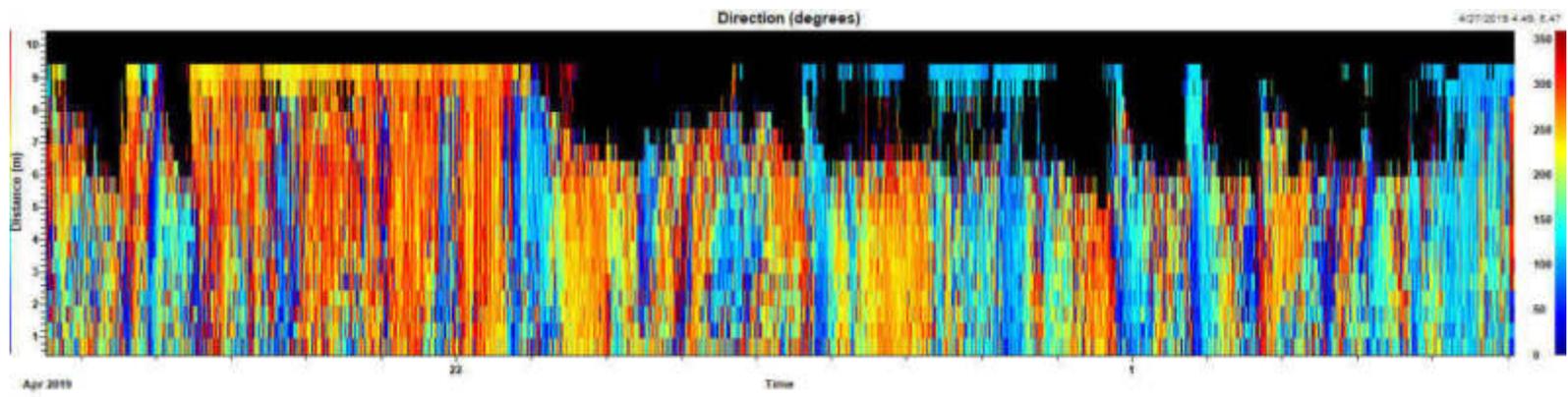


# AQUADOPP DAL 16/04/2019 AL 06/05/2019

Velocità

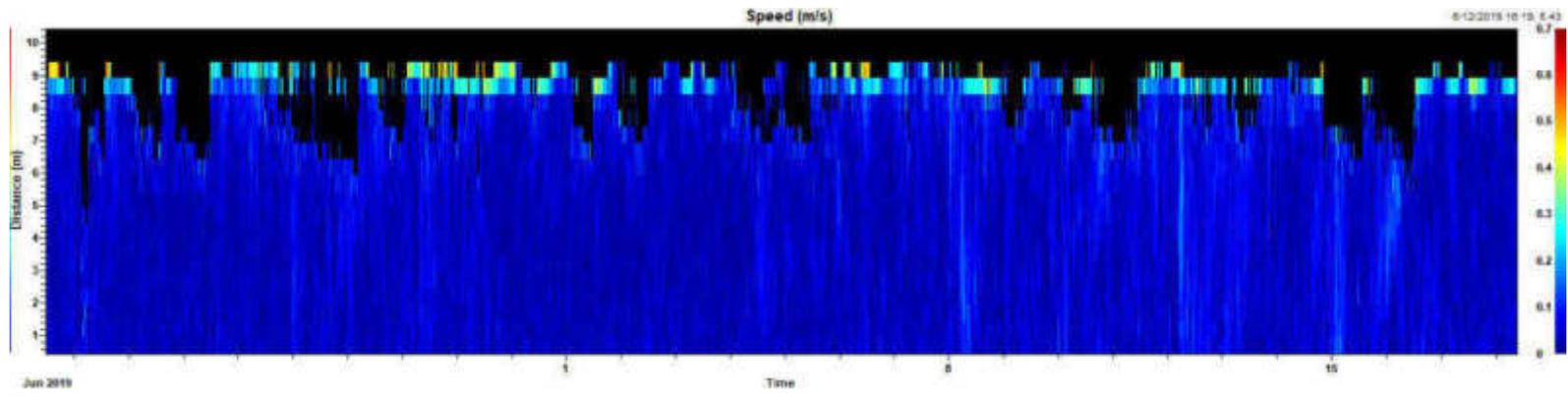


Direzione

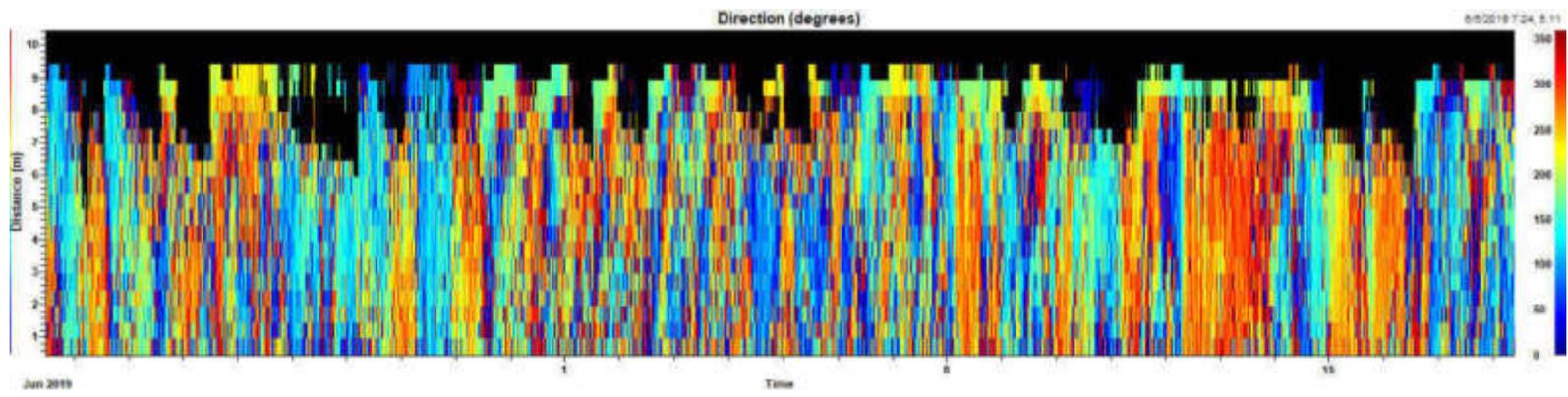


# AQUADOPP DAL 06/05/2019 AL 18/06/2019

Velocità



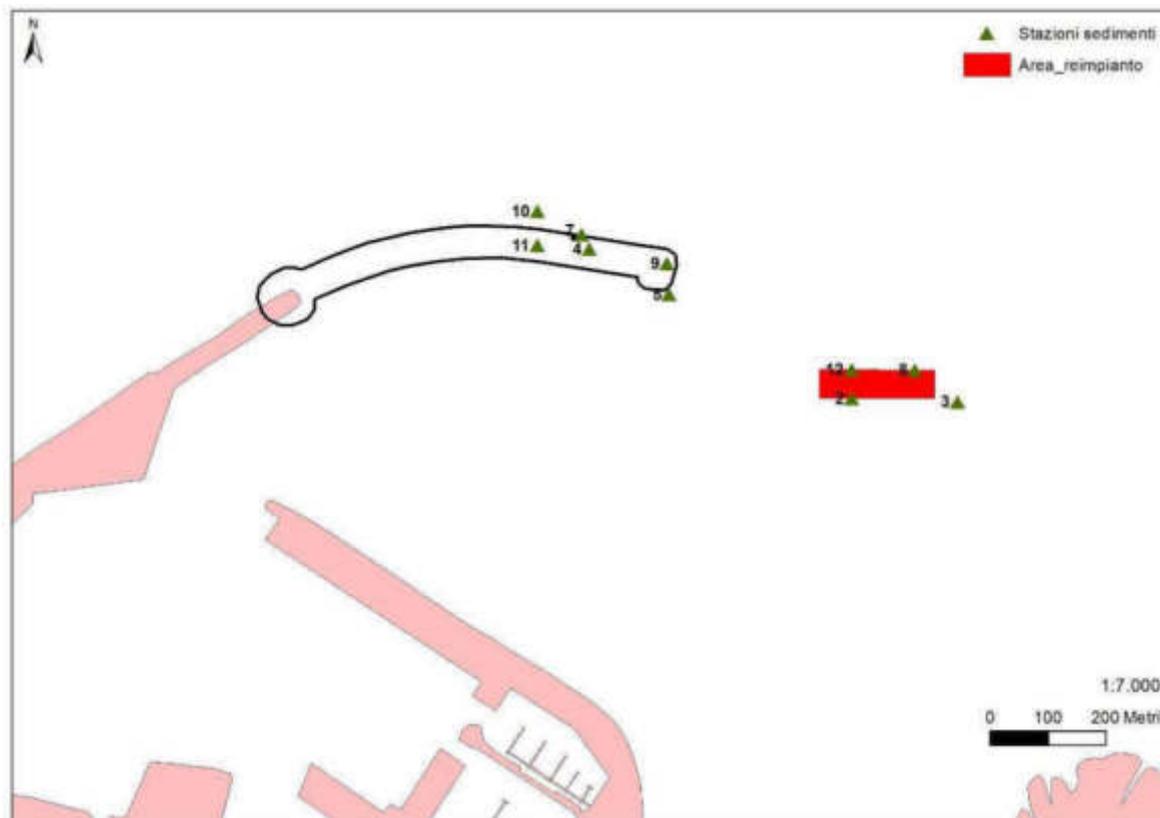
Direzione



## **COMPATIBILITÀ DEL SEDIMENTO CONTENUTO NELLE MATTE ASPORTATE CON IL SITO DI DESTINAZIONE**

### Analisi granulometriche

Sono stati analizzati 10 campioni, 6 raccolti nella zona di espianto e 4 in quella di reimpianto, per analisi composizionali e granulometriche al fine di individuare un sito di reimpianto con analoghe caratteristiche sedimentologiche a quello di espianto (Fig. 24).



**Figura 24** – Stazioni di prelievo dei sedimenti

### Metodologia di analisi

I campioni raccolti (circa 1 kg gr di materiale) sono stati quartati, lavati con acqua demineralizzata ed asciugati in forno a 80 °C per circa 24h. Successivamente sono stati setacciati con una pila di setacci (certificati in acciaio inox, rispondenti alle specifiche ASTM11/70 ed alle raccomandazioni ISO) a maglie decrescenti (di  $\frac{1}{2} \phi$  dove  $\phi$  rappresenta il  $-\log_2$  del diametro dei grani) da 11200 a 50 micron. L'analisi granulometrica è stata fatta utilizzando il programma GRADISTAT (ver. 8.0, © Copyright Simon Blott, 2000).

Area di espianto: campioni Espianto 4, 5, 7, 9, 10, 11

Tutti i campioni (ad eccezione del 9 che ha campionato solo frazione organica grossolana) presentano un'evidente biomodalità con netta separazione di una frazione ghiaiosa ed una sabbiosa. La frazione ghiaiosa può raggiungere anche il 20% in peso, di media è del 10-12%. È costituita da frammenti di rizomi di *Posidonia oceanica* uniti a formare dei gomitoli, bioclasti (frammenti di bioherme) gusci interi (o ben preservati), rari clasti carbonatici. Questa frazione detritica (classi <10-4mm, Figura 25) può essere facilmente separata dalla restante per condurre un'analisi granulometrica non influenzata da questa.



**Figura 25** - Frazione grossolana dei campioni Espianto (ESP) 4-5-11

La frazione sabbiosa è costituita da circa il 90% di sabbia, 10-7% ghiaia ed il restante fango (che non eccede mai il 3.2%). Le sabbie (classificate con il metodo di Folk & Ward) sono sia bimodali che unimodali, poco selezionati, da simmetriche a skewness (principalmente) negativo ( $0.300 \mu\text{m}$ ), da plati a mesocurtiche ( $0.88-0.98 \mu\text{m}$ ). Il diametro medio è compreso tra  $512$  e  $272 \mu\text{m}$  (sabbie medie). Il raggruppamento dei campioni (clusterizzazione) associa il 10 e l'11 (bimodale, Skewnees positivo, media  $314-273 \mu\text{m}$ ), il 4 e il 7 (bimodali, simmetrica-Skewnees negativo,  $620-365 \mu\text{m}$ ), il 5 (simmetrica, unimodale,  $512 \mu\text{m}$ ). La percentuale dei fini varia dal 10 al 20%. Sulla base di questo raggruppamento sembra esistere un trend da ovest verso est di selezione granulometrica.

I campioni sulla base delle analisi granulometriche da un punto di vista tessiturale sono delle sabbie ghiaiose e da un punto di vista sedimentologico delle sabbie grossolane con ghiaie da fini a molto fini e delle sabbie fini con ghiaie da fini a molto fini (*si veda allegati*).

### Area di reimpianto: campioni reimpianto 2, 8, 3, 12

Tutti i campioni presentano una spiccata variabilità granulometrica: polimodali REI 8-3, trimodale REI 12 e bimodale REI 2. Questa variabilità è legata alla presenza di materiale organico (bioclasti, frammenti di legno, rizomi di *Posidonia oceanica*, plastica) che caratterizza in varie percentuali le classi granulometriche più grossolane.

La separazione delle classi granulometriche superiori ai 4mm permette di definire meglio quali siano le caratteristiche sedimentologiche dei campioni dell'area di reimpianto. Non è stato possibile fare questa operazione per il campione REI 3 per l'estrema variabilità granulometrica dello stesso.

I campioni analizzati hanno una frazione sabbiosa da oltre il 90% di sabbia, ghiaia compresa tra i 6.5 e il 2.5% e fango non superiore al 2.3%. Sono per la maggior parte classificabili come sabbie grossolane con ghiaie molto fini. La granulometria media è quella delle sabbie medie (472-344  $\mu\text{m}$ ), in generale simmetrici platocurtici e poco selezionati.

I campioni sulla base delle analisi granulometriche sono: da un punto di vista tessiturale delle sabbie ghiaiose; da un punto di vista sedimentologico delle sabbie grossolane con ghiaie da fini a molto fini e delle sabbie fini con ghiaie da medie a molto fini.

### Analogie granulometriche tra il sito di espianto e quello di reimpianto

Dai dati analizzati e sopra esposti appare che l'area dei campioni REI 2, 12, 8 sia la più simile a quella dell'espianto. Tutti i campioni hanno il picco massimo di granulometria nel campo delle sabbie medie (344-472  $\mu\text{m}$ ) al limite con quelle grossolane, fatta eccezione per il campione REI 12 che ha delle percentuali leggermente diverse, il contenuto di sabbia è circa il 17% del totale. Fatta eccezione per il campione REI 8, sono tutte simmetriche da moderatamente a poco selezionate.

### Conclusioni

I valori granulometrici della zona di reimpianto (REI 2, 12, 8) sono pertanto simili e confrontabili con quelli della zona di espianto. L'area del campione REI 3 appare granulometricamente troppo variabile per essere confrontata.

L'analisi composizionale condotta sul campione 12 ha messo le seguenti caratteristiche:

*Frazione ghiaiosa 2-10mm*: costituita da circa il 80% da frammenti (o organismi interi) di bioclasti, abbondanti frammenti di legno, 5-10% di clasti essenzialmente quarzo e litici metamorfici, 1-2% micro plastiche. Tra i bioclasti diffusi son i frammenti di accumuli di alghe rosse e/o melobesie riconducibili al coralligeno.

*Frazione sabbiosa molto grossolana 1-2 mm.* È costituita da 15-20% di grani litici e 85-80% di bioclasti. Tra i litici il quarzo è il più frequente, secondari i metamorfici e i carbonatici. Presenti frammenti di legno e microplastiche.

*Frazione sabbiosa grossolana 1-0.5mm.* E' costituita da 40% di grani litici (quarzo e metamorfico) ed il restante da bioclasti.

*Frazione sabbiosa media 0.5 - 0.25mm.* E' costituita da 40% di grani litici (quarzo e metamorfico) ed il restante da bioclasti. I grani sono tutti ben arrotondati.

*Frazione sabbiosa fine 0.250 - 0.125mm.* E' costituita da 50-60% di grani litici (quarzo e metamorfico) ed il restante da bioclasti. I grani sono tutti ben arrotondati.

*Frazione sabbiosa molto fine 0.125 - 0.63.* E' costituita da 60% di grani litici (quarzo e metamorfico) ed il restante da bioclasti. I grani sono tutti ben arrotondati.

Fango. < 0.63 mm. E' costituita da 60% di grani litici (quarzo e metamorfico) ed il restante da bioclasti. I grani sono tutti ben arrotondati.

La componente grossolana delle sabbia è ***indice di discrete correnti di fondo*** in grado di trasportare grani litici dall'area sorgente (verosimilmente l'area di Fiume Santo e Stintino) fino alla zona di Porto Torres. La particolare abbondanza di bioclasti documenta la presenza di una prateria di *Posidonia oceanica* attiva e in grado di fornire questa componente al sedimento. Non sono da escludere zone di accumulo temporaneo di questi sedimenti come campi di megaripple e/o dune subacquee.

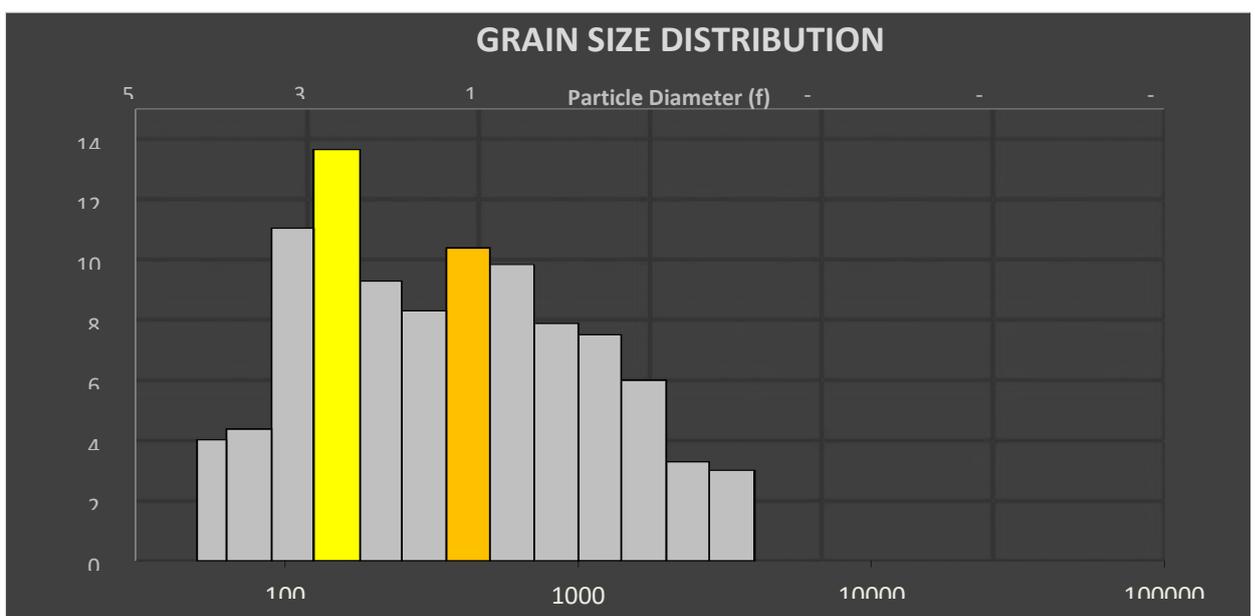
La presenza diffusa di legno indica apporti fluviali non lontani dall'area di deposizione delle sabbie.

## SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: Espianto 4 ANALYST & DATE: ,

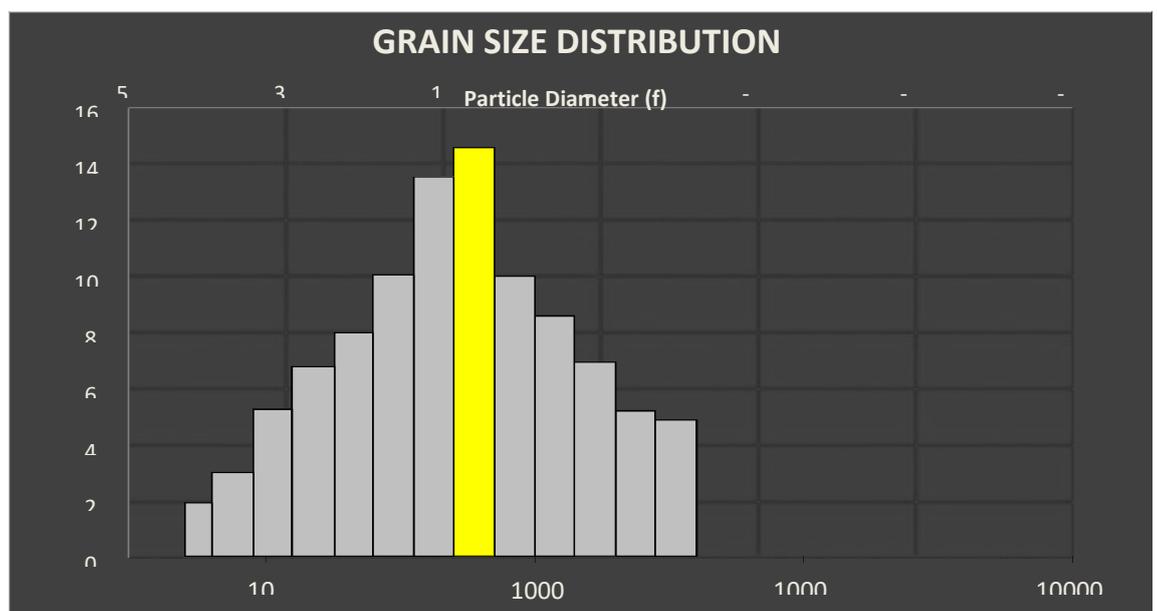
SAMPLE TYPE: Bimodal, Poorly Sorted      TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

<b><u>SAMPLE STATISTICS</u></b>						
SAMPLE IDENTITY: <b>Espianto 4</b>			ANALYST & DATE: ,			
SAMPLE TYPE: Bimodal, Poorly Sorted			TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand			
SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Fine Sand						
	$\mu\text{m}$	$\phi$	<b>GRAIN SIZE DISTRIBUTION</b>			
MODE 1:	152,5	2,737	GRAVEL: 6,5%		COARSE SAND: 18,3%	
MODE 2:	427,5	1,247	SAND: 90,9%		MEDIUM SAND: 19,2%	
MODE 3:			MUD: 2,7%		FINE SAND: 23,9%	
D <sub>10</sub> :	97,39	-0,714			V FINE SAND: 15,5%	
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	344,3	1,538	V COARSE GRAVEL: 0,0%		V COARSE SILT: 2,7%	
D <sub>90</sub> :	1640,9	3,360	COARSE GRAVEL: 0,0%		COARSE SILT: 0,0%	
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	16,85	-4,703	MEDIUM GRAVEL: 0,0%		MEDIUM SILT: 0,0%	
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	1543,5	4,075	FINE GRAVEL: 0,0%		FINE SILT: 0,0%	
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	5,550	9,634	V FINE GRAVEL: 6,5%		V FINE SILT: 0,0%	
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	672,2	2,472	V COARSE SAND: 13,9%		CLAY: 0,0%	
	<b>METHOD OF MOMENTS</b>			<b>FOLK &amp; WARD METHOD</b>		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	646,5	362,4	1,464	365,7	1,451	Medium Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	751,1	2,896	1,534	3,022	1,596	Poorly Sorted
SKEWNESS ( $S_k$ ):	2,050	0,253	-0,253	0,094	-0,094	Symmetrical
KURTOSIS ( $K$ ):	7,090	2,103	2,103	0,822	0,822	Platykurtic



## SAMPLE STATISTICS

<b><u>SAMPLE STATISTICS</u></b>						
SAMPLE IDENTITY: <b>Espianto 5</b>			ANALYST & DATE: ,			
SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted			TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand			
SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Coarse Sand						
	$\mu\text{m}$	$\phi$	<b>GRAIN SIZE DISTRIBUTION</b>			
MODE 1:	605,0	0,747	GRAVEL: 10,3%		COARSE SAND: 25,2%	
MODE 2:			SAND: 88,5%		MEDIUM SAND: 24,1%	
MODE 3:			MUD: 1,3%		FINE SAND: 15,0%	
D <sub>10</sub> :	128,0	-1,026			V FINE SAND: 8,3%	
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	515,5	0,956	V COARSE GRAVEL: 0,0%		V COARSE SILT: 1,3%	
D <sub>90</sub> :	2036,3	2,966	COARSE GRAVEL: 0,0%		COARSE SILT: 0,0%	
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	15,91	-2,891	MEDIUM GRAVEL: 0,0%		MEDIUM SILT: 0,0%	
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	1908,3	3,992	FINE GRAVEL: 0,0%		FINE SILT: 0,0%	
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	4,116	-31,771	V FINE GRAVEL: 10,3%		V FINE SILT: 0,0%	
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	790,5	2,041	V COARSE SAND: 15,8%		CLAY: 0,0%	
	<b>METHOD OF MOMENTS</b>			<b>FOLK &amp; WARD METHOD</b>		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	828,5	510,1	0,971	512,5	0,964	Coarse Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	840,2	2,722	1,445	2,883	1,528	Poorly Sorted
SKEWNESS ( $Sk$ ):	1,718	-0,046	0,046	-0,005	0,005	Symmetrical
KURTOSIS ( $K$ ):	5,345	2,365	2,365	0,988	0,988	Mesokurtic



## SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: **Espianto 7**

ANALYST & DATE: ,

SAMPLE TYPE: Bimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

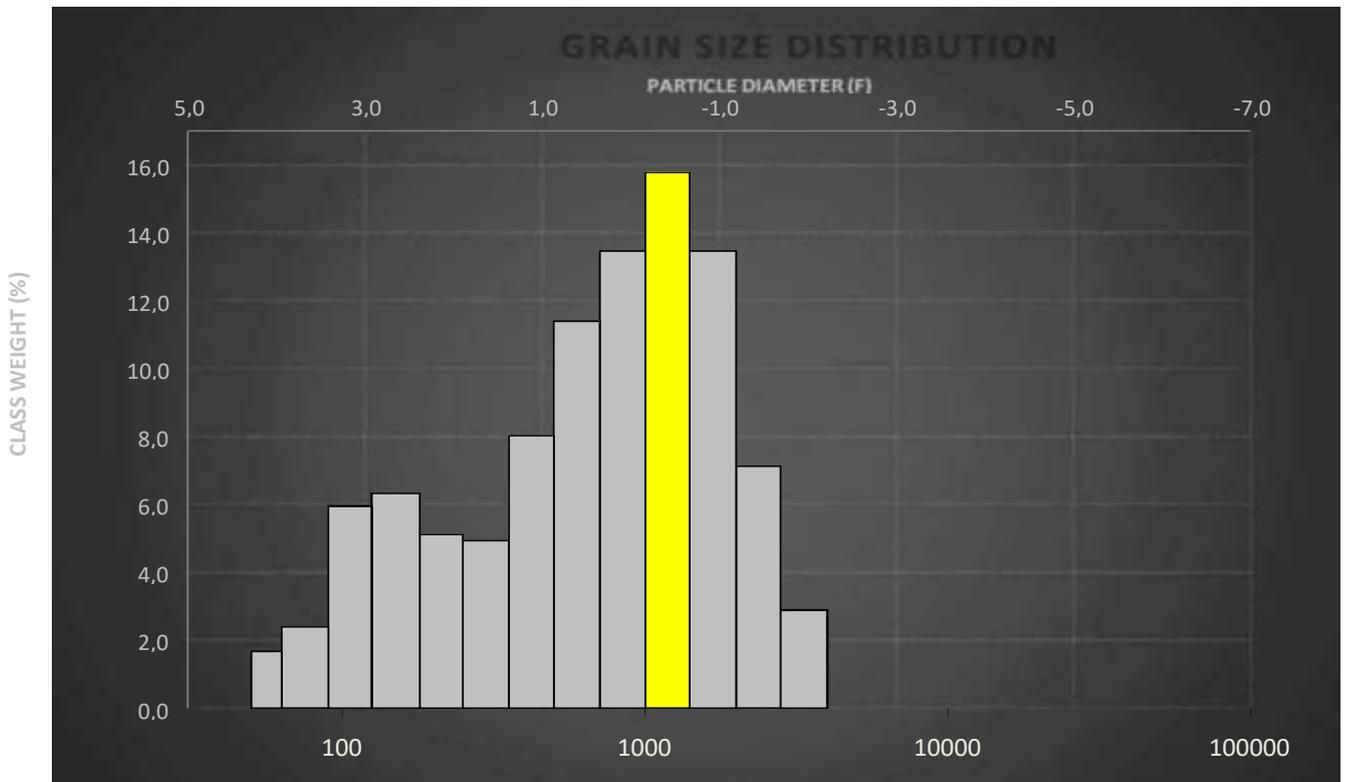
SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Very Coarse Sand

	$\mu\text{m}$	$\phi$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
	MODE 1:	1200,0	-0,243	GRAVEL: 10,1%	COARSE SAND: 25,5%	
MODE 2:	152,5	2,737	SAND: 88,8%	MEDIUM SAND: 13,3%		
MODE 3:			MUD: 1,1%	FINE SAND: 11,8%		
D <sub>10</sub> :	128,8	-1,009		V FINE SAND: 8,3%		
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	778,7	0,361	V COARSE GRAVEL: 0,0%	V COARSE SILT: 1,1%		
D <sub>90</sub> :	2012,9	2,957	COARSE GRAVEL: 0,0%	COARSE SILT: 0,0%		
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	15,63	-2,930	MEDIUM GRAVEL: 0,0%	MEDIUM SILT: 0,0%		
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	1884,2	3,967	FINE GRAVEL: 0,0%	FINE SILT: 0,0%		
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	4,269	-3,503	V FINE GRAVEL: 10,1%	V FINE SILT: 0,0%		
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	1057,0	2,094	V COARSE SAND: 29,9%	CLAY: 0,0%		

	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	971,9	635,1	0,655	620,1	0,689	Coarse Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	787,3	2,751	1,460	2,898	1,535	Poorly Sorted
SKEWNESS ( $Sk$ ):	1,110	-0,546	0,546	-0,287	0,287	Fine Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	3,950	2,374	2,374	0,923	0,923	Mesokurtic

PARTICLE DIAMETER (F)



## SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: **Espianto 9**

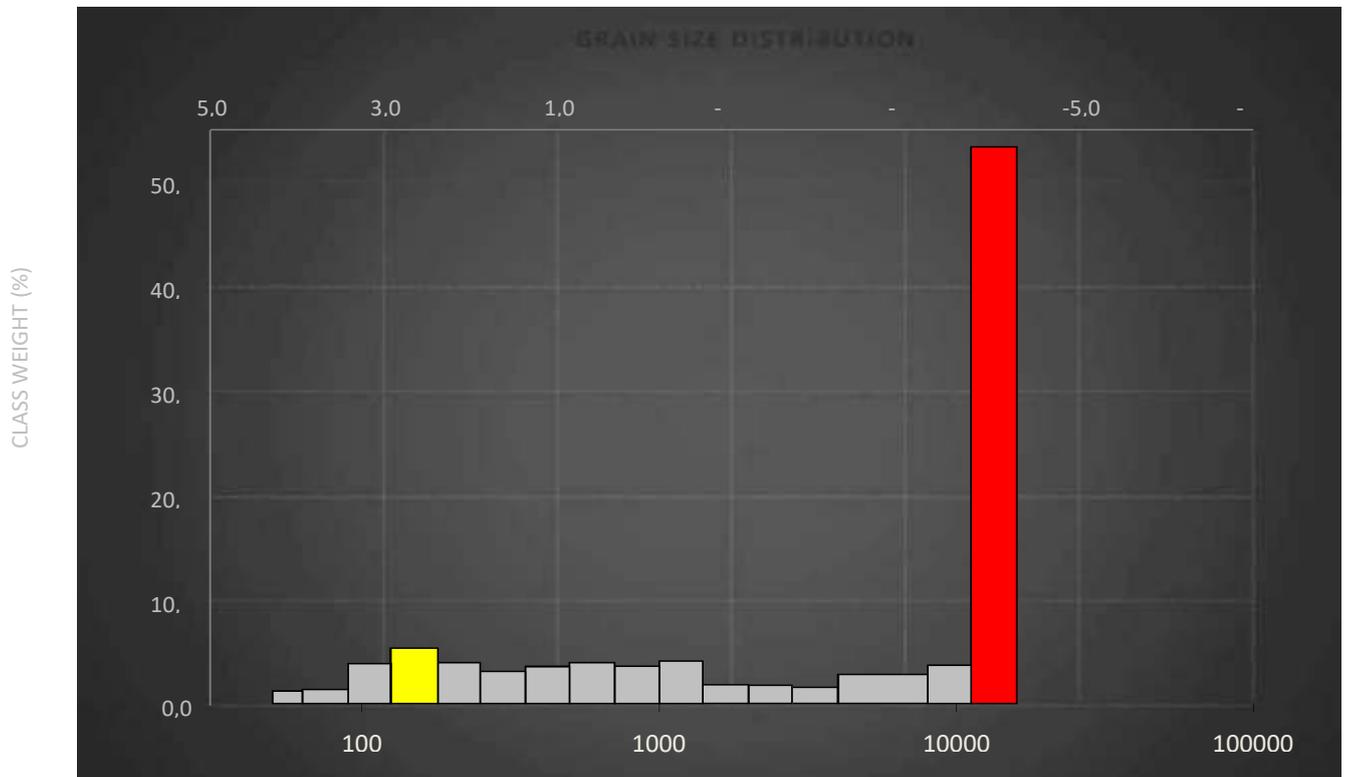
ANALYST & DATE: ,

SAMPLE TYPE: Unimodal, Very Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Sandy Gravel

SEDIMENT NAME: Sandy Medium Gravel

	$\mu\text{m}$		$\phi$		GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	13600,0		-3,743		GRAVEL: 65,8%		COARSE SAND: 7,3%	
MODE 2:					SAND: 33,4%		MEDIUM SAND: 6,5%	
MODE 3:					MUD: 0,7%		FINE SAND: 9,1%	
D <sub>10</sub> :	167,0		-3,904				V FINE SAND: 4,9%	
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	11481,1		-3,521		V COARSE GRAVEL: 0,0%		V COARSE SILT: 0,7%	
D <sub>90</sub> :	14972,4		2,582		COARSE GRAVEL: 0,0%		COARSE SILT: 0,0%	
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	89,67		-0,661		MEDIUM GRAVEL: 57,2%		MEDIUM SILT: 0,0%	
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	14805,5		6,486		FINE GRAVEL: 5,4%		FINE SILT: 0,0%	
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	19,22		-0,134		V FINE GRAVEL: 3,2%		V FINE SILT: 0,0%	
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	12848,3		4,264		V COARSE SAND: 5,6%		CLAY: 0,0%	
		METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD			
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description		
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$			
MEAN ( $\bar{x}$ ):	8234,3	3408,2	-1,769	3626,3	-1,859	Very Fine Gravel		
SORTING ( $\sigma$ ):	6096,9	5,966	2,577	5,566	2,477	Very Poorly Sorted		
SKEWNESS ( $Sk$ ):	-0,359	-0,858	0,858	-0,881	0,881	Very Fine Skewed		
KURTOSIS ( $K$ ):	1,240	2,134	2,134	0,677	0,677	Platykurtic		



### SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: **Espianto 10**

ANALYST & DATE: ,

SAMPLE TYPE: Bimodal, Poorly Sorted

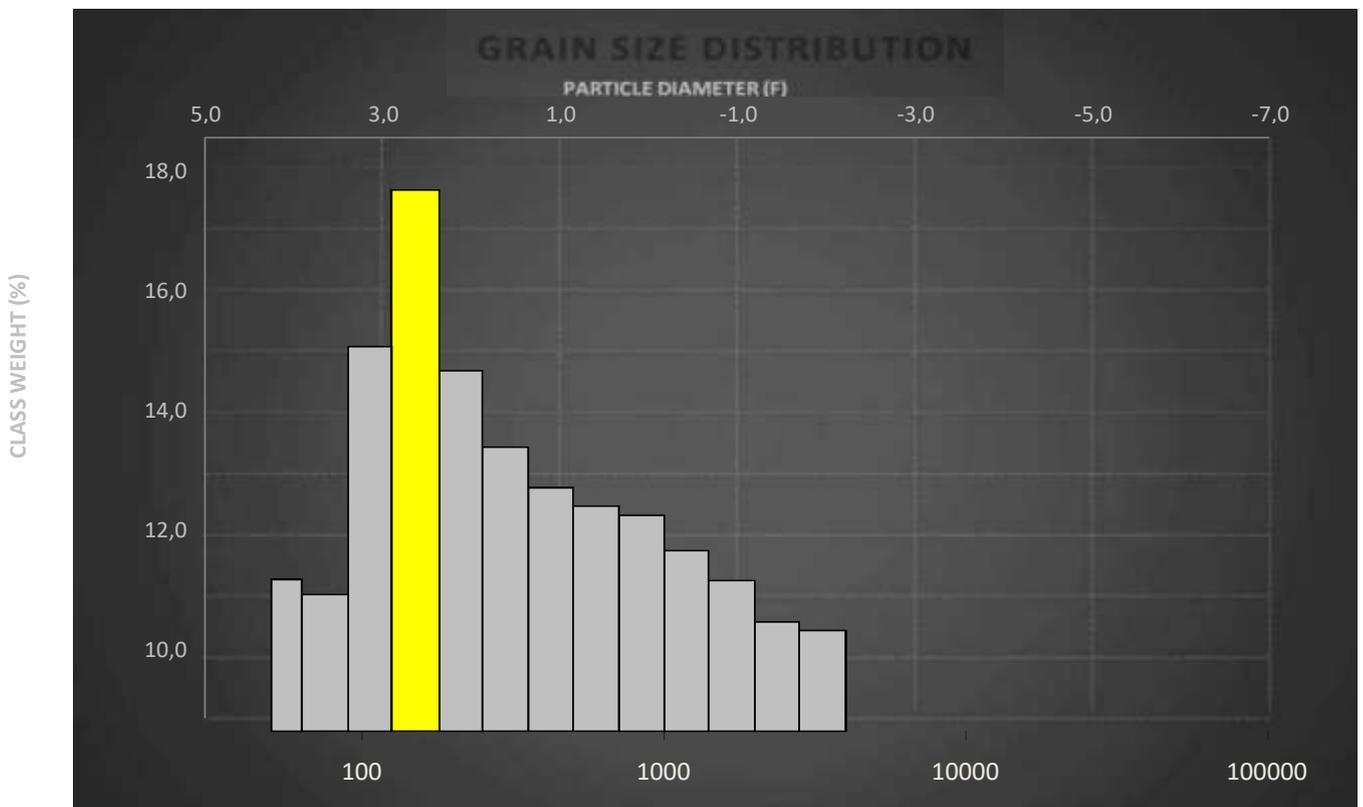
TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Fine Sand

	$\mu\text{m}$	$\phi$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
	MODE 1:	152,5	2,737	GRAVEL: 6,9%	COARSE SAND: 14,6%	
MODE 2:	56,50	4,155	SAND: 89,8%	MEDIUM SAND: 17,4%		
MODE 3:			MUD: 3,2%	FINE SAND: 30,1%		
$D_{10}$ :	95,06	-0,691		V FINE SAND: 16,8%		
MEDIAN or $D_{50}$ :	248,9	2,007	V COARSE GRAVEL: 0,0%	V COARSE SILT: 3,2%		
$D_{90}$ :	1614,7	3,395	COARSE GRAVEL: 0,0%	COARSE SILT: 0,0%		
$(D_{90} / D_{10})$ :	16,99	-4,911	MEDIUM GRAVEL: 0,0%	MEDIUM SILT: 0,0%		
$(D_{90} - D_{10})$ :	1519,6	4,086	FINE GRAVEL: 0,0%	FINE SILT: 0,0%		
$(D_{75} / D_{25})$ :	5,131	5,699	V FINE GRAVEL: 6,9%	V FINE SILT: 0,0%		
$(D_{75} - D_{25})$ :	568,5	2,359	V COARSE SAND: 10,9%	CLAY: 0,0%		

	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		Description
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	596,8	317,9	1,653	314,1	1,671	Medium Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	765,8	2,912	1,542	3,025	1,597	Poorly Sorted
SKEWNESS ( $Sk$ ):	2,207	0,509	-0,509	0,298	-0,298	Coarse Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	7,539	2,298	2,298	0,881	0,881	Platykurtic



### SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: **Espianto 11**

ANALYST & DATE: ,

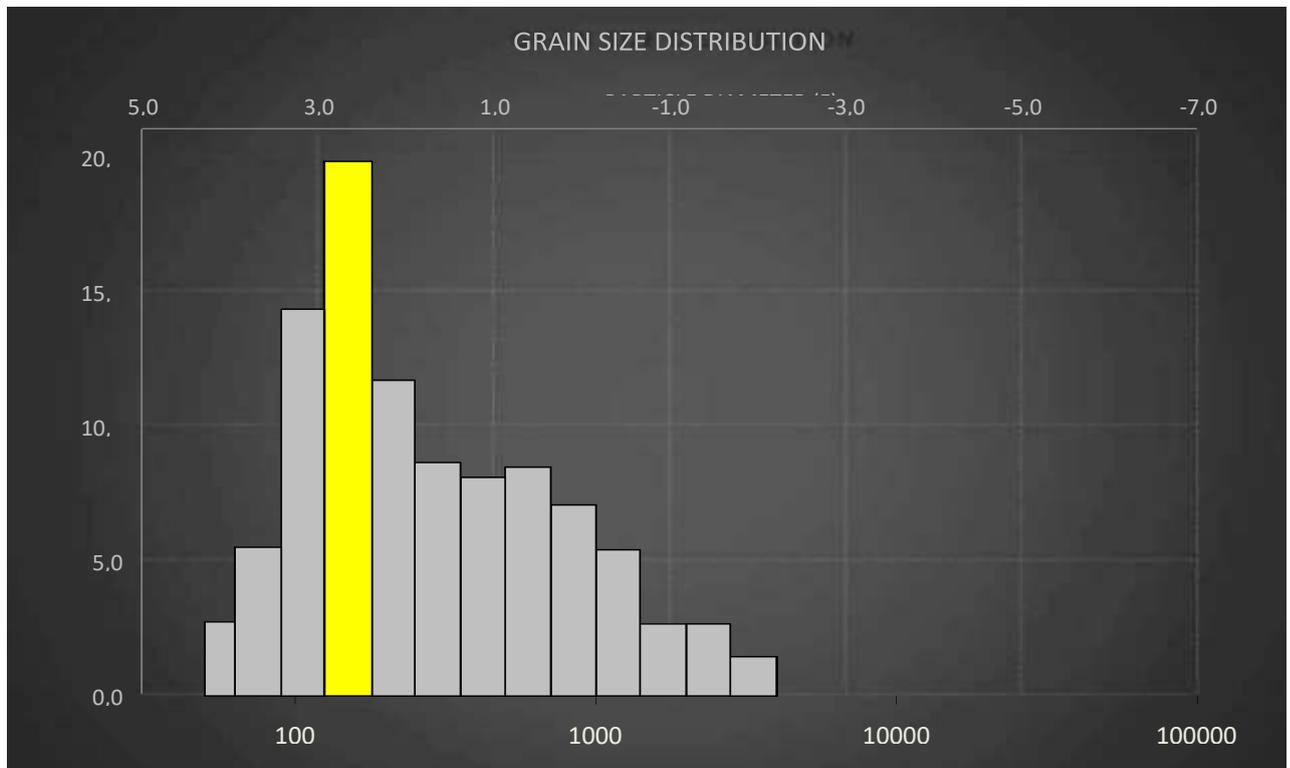
SAMPLE TYPE: Bimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Slightly Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Slightly Very Fine Gravelly Fine Sand

	$\mu\text{m}$	$\phi$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION	
MODE 1:	152,5	2,737	GRAVEL: 4,2%	COARSE SAND: 16,0%
MODE 2:	605,0	0,747	SAND: 94,0%	MEDIUM SAND: 17,2%
MODE 3:			MUD: 1,8%	FINE SAND: 32,8%
D <sub>10</sub> :	95,01	-0,217		V FINE SAND: 19,8%
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	220,1	2,184	V COARSE GRAVEL: 0,0%	V COARSE SILT: 1,8%
D <sub>90</sub> :	1161,9	3,396	COARSE GRAVEL: 0,0%	COARSE SILT: 0,0%
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	12,23	-15,683	MEDIUM GRAVEL: 0,0%	MEDIUM SILT: 0,0%
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	1066,9	3,612	FINE GRAVEL: 0,0%	FINE SILT: 0,0%
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	4,325	3,625	V FINE GRAVEL: 4,2%	V FINE SILT: 0,0%
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	440,1	2,113	V COARSE SAND: 8,2%	CLAY: 0,0%

	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		Description
	Arithmetic $\mu\text{m}$	Geometric $\mu\text{m}$	Logarithmic $\phi$	Geometric $\mu\text{m}$	Logarithmic $\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	483,3	280,2	1,835	272,8	1,874	Medium Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	613,7	2,639	1,400	2,690	1,428	Poorly Sorted
SKEWNESS ( $S_k$ ):	2,683	0,614	-0,614	0,323	-0,323	Very Coarse Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	10,98	2,532	2,532	0,886	0,886	Platykurtic



## SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: **Reimpianto 2**

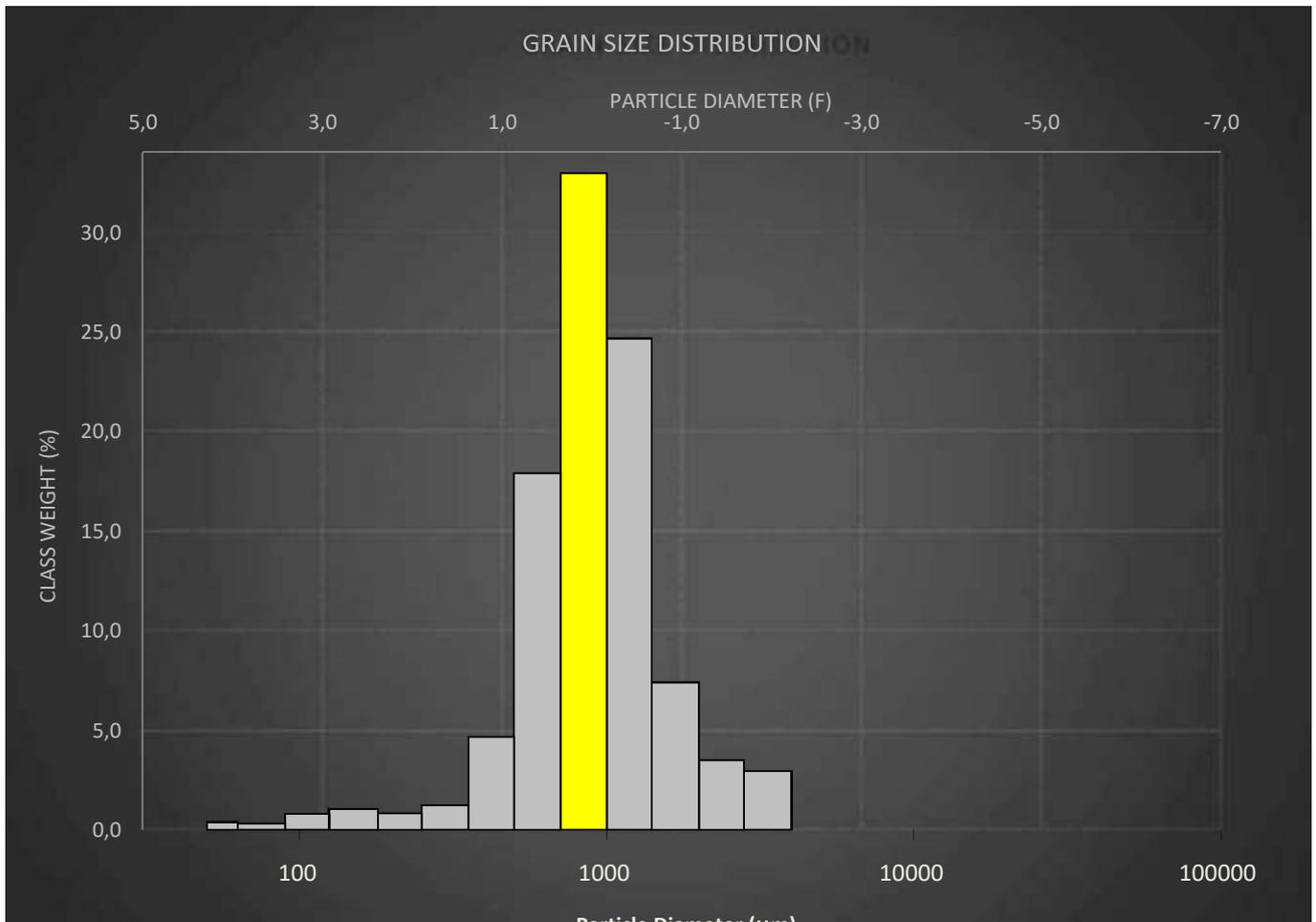
ANALYST & DATE: ,

SAMPLE TYPE: Unimodal, Moderately Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Coarse Sand

			GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
	$\mu\text{m}$	$\phi$				
MODE 1:	855,0	0,247	GRAVEL: 6,5%	COARSE SAND: 51,9%		
MODE 2:			SAND: 93,2%	MEDIUM SAND: 6,0%		
MODE 3:			MUD: 0,3%	FINE SAND: 1,9%		
D <sub>10</sub> :	506,9	-0,772		V FINE SAND: 1,1%		
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	891,7	0,165	V COARSE GRAVEL: 0,0%	V COARSE SILT: 0,3%		
D <sub>90</sub> :	1708,0	0,980	COARSE GRAVEL: 0,0%	COARSE SILT: 0,0%		
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	3,369	-1,269	MEDIUM GRAVEL: 0,0%	MEDIUM SILT: 0,0%		
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	1201,0	1,752	FINE GRAVEL: 0,0%	FINE SILT: 0,0%		
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	1,797	-2,081	V FINE GRAVEL: 6,5%	V FINE SILT: 0,0%		
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	536,3	0,845	V COARSE SAND: 32,3%	CLAY: 0,0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	1040,5	880,1	0,184	884,9	0,176	Coarse Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	611,4	1,787	0,838	1,648	0,721	Moderately Sorted
SKEWNESS ( $Sk$ ):	2,005	-0,880	0,880	0,006	-0,006	Symmetrical
KURTOSIS ( $K$ ):	8,078	6,567	6,567	1,292	1,292	Leptokurtic





## SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: **Reimpianto 8**

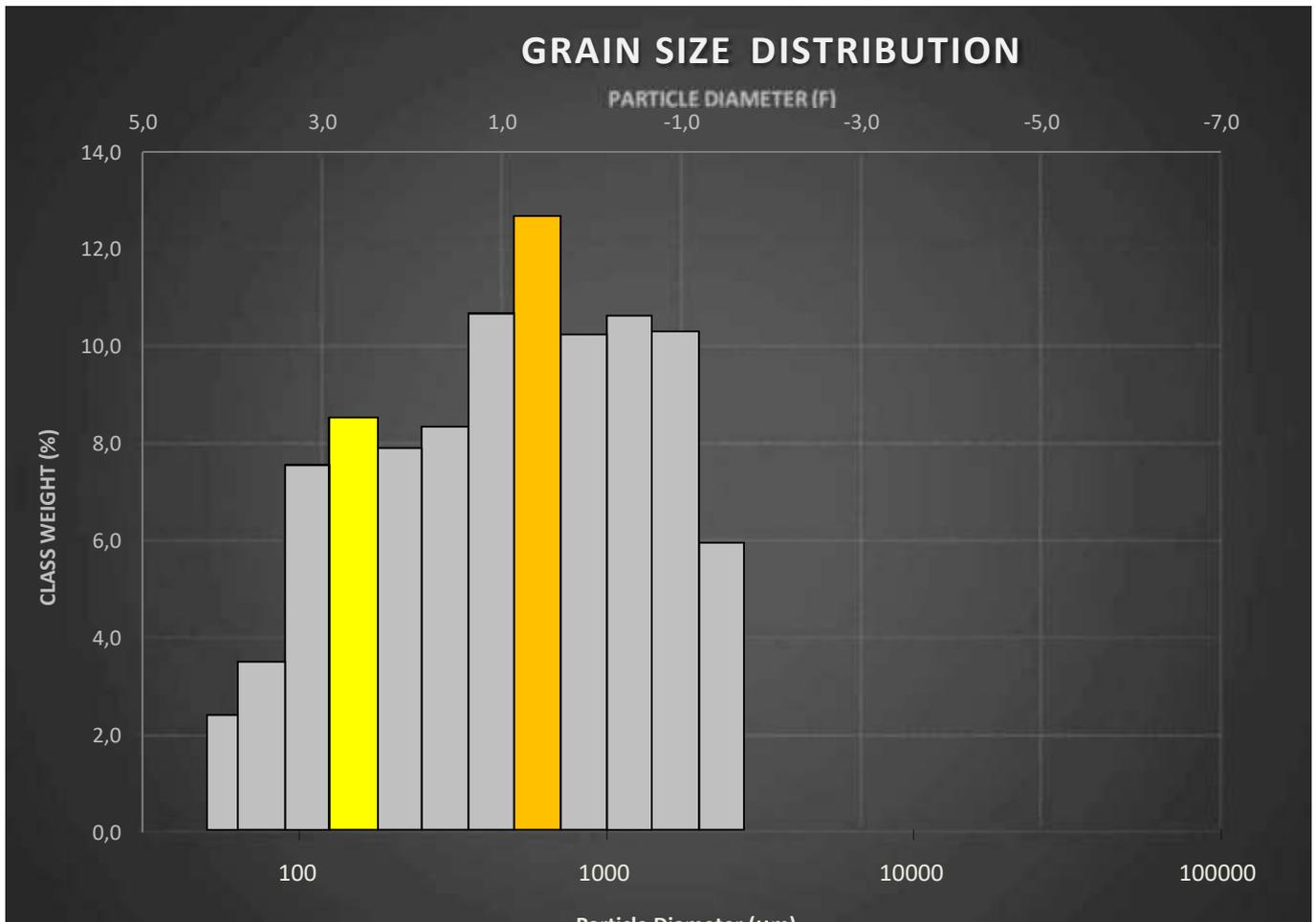
ANALYST & DATE: ,

SAMPLE TYPE: Trimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Coarse Sand

	$\mu\text{m}$	$\phi$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	605,0	0,747	GRAVEL: 5,9%	COARSE SAND: 23,6%		
MODE 2:	1200,0	-0,243	SAND: 92,5%	MEDIUM SAND: 19,5%		
MODE 3:	152,5	2,737	MUD: 1,6%	FINE SAND: 16,9%		
$D_{10}$ :	111,1	-0,807		V FINE SAND: 11,1%		
MEDIAN or $D_{50}$ :	513,2	0,962	V COARSE GRAVEL: 0,0%	V COARSE SILT: 1,6%		
$D_{90}$ :	1749,7	3,171	COARSE GRAVEL: 0,0%	COARSE SILT: 0,0%		
$(D_{90} / D_{10})$ :	15,75	-3,928	MEDIUM GRAVEL: 0,0%	MEDIUM SILT: 0,0%		
$(D_{90} - D_{10})$ :	1638,7	3,978	FINE GRAVEL: 0,0%	FINE SILT: 0,0%		
$(D_{75} / D_{25})$ :	5,239	-20,700	V FINE GRAVEL: 5,9%	V FINE SILT: 0,0%		
$(D_{75} - D_{25})$ :	873,3	2,389	V COARSE SAND: 21,5%	CLAY: 0,0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	737,6	467,7	1,096	472,3	1,082	Medium Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	650,3	2,733	1,450	2,885	1,529	Poorly Sorted
SKEWNESS ( $Sk$ ):	1,111	-0,211	0,211	-0,110	0,110	Fine Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	3,317	2,026	2,026	0,788	0,788	Platykurtic



## SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: **Reimpianto 12**

ANALYST & DATE: ,

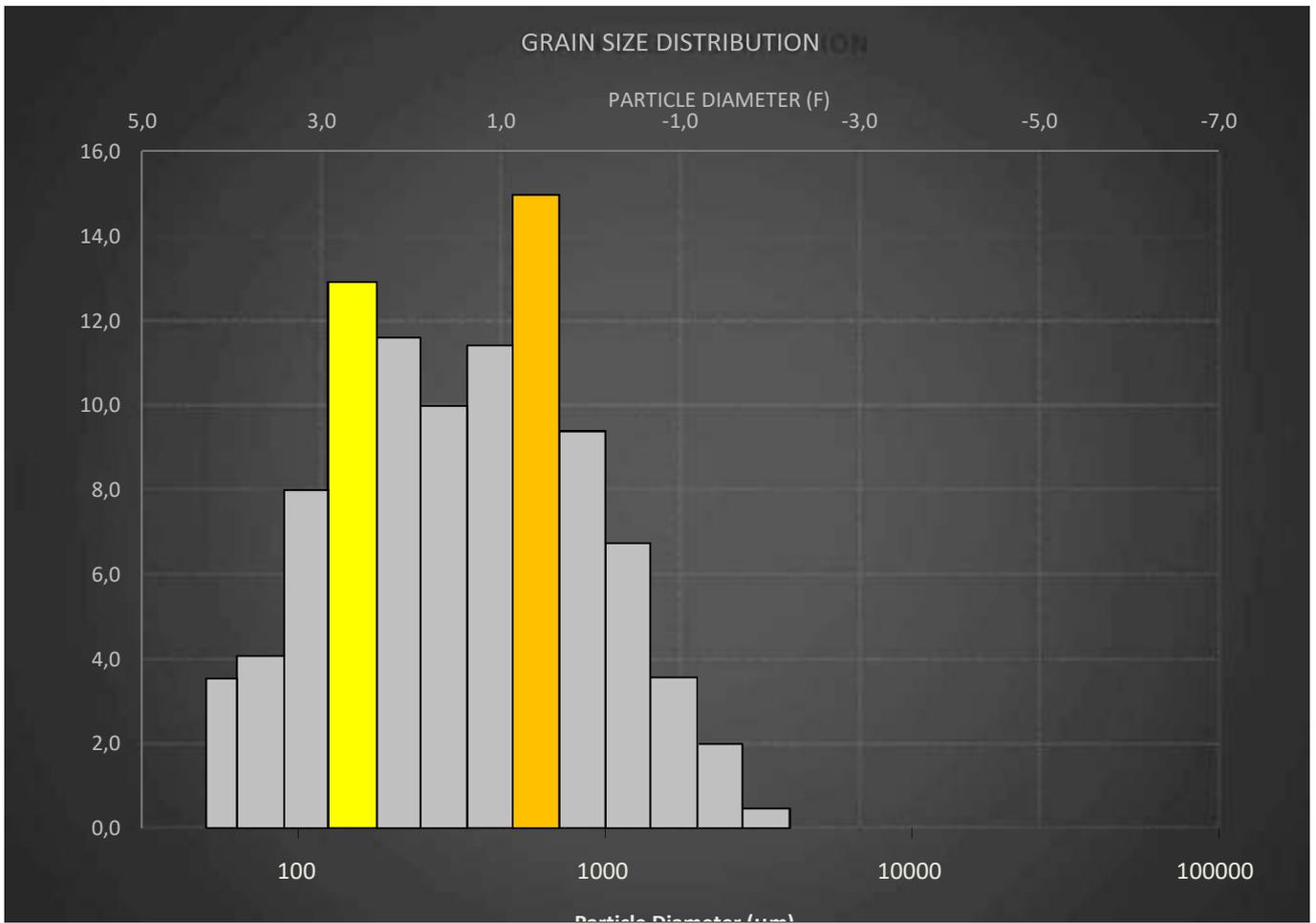
SAMPLE TYPE: Bimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Slightly Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Slightly Very Fine Gravelly Fine Sand

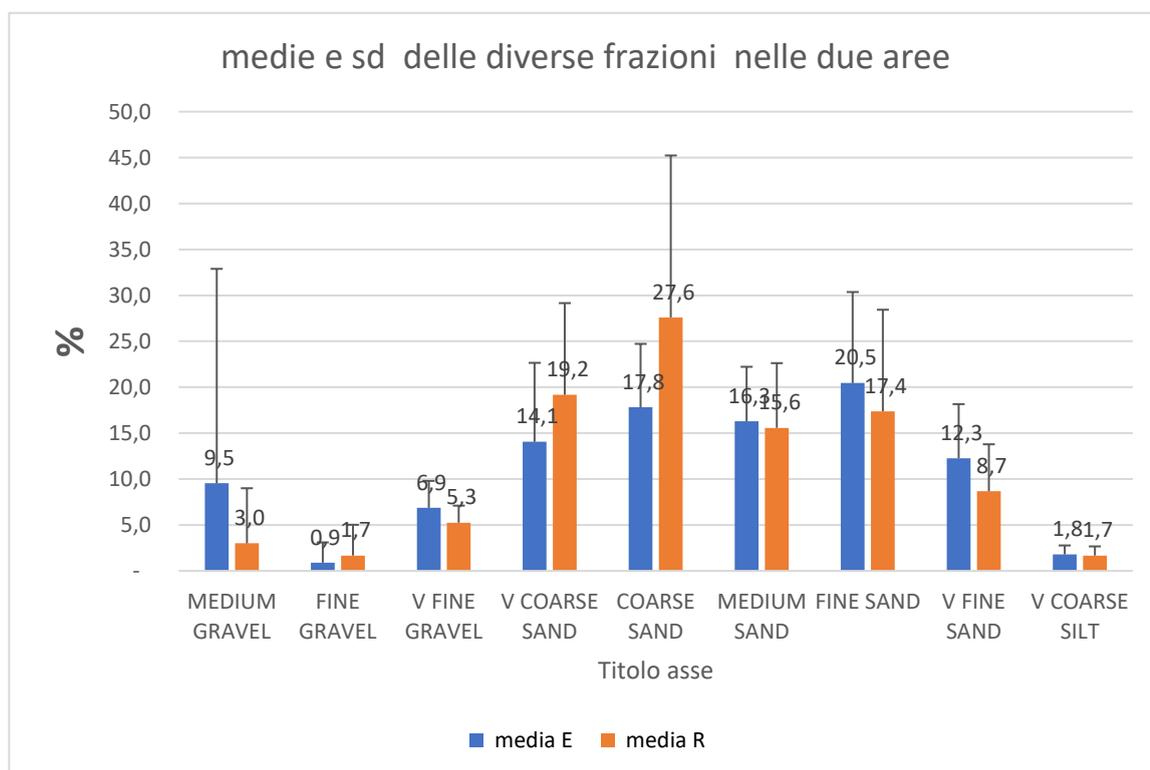
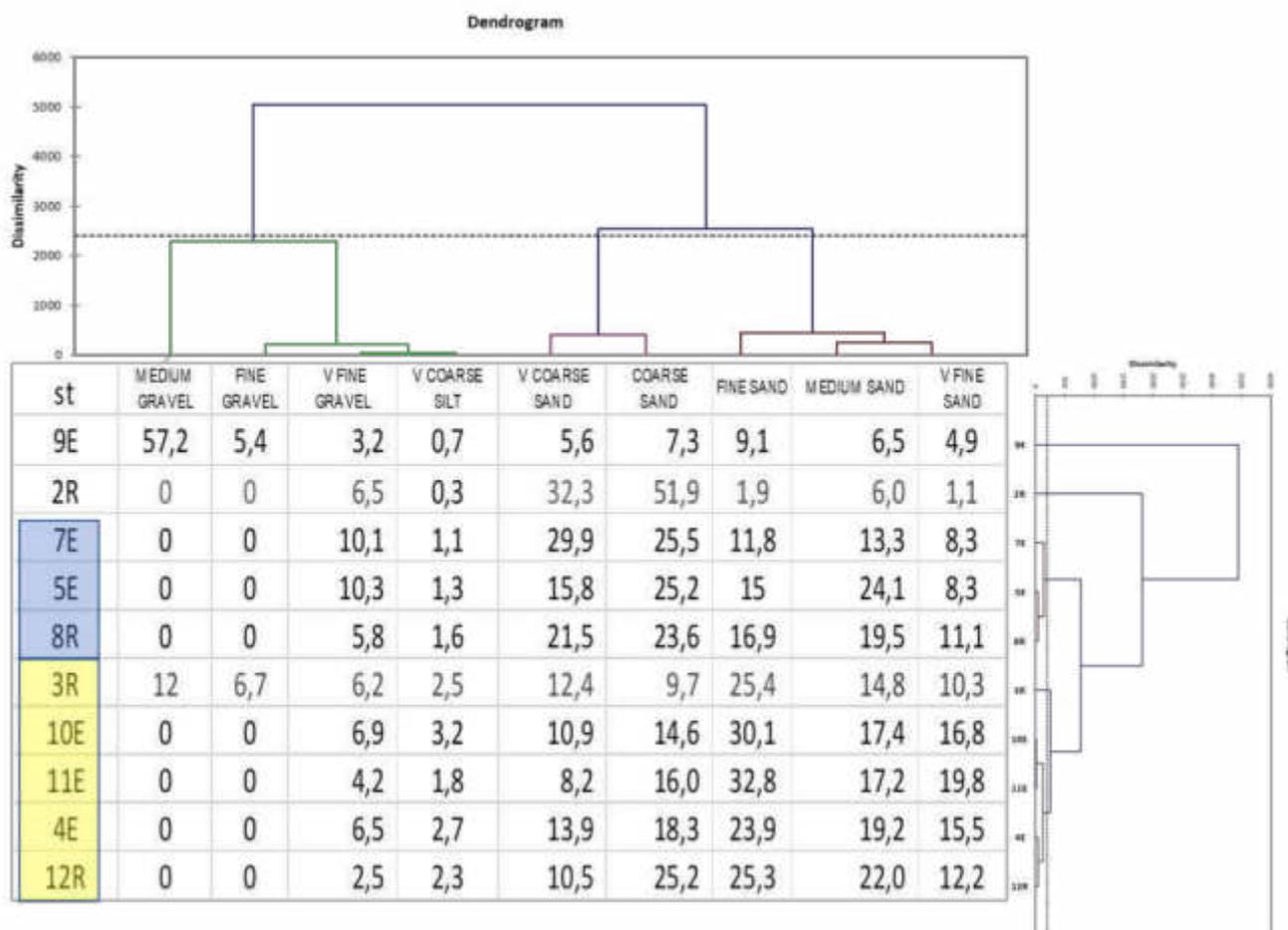
	μm		φ		GRAIN SIZE DISTRIBUTION		
MODE 1:	605,0	0,747			GRAVEL: 2,5%	COARSE SAND: 25,2%	
MODE 2:	152,5	2,737			SAND: 95,2%	MEDIUM SAND: 22,0%	
MODE 3:					MUD: 2,3%	FINE SAND: 25,3%	
D <sub>10</sub> :	103,2	-0,215				V FINE SAND: 12,2%	
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	352,1	1,506			V COARSE GRAVEL: 0,0%	V COARSE SILT: 2,3%	
D <sub>90</sub> :	1161,1	3,276			COARSE GRAVEL: 0,0%	COARSE SILT: 0,0%	
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	11,25	-15,203			MEDIUM GRAVEL: 0,0%	MEDIUM SILT: 0,0%	
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	1057,8	3,491			FINE GRAVEL: 0,0%	FINE SILT: 0,0%	
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	4,092	4,542			V FINE GRAVEL: 2,5%	V FINE SILT: 0,0%	
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	507,6	2,033			V COARSE SAND: 10,5%	CLAY: 0,0%	
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD			
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description	
	μm	μm	φ	μm	φ		
MEAN ( $\bar{x}$ ):	525,2	344,1	1,539	344,9	1,536	Medium Sand	
SORTING ( $\sigma$ ):	518,0	2,497	1,320	2,557	1,355	Poorly Sorted	
SKEWNESS ( $Sk$ ):	2,213	0,072	-0,072	-0,018	0,018	Symmetrical	
KURTOSIS ( $K$ ):	9,345	2,266	2,266	0,874	0,874	Platykurtic	

|



[U1]Allegato F

Percentuale delle diverse frazioni sedimentarie nelle stazioni. Ordinamento delle righe e colonne secondo i dendrogrammi costruiti dalle medie % delle due aree (**E** = espianto; **R** = reimpianto) relative alle diverse stazioni secondo le frazioni dimensionali dei granuli del sedimento. Dissimilarità: distanza euclidea; metodo agglomerativo di Ward.



Confronto simultaneo delle medie con la *Distanza Mahalanobis*. Analisi statistica dei sedimenti delle stazioni; test multidimensionale per confrontare le due aree (**E** = espianto; **R** = reimpianto). i

Statistica di base delle frazioni sedimentarie

Variable	Observations	Minimum	Maximum	Mean	Std. deviation
MEDIUM GRAVEL	10	0,0000	57,2000	6,9200	18,0646
FINE GRAVEL	10	0,0000	6,7000	1,2100	2,5692
V FINE GRAVEL	10	2,5000	10,3000	6,2200	2,5720
V COARSE SAND	10	5,6000	32,3000	16,1000	9,0168
COARSE SAND	10	7,3000	51,9000	21,7300	12,4740
MEDIUM SAND	10	6,0000	24,1000	16,0000	6,0229
FINE SAND	10	1,9000	32,8000	19,2200	9,8911
V FINE SAND	10	1,1000	19,8000	10,8300	5,6054
V COARSE SILT	10	0,3000	3,2000	1,7500	0,9265

Variable	Categories
ID	E R

Means by class:

Class \ Variable	V			V			
	MEDIUM GRAVEL	COARSE SAND	COARSE SAND	MEDIUM SAND	FINE SAND	V FINE SAND	COARSE SILT
E	9,5333	14,0500	17,8167	16,2833	20,4500	12,2667	1,8000
R	3,0000	19,1750	27,6000	15,5750	17,3750	8,6750	1,6750

TAB. 3 - Wilks' Lambda test (Rao's approximation):

Lambda	0,0506
F (Observed value)	2,3475
F (Critical value)	238,8827
DF1	8
DF2	1
p-value	0,4677
alpha	0,05

Test interpretation:

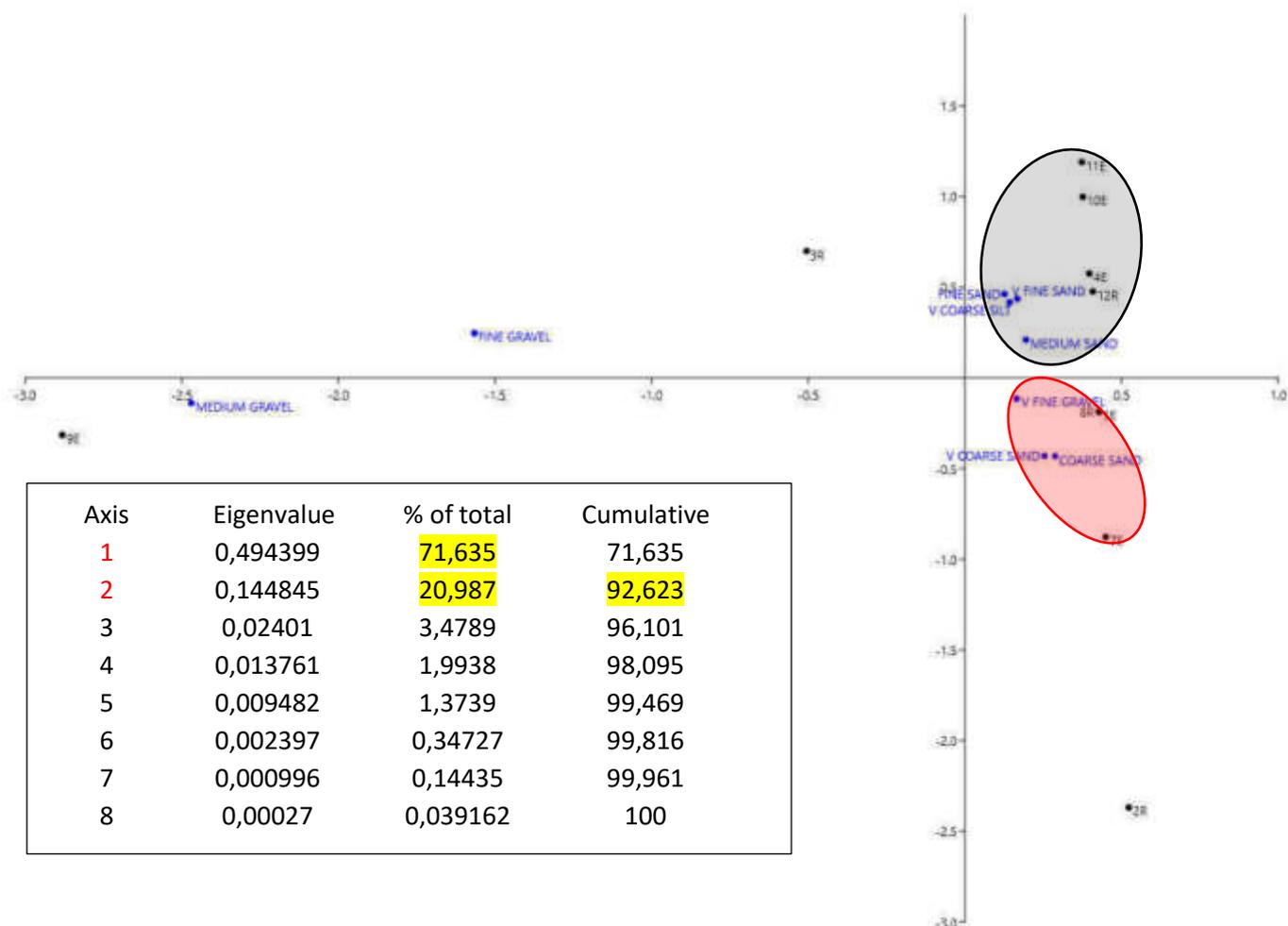
**H0: The means vectors of the 2 classes are equal.**

Ha: At least one of the means vector is different from another.

As the computed p-value is greater than the significance level  $\alpha=0,05$ , one **cannot reject the null hypothesis H0**. The risk to reject the null hypothesis H0 while it is true is 46,77%

SIMPER (Similarity Percentage). Contributo delle diverse frazioni di sedimento nel differenziare le due aree (E = espianto; R = reimpianto). Dissimilarità: distanza euclidea

	Av. dissim	Contrib. %	Cumulative %	Mean E	Mean R
MEDIUM GRAVEL	524,1	37,6	37,6	9,53	3
COARSE SAND	368,5	26,44	64,05	17,8	27,6
FINE SAND	183	13,13	77,18	20,5	17,4
V COARSE SAND	162,6	11,67	88,84	14,1	19,2
MEDIUM SAND	67,13	4,816	93,66	16,3	15,6
V FINE SAND	61,4	4,405	98,07	12,3	8,68
FINE GRAVEL	13,07	0,9376	99	0,9	1,68
V FINE GRAVEL	12,35	0,8862	99,89	6,87	5,25
V COARSE SILT	1,544	0,1108	100	1,8	1,68



Axis	Eigenvalue	% of total	Cumulative
1	0,494399	71,635	71,635
2	0,144845	20,987	92,623
3	0,02401	3,4789	96,101
4	0,013761	1,9938	98,095
5	0,009482	1,3739	99,469
6	0,002397	0,34727	99,816
7	0,000996	0,14435	99,961
8	0,00027	0,039162	100

Analisi delle corrispondenze. Rappresentazione delle stazioni delle due aree (E = espianto; R = reimpianto) e delle frazioni dimensionali dei granuli del sedimento. In tabella gli autovalori con i loro contributi %. Le ellissi racchiudono le stazioni e le frazioni sedimentarie che maggiormente incidono nella loro similarità, segnalate nel dendrogramma della tabella dei dati iniziale



**Università degli Studi di Sassari**  
**Dipartimento di Architettura, design e urbanistica**

Palazzo del Pou Salit, Piazza Duomo n.6, 07041 Alghero (Italy)

t +39 079 9720417

dip.architettura.design.urbanistica@pec.uniss.it

www.uniss.it

p.iva 00196350904



Rep. n.	Prot. n.	del
Anno 2021	Titolo III	
Classe 13	Fascicolo	
Allegati 1		

Spett.le Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sardegna  
Molo Dogana – Cagliari  
adsp@pec.adspmaredisardegna.it

Alla c.a. dell'Ing. Alessandro Meloni  
Dirigente Direzione Tecnica Nord

**Oggetto:** Trasmissione della relazione finale relativo all'Accordo di ricerca tra l'Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sardegna e l'Università degli Studi di Sassari – Dipartimento di Architettura Design e Urbanistica

Si trasmette la relazione finale relativa all'Accordo di ricerca tra l'Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sardegna e l'Università degli Studi di Sassari – Dipartimento di Architettura Design e Urbanistica per lo svolgimento di un'attività di ricerca e monitoraggio finalizzata all'individuazione del sito più idoneo ai fini del trapianto di matte di posidonia insistenti su un'area interessata dai lavori di prolungamento dell'Antemurale di Ponente e della Resezione della banchina Alti Fondali del Porto Civico di Porto Torres. CIG 5630866220 – CUP B21G11000040001 – Programmazione Attuativa Regionale FSC 2007/2013. Linea di azione 6.1.2.A.1 Adeguamento delle infrastrutture portuali di rilievo nazionale.

Cordiali saluti,

IL DIRETTORE DEL DIPARTIMENTO  
(Prof. Emilio Turco)



TURCO EMILIO

18.06.2021

08:46:13

GMT+01:00



A.D. MDLXII



**ACCORDO DI RICERCA  
TRA  
AUTORITA DI SISTEMA PORTUALE DEL MARE DI SARDEGNA  
E  
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SASSARI, DIPARTIMENTO DI  
ARCHITETTURA, DESIGN E URBANISTICA**

*ATTIVITÀ DI RICERCA E MONITORAGGIO FINALIZZATA ALL'INDIVIDUAZIONE DEL SITO PIÙ IDONEO PER IL TRAPIANTO DI MATTE DI POSIDONIA OCEANICA PRESENTISU UN'AREA INTERESSATA DAI LAVORI DI PROLUNGAMENTO DELL'ANTEMURALE DI PONENTE E DELLA RESECAZIONE DELLA BANCHINA ALTI FONDALI DEL PORTO CIVICO DI PORTO TORRES. CIG 5630866220 – CUP B21G11000040001 – PROGRAMMAZIONE ATTUATIVA REGIONALE FSC 2007/2013. LINEA DI AZIONE 6.1.2.A.1 ADEGUAMENTO DELLE INFRASTRUTTURE PORTUALI DI RILIEVO NAZIONALE. HUB PORTUALE DI PORTO TORRES*

Responsabile scientifico Prof. Vincenzo Pascucci

Rapporto Finale

**Giugno 2021**

**Unità operativa:**

Università di Sassari, DADU Dipartimento di Architettura Design e Urbanistica.

Responsabile DADU: Prof. Vincenzo Pascucci

Gruppo di lavoro: Prof. Vincenzo Pascucci, Prof. Andrea Cossu, Dott. Mario De Luca,  
Dott. Antonio Santonastaso, Dott.ssa Alessandra Puccini, Dott.ssa Nicole Ruberti.

## **INDICE**

<i>Premessa</i> .....	1
<i>Piano operativo</i> .....	2
<i>Caratteristiche delle potenziali aree di reimpianto</i> .....	3
<i>Verifica dell'idoneità dei fondali al reimpianto di Posidonia oceanica. Valutazione su area vasta (Golfo dell'Asinara) delle criticità.</i> .....	4
<i>Analisi storica delle cause che hanno generato il degrado dei fondali nel Golfo dell'Asinara e le successive azioni di bonifica per il suo recupero ambientale</i> .....	5
<i>Bibliografia</i> .....	11
<i>Analisi delle patch superficiali di P. oceanica. Differenze negli anni 2007 -2017.</i> .....	12
✓ <i>Abbacurrente</i> .....	13
✓ <i>Stagno di Pilo</i> .....	15
✓ <i>Punta Tramontana</i> .....	16
<i>Obiettivo: individuazione di aree potenzialmente idonee al trapianto di Posidonia oceanica nel golfo dell'Asinara</i> .....	18
<i>Rilievi Side Scan Sonar</i> .....	18
✓ <i>Fiume Santo</i> .....	19
✓ <i>Abbacurrente</i> .....	20
✓ <i>Punta Tramontana</i> .....	22
<i>Transetti ROV</i> .....	23
✓ <i>Fiume Santo</i> .....	23
✓ <i>Abbacurrente</i> .....	24
✓ <i>Punta Tramontana</i> .....	25

<b>Cartografia Biocenotica</b> .....	26
✓ <i>Fiume Santo</i> .....	26
✓ <i>Abbacurrente</i> .....	27
✓ <i>Punta Tramontana</i> .....	28
<b>Stima del numero delle plantule da trapiantare</b> .....	29
<b>Analisi granulometrica dei sedimenti</b> .....	34
✓ <i>Punta Tramontana</i> .....	35
✓ <i>Abbacurrente</i> .....	43
✓ <i>Acque Dolci</i> .....	53
✓ <i>Fiume Santo</i> .....	57
✓ <i>Porto</i> .....	65
<b>Conclusioni</b> .....	73
<b>Analisi chimica dei sedimenti</b> .....	74
<b>Conclusioni</b> .....	80
<b>Bibliografia</b> .....	82

## RELAZIONE

### PREMESSA

Il Ministero dell' Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, di concerto con il Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo, con decreto 35/2018, ha deliberato la *compatibilità ambientale* del progetto “Adeguamento tecnico-funzionale al Piano Regolatore Portuale del Porto Civico di Porto Torres – Prolungamento dell'antemurale di ponente e resecazione banchina alti fondali”, presentato dall'ex Autorità Portuale di Olbia e Golfo Aranci. Il decreto subordinava l'attuazione del progetto al rispetto di diverse prescrizioni indicate dai Ministeri coinvolti; più specificatamente nella prescrizione n. 5 del citato Decreto VIA 35/2018, il trapianto a zolle delle piante di Posidonia prevedeva che l'Autorità di Sistema Portuale del mare di Sardegna (AdSP) curasse uno studio per la definizione delle aree di reimpianto della Posidonia, per definire le modalità di gestione del materiale asportato e per la compatibilità del sedimento contenuto nelle matte asportate con il sito di destinazione. Tale documentazione veniva trasmessa successivamente all'ARPAS e ISPRA. Quest'ultima rilevava nel dossier diverse criticità suggerendo di definire una nuova proposta, raccomandando indicazioni tecniche di massima per la selezione delle aree di trapianto e per la scelta della tecnica più idonea rispetto all'area già selezionata non ritenuta idonea e suggerendo un successivo piano di monitoraggio. Più in particolare ISPRA non condivideva la scelta dell'area di trapianto, sita di fronte al canale d'ingresso del porto, come idonea alle attività di trasferimento nelle diverse sue fasi, durante e post operam, (monitoraggio del trapianto) e la tecnica di trapianto a zolle con benna idraulica di 2 m per 2 m. Le motivazioni dell'opposizione derivavano dall'area ritenuta troppo prossima al passaggio delle navi, dall'eccessivo stress generato dalle attività di trapianto prescelto in relazione allo stato di sofferenza del posidonieto da trapiantare, dalla possibilità di sopravvivenza delle piante dopo il decorso dallo shock da impianto, e dalla complessità, durata e sicurezza operativa delle attività di posa e successivo monitoraggio.

DADU e l'AdSP avviano quindi un accordo di ricerca per individuare aree di trapianto alternative. La collaborazione mira inoltre alla scelta della tecnica di trapianto di *Posidonia oceanica* più idonea per tali aree; ulteriore obiettivo infine è di collaborare alla formazione e divulgazione tecnico-scientifica riguardo le tematiche ambientali connesse alle attività di ricerca.

## **PIANO OPERATIVO**

*Attività preliminari da realizzare ai fini del trapianto di talee di Posidonia oceanica con tecniche sperimentali.*

1. Valutazione dell'assenza o compatibile attenuazione dei fenomeni di carattere antropico che hanno prodotto la compromissione del Posidonieto nel Golfo dell'Asinara;
2. Individuazione delle potenziali aree di impianto attraverso rilievi:
  - a. SIDE SCAN SONAR,
  - b. ROV,
  - c. Immersioni Puntuali;
  - d. Caratteristiche sedimentologiche finalizzate alla comprensione delle intensità delle correnti profonde;
  - e. Analisi dei metalli pesanti contenuti nei sedimenti e loro dispersione in funzione delle correnti.
3. Caratterizzazione biologica dei fondali e loro cartografia nei punti interessati,
4. Scelta della migliore metodica di reimpianto in funzione delle risultanze dei punti precedenti
5. Stima della dimensione delle aree da piantumare in rapporto al numero di rizomi disponibili

*Approfondimenti delle condizioni generali delle matte di Posidonia oceanica da espiantare*

1. Valutazione della potenza e consistenza delle matte con adeguate metodologie;
2. Valutazione della superficie a matte potenzialmente idonea al trapianto a zolle;
3. Verifica del numero e stato di vitalità delle piante idonee alla piantumazione;
4. Verifica degli analiti indicati nelle tabelle 2.3, 2.4 e 2.6 del Dm n°173 del 2016 limitatamente ai metalli presenti nei sedimenti del posidonieto da espiantare.

## **CARATTERISTICHE DELLE POTENZIALI AREE DI REIMPIANTO**

*Per l'idoneità delle aree di reimpianto sono necessarie:*

- assenza o compatibile attenuazione nelle zone di reimpianto dei fenomeni di carattere antropico che hanno prodotto la compromissione del Posidonieto;
- correnti di fondo con velocità moderata;
- fascia batimetrica tra 15 e 20 m;
- aree non troppo lontane dalla zona di espianto;
- aree non soggette a vincoli naturalistici, paesaggistici ecc.
- aree in sicurezza rispetto alle rotte di accesso al porto civico del traffico navale

*Verifica dell'idoneità dei fondali al reimpianto di Posidonia oceanica (L.Delile). Valutazione su area vasta (Golfo dell'Asinara) delle criticità.*

Obbiettivi:

- Valutazione dei fenomeni di carattere antropico, che avrebbero e hanno prodotto la compromissione del Posidonieto nel tratto a est di Porto Torres.
- Valutazione dell'attuale situazione ambientale e compatibilità con possibili attività di reimpianto di *Posidonia oceanica*.

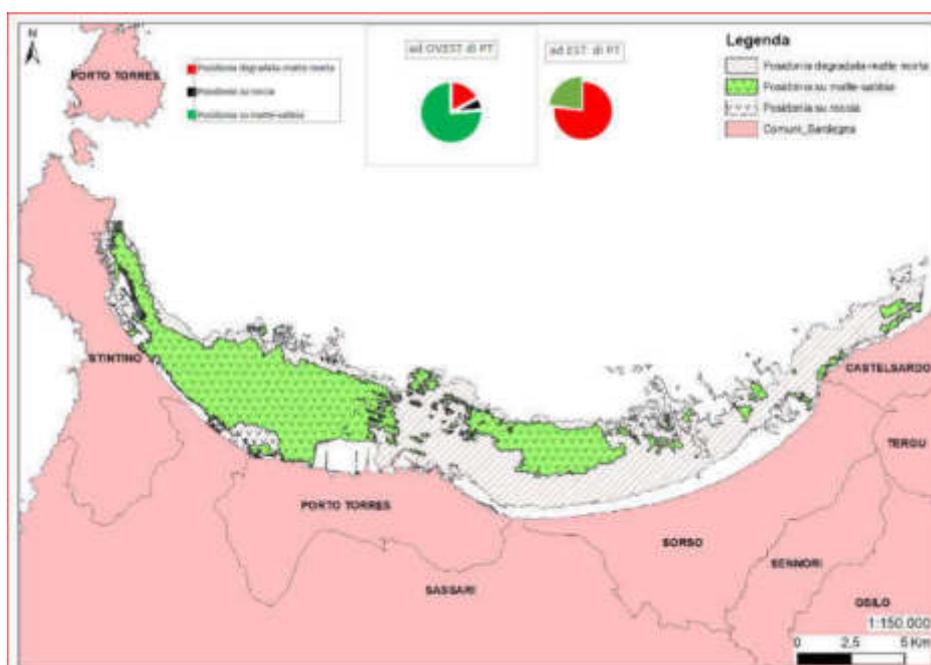


Fig. 1- Distribuzione di *Posidonia oceanica* nel Golfo dell'Asinara (da Campagna MATTM - 2000)

## Il fenomeno

La mappa del Golfo dell'Asinara che riporta la distribuzione di *Posidonia oceanica* (da Campagna M.A.T.T.M - 2000), dimostra come la matte morta sia presente prevalentemente a est del polo petrolchimico, delle termo-centrali e della città di Porto Torres. La scomparsa della fanerogama è con altissimo grado di probabilità da porre in relazione agli inquinanti derivanti dalle passate attività del polo industriale, alle attività antropiche dalla città (soprattutto del porto civico) e quelle insistenti nel bacino imbrifero del Rio Mannu, diffuse dalla foce attigua al porto. Le correnti marine hanno poi trasportato gli agenti inquinanti verso est coerentemente al loro andamento prevalente.

L'ammontare della superficie a *Posidonia oceanica* "viva" nell'intero Golfo dell'Asinara è pari a 6400 ha mentre la percentuale di matte morta nel settore Est del Golfo è pari all'86%; il 14%

è nel settore Ovest ma è dislocato solo su batimetriche più profonde, mentre quello a Est interessa l'intera matte.

*Analisi storica delle cause che hanno generato il degrado dei fondali nel Golfo dell'Asinara e le successive azioni di bonifica per il suo recupero ambientale*

L'imprenditore Nino Rovelli operò complessivamente con circa 50 società, fra le quali la SIR - Società Italiana Resine e la SIR - Sarda Industrie Resine, costituita nel SIR che avviò nel 1962 la produzione su larga scala del fenolo, nel 1964 di cumene e stirene, poi nel 1965 aggiunse quella dell'etilene (in steam cracking, per 45.000 tonnellate l'anno) e nel 1968 realizzò una raffineria di petrolio e promosse inoltre, via via aggiungendole nel corso del tempo, produzioni di altre resine e altri polimeri anche termoplastici comprendenti il polietilene, l'ABS, il PVC, il polistirene, arrivando ad occupare 11.000 addetti. All'epoca l'attenzione verso l'ambiente era minima preferendo ad esso l'aspetto produttivo[1]. All'uscita di Rovelli nel **1982**, gli impianti vennero rilevati dall'Ente Nazionale Idrocarburi (Eni).

Dei complessivi 1.200 ettari del sito, circa 400 furono destinati alle attività produttive mentre il resto divenne piena proprietà Syndial (Eni) e Polimeri Europa che ne curarono la bonifica e la valorizzazione.

Nel **1978**, in collaborazione col Servizio Ecologia dello Stabilimento, il Dipartimento di Botanica dell'Università di Palermo avviava un'indagine mirante alla caratterizzazione chimica, fisica e biologica del tratto di mare antistante il porto industriale influenzato dagli scarichi dello stabilimento. I risultati [2;3] evidenziarono un ampio tratto di mare a vari gradi di compromissione anche a causa dello scarico a mare del materiale di dragaggio del nascente porto industriale. Lo studio si concluse nel **1980** ed i risultati produssero una cartografia dei popolamenti bentonici evidenziando quattro zone a caratterizzazione chimica, fisica e biologica differenti. Quell'indagine volle essere anche una valutazione dell'impatto ambientale causato dall'utilizzazione del territorio a terra e a mare sia come sito di un'industria petrolchimica sia come sede dell'infrastruttura portuale di recente costruzione.

Nel **1984** si attivò l'impianto consortile di depurazione: le acque di scarico, prima di versarsi all'interno del porto industriale, decantano in un vasto bacino di calma che permette di rimescolare l'ingente volume d'acqua di raffreddamento degli impianti ottenendo così oltre ad un abbassamento della temperatura, una diluizione del refluo depurato e una depurazione ulteriore delle acque industriali.

Nel **1987** lo studio riprese anche con la collaborazione degli Istituti di Botanica delle Università di Sassari e di Catania ed esso, dopo tre anni di funzionamento del depuratore consortile, permise una verifica dell'efficacia delle opere di risanamento realizzate secondo le indicazioni scaturite dallo studio del 1978, valutandone l'efficienza in base anche al ripopolamento delle aree allora più compromesse [7].

La cartografia dei popolamenti bentonici evidenziò una evoluzione tendente al miglioramento delle zone allora definite compromesse ed un ancor più marcato miglioramento nelle zone situate a Nord-Ovest del porto industriale in corrispondenza della testata pontile solidi. Le aree più compromesse risultarono quelle dal pontile liquidi al molo del porto industriale CASI, nonché la foce del Rio Mannu, caratterizzate da sedimenti limosi, con popolamenti bentonici assenti o paucispecifici.

Il confronto tra le determinazioni dei metalli pesanti delle diverse matrici (sedimenti e Posidonia) e la relativa granulometria dei sedimenti, di quattro stazioni corrispondenti, rese evidente un generale miglioramento dell'area portuale.

Nel decennio **1990-2000** gli impianti ripresero con un secondo *boom* anche per il potenziamento del porto industriale. Nel 1996 il personale era costituito da dirigenti 7; quadri + Impiegati 716; operai 660 per un totale 1383 addetti. Le produzioni erano allora costituite da: (in migliaia di t/a) Etilene 166; Cumene 286; Fenolo 110; Cicloesano 21; Cloro 78; Benzolo 154; Gomme Nitriliche (NBR) 25; Polietilene Alta Densità (HDPE) 107. Le attività di caratterizzazione degli inquinanti e di messa in sicurezza del sito furono avviate nel **1997**. Il sito fu completamente isolato rispetto ai recettori sensibili, per mezzo di una barriera idraulica che ne impediva qualunque migrazione di inquinanti verso l'esterno. A partire dal **2010**, a seguito dell'approvazione dell'analisi di rischio presentata al Ministero dell'Ambiente della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) per il comparto suoli e falda, Syndial ha attivato un percorso di condivisione con il Ministero e gli Enti locali, che ha portato alla definizione di un puntuale "piano d'azione" degli interventi ambientali nel sito di Porto Torres, sottoscritto nel maggio 2011 (Protocollo d'Intesa per la "Chimica Verde"). Syndial gestisce alcune opere idrauliche, realizzate a seguito degli interventi di messa in sicurezza, quali: barriera idraulica fronte mare, costituita da 60 pozzi d'emungimento distribuiti lungo il fronte mare dello stabilimento, per circa 6 km, la quale garantisce la completa chiusura idraulica a fronte di un emungimento pari a 180 mc/h di acque sotterranee; barriera lato ovest, per circa 1 km lungo il confine ovest del sito industriale; trincea drenante, posta a valle dell'area impianti del sito industriale, in posizione nord – est, per uno sviluppo di circa

1 km; sistema di recupero in automatico del surnatante esteso all'intera area impianti; impianti di Trattamento Acque di Falda, quali TAF 1, 2, 3 e 4, per una potenzialità di trattamento pari a 240 mc/h; rete di monitoraggio piezometrico delle acque sotterranee costituita da circa 600 piezometri nell'intero; sito industriale [4].

Attualmente a causa della recessione e della vendita di diversi impianti, la produzione industriale si limita solo alla produzione di gomme nitriliche e alla chimica verde, quest'ultima sotto l'egida di Matrika, una joint venture 50:50 costituita nel 2011 da Versalis e Novamont per la riconversione del petrolchimico di Porto Torres in una bioraffineria di terza generazione per lo sviluppo di prodotti da materie prime vegetali, con una filiera agricola integrata. Gli impianti Matrika si avvalgono di una tecnologia radicalmente diversa da quelle esistenti: non utilizzando ozono nella reazione di scissione ossidativa dell'olio vegetale, è così possibile ottenere bioprodotto attraverso un processo a basso impatto ambientale. Gli impianti, attivi a Porto Torres da 2014, sono tre: l'impianto Monomeri Bio, alimentato da oli vegetali; l'impianto Additivi per Gomme e Polimeri, dedicato alla produzione di oli estensori e l'impianto Esterificazione, che si occupa della produzione per diversi settori applicativi. Dal 2012 sono inoltre, attivi sette impianti pilota. Il complesso si sviluppa complessivamente su un'area di oltre 3.500 metri quadri per una capacità complessiva di bioprodotto di 70.000 ton/anno. Un'ulteriore fase del progetto prevede l'avvio di un impianto per bioplastiche Mater-Bi, l'incremento della capacità produttiva di monomeri e la costruzione di una seconda linea biolubrificanti. L'attuale occupazione del polo ammonta circa 300 addetti complessivi.

Nel **2017** il Dipartimento di Architettura, Design e Urbanistica (DADU) e il Comune di Porto Torres (SS) avviano uno studio per la ricognizione sullo stato della prateria di *Posidonia oceanica*, sulla presenza e quantificazione di determinati inquinanti e sulla dinamica granulometrica del fondale nell'area marina in località Acque Dolci per valutare anche eventuali fenomeni di erosione [5]. Lo studio è articolato su 1) matrice acqua: caratteristiche fisico-chimiche, tramite sonda multiparametrica della colonna d'acqua lungo il profilo di costa; 2) monitoraggio fondi duri: *Carlit*; 3) monitoraggio fondi mobili e della prateria a *Posidonia oceanica*; 4) monitoraggio chimico delle acque costiere di parametri d'interesse ai sensi del DM 260/2010; 5) monitoraggio post-opera della matrice suolo finalizzato a stabilire l'efficacia degli interventi sulla stabilità delle spiagge; 6) monitoraggio post-opera della matrice suolo finalizzato a stabilire l'efficacia degli interventi sulla stabilità delle grotte e sulla circolazione idrica sotterranea.

La caratterizzazione della matrice acquosa mediante sonda multiparametrica ha evidenziato in tutte le stazioni di controllo una colonna d'acqua piuttosto omogenea, pienamente trasparente, ben ossigenata, e poco produttiva. I valori e gli andamenti dei parametri analizzati sono da attribuire a condizioni assolutamente ottimali per le zone costiere. L'analisi multivariata delle variabili indagate non ha evidenziato differenze spaziali significative tra le stazioni di misura, a prescindere dal loro posizionamento e dalla differente batimetria. In estrema sintesi dall'analisi completa delle variabili indagate in tutte le campagne non è emersa alcuna criticità. Il giudizio ottenuto sulla base dell'EQB Macroalghe (CARLIT) mette in evidenza uno stato ecologico "BUONO". Dall'analisi dei dati ottenuti, si evidenzia come esiste un gradiente positivo di qualità ambientale dalla zona portuale verso levante. La situazione considerata "CATTIVA" si riscontra nella zona prossimale al molo di sottoflutto. Man mano che ci si allontana da questo le condizioni ambientali tendono a migliorare per diventare ottimali nell'estremità della piccola penisola di San Gavino a mare. Si rimarca altresì che quando le acque subiscono una limitazione riguardo al ricambio, la condizione ambientale tende repentinamente a peggiorare così come riscontrato nel piccolo "fiordo" della penisola su citata, dove arrivano probabili acque di percolamento ricche di nutrienti. La prateria di Posidonia oceanica è presente nell'area sia su sabbia che su roccia, con copertura pari a circa il 47%, con radure di sabbia e/o di matite morta pari a circa il 42% e con differenze in termini di copertura trascurabili tra i punti esaminati. Non si evidenziano chiari segni di erosione della prateria, riscontrabile anche attraverso le conte di densità dei fasci, nei quali il rizoma spesso risultava ben ancorato al substrato. La stima di densità risulta essere  $69,2 \text{ ciuffi/m}^2 (\pm 10,5)$ ; il valore osservato, secondo Pergent et al., 1995 (e modificato da Buia et al., 2003), consente di classificare la prateria come prateria molto disturbata. Lo strato fogliare è apparso poco epifitato. L'indice di qualità PREI è risultato essere pari a 0,36 corrispondente ad una classe di qualità ecologica SUFFICIENTE. I dati indicano che la produttività primaria si colloca nella porzione di bassa produttività dei siti di confronto; anche i dati lepidocronologici non mettono in luce particolari difformità rispetto alle informazioni acquisite con lo studio fenologico.

Dai valori di concentrazione del monitoraggio chimico si può oggettivare che tutti i parametri presentano concentrazioni largamente inferiori agli standard di qualità ambientale fissati per le acque marino-costiere dal DM240/2010. Nello specifico, solo alcuni degli analiti elementari (arsenico, cadmio disciolto, cromo totale e nichel disciolto) risultano esser quantificabili nelle matrici in esame, ma sempre a concentrazioni largamente inferiori sia non solo alla concentrazione massima ammissibile, ma anche a quella media per i 12 mesi.

Per contro, le concentrazioni di mercurio disciolto e piombo disciolto sono sempre risultate al di sotto dei rispettivi limiti quantificabili, al pari di quanto accaduto per tutti gli analiti organici. Da quanto riportato è evidente il giudizio di conformità chimica del corpo idrico in osservazione.

La qualità delle acque della foce del fiume Rio Mannu viene desunta da All. n. 6 del monitoraggio e classificazione delle acque superficiali, contenuto nel riesame e aggiornamento del piano di gestione del distretto idrografico della Sardegna del 2° ciclo di pianificazione 2016-2021 [6].

Il corpo idrico (CI) “*foce del fiume Rio Mannu*” relativamente al giudizio degli EQ inerente sia al Fitoplancton nel triennio 2012-14 sia altri EQB negli anni 2012-2015 sia al EQ-CF nel periodo 2012-2014 viene indicato come “SUFFICIENTE” così come anche il suo stato ecologico (Tab. 1). Nella Tab. 2 si riportano le frequenze di monitoraggio e classificazione degli EQB. Per ogni anno di monitoraggio è riportato il numero di campioni, mentre il colore associato alla casella rappresenta il giudizio relativo secondo lo schema cromatico del D.M.260/2010. Nelle colonne relative al fitoplancton è riportato il giudizio annuale e triennale con il livello di confidenza associato. Per quanto riguarda gli altri EQB si riporta il giudizio annuale per ogni tipologia di EQB e il giudizio complessivo con il livello di confidenza associato. Il CI relativamente mostra un giudizio per il fitoplancton nel triennio 2012-2014 che è “SUFFICIENTE”, come quello relativo ai macro invertebrati, mentre per le angiosperme è “BUONO”.

Nella Tab. 3 si riportano i giudizi annuali derivanti dall’elaborazione dell’indice *TRIX* per gli elementi di qualità chimico-fisica. Per ogni anno di monitoraggio è riportato il numero di campioni, anche in questo caso il colore associato alla casella rappresenta il giudizio relativo secondo lo schema cromatico del D.M.260/2010. Nell’ultima colonna è riportato il giudizio complessivo e il livello di confidenza associato che per CI in esame risulta “SUFFICIENTE”. La Tab. 4 riporta la classificazione dello stato ecologico con accorpamenti della città di Porto Torres e della foce del Rio Mannu dove lo stato ecologico viene definito “SUFFICIENTE”. La Tab. 5 riporta la frequenza di monitoraggio e la classificazione delle sostanze prioritarie, analizzate nel ciclo del PdG 2010/15, nella matrice acque e nella matrice sedimenti. Per ogni anno di monitoraggio è riportato il numero di campioni e il colore associato alla casella rappresenta il giudizio relativo. Nelle ultime colonne sono indicate le sostanze rilevate, con concentrazione superiore allo standard di qualità ambientale SQA-MA o allo SQA-CMA come media annua. Lo stato chimico dei sedimenti viene classificato come “BUONO”.

[8] Estratti da “Classificazione dei corpi idrici marino costieri della Sardegna” - Direzione Generale Agenzia Regionale Del Distretto Idrografico Della Sardegna Servizio Tutela E Gestione Delle Risorse Idriche, Vigilanza Sui Servizi Idrici E Gestione Delle Siccità

Tabella 1. Giudizio degli EQ inerente sia al Fitoplancton nel triennio 2012-14

ANAGRAFICA CORPI IDRICI				GIUDIZI COMPLESSIVI DEGLI EQ						CLASSIFICAZIONE STATO ECOLOGICO ACQUE MARINE COSTIERE 2011-2014		
ID_CI_WISE	Tipo	Denominazione	Classe di rischio	Monitoraggio	Giudizio Fitoplancton triennio 2012-14	livello di confidenza fitoplancton	GIUDIZIO ALTRI EQ ANNI 2012-2015	LIVELLO DI CONFIDENZA EQB 2012-2015	GIUDIZIO EQ-CF 2012-2014	LIVELLO DI CONF. 2012-2014 EQ-CF	STATO ECOLOGICO	LIVELLO DI CONFIDENZA
0182-MC01070	C3	Foce del Riu Mannu Porto Torres	R	O	SUFFICIENTE	MEGLO	SUFFICIENTE	ALTO	SUFFICIENTE	BASSO	SUFFICIENTE	BASSO

Tabella 2. Frequenze di monitoraggio e classificazione degli EQB dei corpi idrici marino-costieri

ANAGRAFICA CORPI IDRICI				Fitoplancton		Angiosperme	Macroalghe	Macroinvertebrati								
ID_CI_WISE	Tipo	Denominazione	Classe di rischio	Monitoraggio	Giudizio 2012	Giudizio 2013	Giudizio 2014	Giudizio 2015	Giudizio 2012	Giudizio 2013	Giudizio 2014	Giudizio 2012	Giudizio 2013	Giudizio 2014-15	GIUDIZIO EQB 2012-2015	LIVELLO DI CONFIDENZA EQB
					Giudizio 2012-14											

Tabella 3. Giudizi annuali derivanti dall'elaborazione dell'indice TRIX per gli elementi di qualità chimico-fisici

ANAGRAFICA CORPI IDRICI				CLASSIFICAZIONE EQ-CF 2012-2014						
ID_CI_WISE	Tipo	Denominazione	Classe di rischio	Monitoraggio	Conteggio di TRIX 2012	Conteggio di TRIX 2013	Conteggio di TRIX 2014	Conteggio di TRIX 2015	GIUDIZIO COMPLESSIVO EQ-CF	LIVELLO DI CONFIDENZA 2012-2014 EQ-CF
0182-MC01070	C3	Foce del Riu Mannu Porto Torres	R	O	2	3	5		SUFFICIENTE	BASSO

Tabella 4. Classificazione dello stato ecologico con accorpamenti

N	ID_CI_WISE	Denominazione	Tipo	Stato Ecologico	livello di confidenza	Periodo di classificazione	Tipo di giudizio
113	0182-MC01060	Porto Torres	ACC3	SUFFICIENTE	BASSO	2012-2015	Accorpamento
114	0182-MC01070	Foce del Riu Mannu Porto Torres	ACC3	SUFFICIENTE	BASSO	2012-2015	Diretto

Tabella 5. Frequenze di monitoraggio e classificazione delle Sostanze Prioritarie dei corpi idrici marino-costieri

ANAGRAFICA CORPI IDRICI			SOSTANZE PRIORITARIE matrici acque					SOSTANZE PRIORITARIE matrici sedimenti					Parametri rilevati con conc. > SQA-SMA /CMA nelle acque 2012-2016		Parametri rilevati con conc. > SQA-SMA nei sedimenti 2012-2016	
ID DI WISE	Tipologia	Denominazione	Classe di rischio	Stato chimico Acque	Stato chimico Sedimenti	Stato chimico Acque	Stato chimico Sedimenti	Stato chimico Acque	Stato chimico Sedimenti	Stato chimico Acque	Stato chimico Sedimenti	Stato chimico Acque	Stato chimico Sedimenti	Stato chimico Acque	Stato chimico Sedimenti	
0102-AC01070	C3	Foce del Rio Manru Porto Torres	3	Stato chimico Acque	Stato chimico Sedimenti	Stato chimico Acque	Stato chimico Sedimenti	Stato chimico Acque	Stato chimico Sedimenti	Stato chimico Acque	Stato chimico Sedimenti	Stato chimico Acque	Stato chimico Sedimenti	Stato chimico Acque	Stato chimico Sedimenti	
				Stato chimico Acque	Stato chimico Sedimenti	Stato chimico Acque	Stato chimico Sedimenti	Stato chimico Acque	Stato chimico Sedimenti	Stato chimico Acque	Stato chimico Sedimenti	Stato chimico Acque	Stato chimico Sedimenti	Stato chimico Acque	Stato chimico Sedimenti	

### Bibliografia di riferimento

- [1] SORIGA L-Così trasportavamo i veleni. <http://www.lanuovasardegna.it/regione/2011/09/25/news/inquinamento-a-porto-torres-cosi-trasportavamo-i-veleni-1.3544226> Inquinamento a Porto Torres.
- [2] BARONE R., DELORENZO R., DRAGO D., GIACCONE G., MUSCETTA P.N., 1985 -Metodi per la valutazione dell'impatto ambientale a mare: La cartografia biocenotica. *Ingegneria ambientale* 14(10): 563-572
- [3] GIACCONE G., BARONE R., DELORENZO R., MUSCETTA P.N., 1980 - Effett des polluants pétrochimiques sur les végétaux marins de Porto Torres (Sardaigne, Italie): Méthodologies d'analyse et d'interpretation des données. CIESM - ves Journées d'études sur les pollutions marines en Méditerranée. Cagliari 9-13 octobre 1980: 87-94
- [4] Bonifiche a Porto Torres □ Gennaio 2015 [https://www.eni.com/docs/it\\_IT/enipedia/informazioni- finanziarie/altre-societa-syndial/Stato\\_delle\\_bonifiche-a-Porto-Torres.pdf](https://www.eni.com/docs/it_IT/enipedia/informazioni-finanziarie/altre-societa-syndial/Stato_delle_bonifiche-a-Porto-Torres.pdf)
- [5] Accordo di Cooperazione con l'Università degli Studi di Sassari, Dipartimento di Architettura, Design e Urbanistica (DADU) e il Comune di Porto Torres (SS) ai sensi dell'art. 15 della Legge n. 241 del 7 agosto 1990 per la Ricognizione sullo stato della prateria di Posidonia oceanica, sulla presenza e quantitativi di determinati inquinanti e sulla dinamica granulometrica del fondale nell'area marina in località Acque Dolci oggetto di un intervento di salvaguardia della fascia costiera da fenomeni di erosione (rapporto 2018)
- [6] RIESAME E AGGIORNAMENTO DEL PIANO DI GESTIONE DEL DISTRETTO IDROGRAFICO DELLA SARDEGNA 2° Ciclo di pianificazione 2016-2021 ALLEGATO N. 6 SEZ. N.1 MONITORAGGIO E CLASSIFICAZIONE DELLE ACQUE SUPERFICIALI DIRETTIVA 2000/60/CED.LGS 152/2006- [https://www.regione.sardegna.it/documenti/1\\_470\\_20160321144919.pdf](https://www.regione.sardegna.it/documenti/1_470_20160321144919.pdf)
- [7] Giaccone, G, Cossu A; Delorenzo, R, Drago D; Muscetta, P N., (1988) Studio di impatto ambientale nell'area portuale antistante lo stabilimento industriale EniChem di Porto Torres. *Bollettino della Società Sarda di Scienze Naturali*, Vol. 26 (1987/88), p. 43-67. ISSN 0392-6710
- [8] Classificazione dei corpi idrici marino costieri della Sardegna” - Direzione Generale Agenzia Regionale Del Distretto Idrografico Della Sardegna Servizio Tutela E Gestione Delle Risorse Idriche, Vigilanza Sui Servizi Idrici E Gestione Delle Siccità - RIESAME E AGGIORNAMENTO DEL PIANO DI GESTIONE DEL DISTRETTO IDROGRAFICO DELLA SARDEGNA 2° Ciclo di pianificazione 2016-2021

*Analisi delle patch superficiali di Posidonia oceanica. Differenze negli anni 2007 -2017.*

Al fine di valutare se i fenomeni di degrado originati dalle attività antropiche siano ancora attivi nel generare la progressiva scomparsa della fanerogama in oggetto, sono stati esaminati gli insiemi di piante isolate, circondate da sabbia (*patch*) superficiali poiché ritenute le più soggette agli stress ambientali d'origine antropica e che più rapidamente regrediscono. Per valutare se, nel corso di questi ultimi anni, siano avvenuti dei cambiamenti in queste *patch*, si è preso in esame il fondale superficiale del tratto costiero che dalla città di Porto Torres arriva ad est alla torre di Abbacurrente, di lunghezza di circa quattro km dove sono stati individuati sei punti di rilevamento. Un'altra area è stata individuata nei pressi dello Stagno di Pilo attigua alla termocentrale elettrica di Fiume Santo ed un'altra a punta Tramontana.

Le immagini utilizzate provengono da Google Earth, software che genera immagini virtuali della Terra utilizzando immagini satellitari ottenute dal telerilevamento terrestre, fotografie aeree e dati topografici memorizzati in una piattaforma GIS.



*Fig. 2- Aree di rilevamento*



*Fig. 3- Aree di rilevamento da Porto Torres a Torre Abbacurrente*

Sono state utilizzate le immagini realizzate a febbraio 2007 e a maggio 2017 per la loro migliore definizione sia per il litorale porto Torres – Abbacurrente che per lo stagno di Pilo mentre per Punta Tramontana le immagini si riferiscono alle immagini rilevate nel 2009 e 2020.

### **Abbacurrente**

Qui sono state individuate sei aree (Fig. 3) di dimensioni variabili scelte in modo casuale ma dai contorni ben definiti. Si è poi circoscritto un poligono che conteneva delle patch di Posidonia. Le immagini venivano poi processate con ImageJ, software di elaborazione digitale open source basato su Sun-Java, sviluppato dal National Institutes of Health, (USA) che permette di delimitare automaticamente delle zone a diverso cromatismo e calcolarne la relativa area. A titolo d'esempio si riportano le immagini dell'area 6.

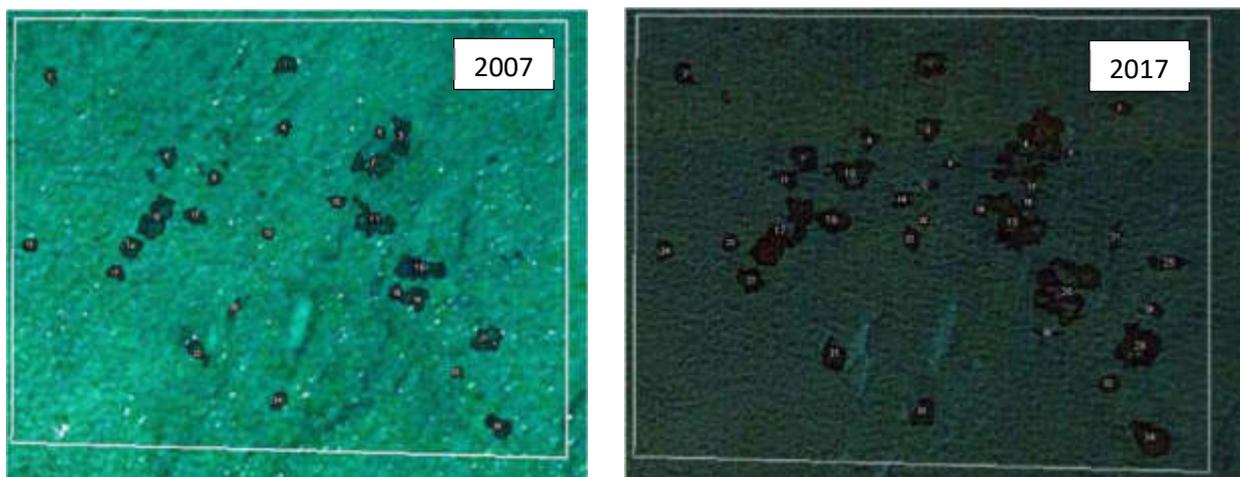


Fig. 4- Confronto delle due annualità (2007-2017) dell'area 6 dove si è registrata la maggiore crescita nel periodo esaminato.

Tabella 6- Somma delle superfici di tutte le patch di *Posidonia oceanica*, nelle diverse stazioni

St.	1		2		3		4		5		6	
annualità	2007	2017	2007	2017	2007	2017	2007	2017	2007	2017	2007	2017
area (m <sup>2</sup> )	613,7	701,4	711,3	805,7	221,7	305,3	1129,3	1152,4	767,4	1033,4	84,2	202,2
diff.17-07 (m <sup>2</sup> )	87,7		94,4		83,6		23,1		266,0		118,0	
%*	12,5		11,7		27,4		2,0		25,7		58,4 *	

\*% di incremento (2007-2017 in 10 anni)

La tabella 6 riporta la somma delle superfici di tutte le patch di *Posidonia oceanica*, nelle diverse stazioni nei due anni scelti; si riporta anche la differenza nel periodo e la sua percentuale d'incremento. Si evince come questa sia positiva in tutte le aree esaminate, variando da un minimo del 2% ad un massimo del 58% (media generale 23%  $\pm$  sd 19,8%). Sembra esistere anche un trend positivo verso est ma tale asserzione andrebbe confortata da una maggiore densità di punti di rilevamento.

## Stagno di Pilo

La scelta dell'area è stata condizionata dalla necessità di disporre di una zona a monte di quella potenzialmente influenzata dalle correnti di fondo provenienti dall'area di Porto Torres che dovrebbero trasportare gli inquinanti provenienti dal porto civico, dal porto industriale e dalla foce del Rio Mannu: nel golfo dell'Asinara, infatti, le correnti hanno un andamento prevalentemente da ovest verso est. La stazione dista dalla città circa cinque miglia. Il posidonieto giace su roccia e su sabbia con un manto piuttosto frammentato soprattutto nella parte più prossimale alla riva.



Fig. 5- A sinistra patch di Posidonia del 2017; a destra del 2007

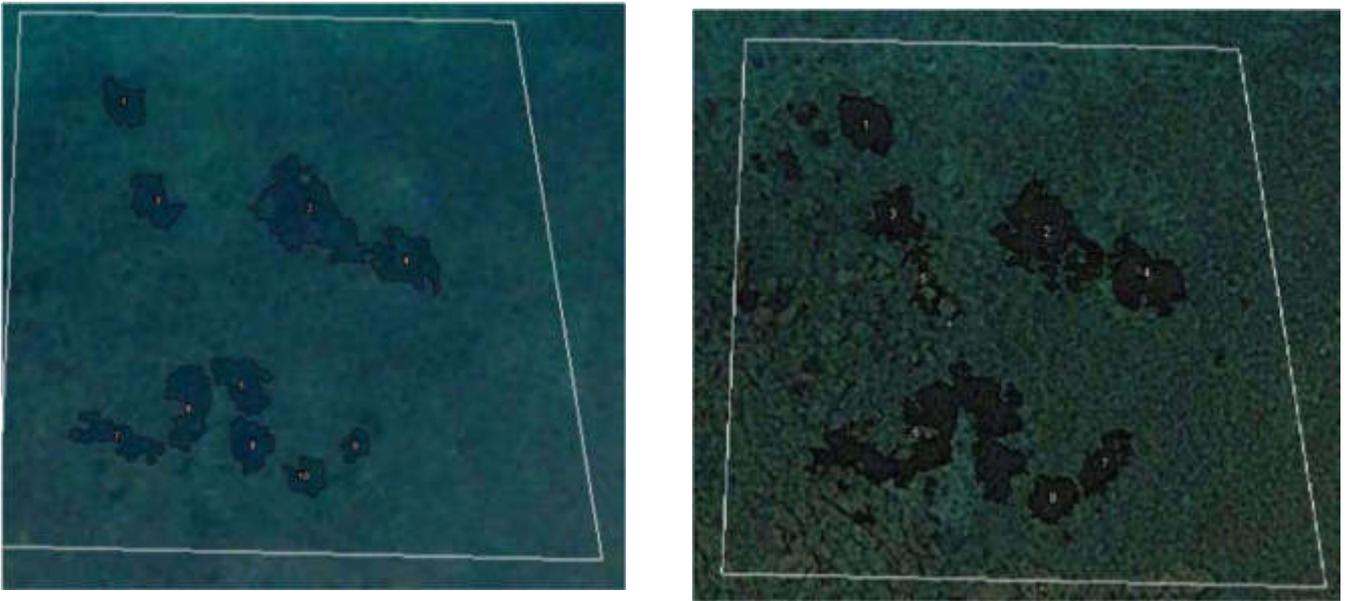
Tabella 7- Confronto delle patch nei due anni (2017-2007)

patc 17	area m2	patc 07	area m2	delta	%delta	
2	10,3	1	9,2	1,1	10,9	
3	3,1	3	2,4	0,6	20,3	
4	5,8	4	4,6	1,2	21,3	
6	7,4	5	6,7	0,7	9,9	
7	4,3	6	3,2	1,1	26,3	
8	4,7	8	4,0	0,7	14,6	
9+11	10,1	7	11,0	-0,9	-9,2	
10	4,4	9	2,3	2,1	47,5	

Il confronto delle due annualità riportato nella tabella 7 evidenzia come vi sia una sostanziale crescita in tutte le patch esaminate ad eccezione della patch 9 del 2007 che confrontata con la corrispettiva del 2017 (9+11) ha subito un decremento del 9,2%. Si porta in evidenza tuttavia come la media della differenza delle aree tra le due annualità sia del 16% in positivo.

## **Punta Tramontana**

Onde poter disporre di un'area sufficientemente lontana dalle possibili citate fonti di disturbo antropico di Porto Torres, sempre all'interno del golfo dell'Asinara, si è individuata una stazione nei pressi di Punta Tramontana a circa 11 miglia da Porto Torres. La scelta è stata condizionata anche dalla presenza nelle vicinanze di dissuasori antistrascico posti a difesa del presente elettrodotto.



*Fig. 6- Confronto delle patch nei due anni (2009-2020)*

Tabella 8- Confronto delle due annualità (2009-2020)

patch 2009	areaa m <sup>2</sup>	patch 2020	areaa m <sup>2</sup>	delta(09-20)	%delta
1	12,0	1	20,0	8,0	40,1
2	53,1	2	49,9	-3,2	-6,4
3	14,5	3	17,6	3,1	17,8
4	23,6	4	31,7	8,1	25,7
		<b><u>5</u></b>	<b><u>6,9</u></b>	*	
5	18,04				
6	21,05				
7	15,37				
8	14,27				
5+6+7+8	68,73	6	99,8	31,1	31,1
9	5,22	7	16,0	10,7	67,3
10	9,09	8	15,2	6,2	40,4
			media	9,1	30,8
			sd	10,7	22,7

Il confronto delle due annualità riportato in tabella 8 evidenzia come vi sia una sostanziale crescita in tutte le patch esaminate ad eccezione della patch 2 del 2009 che confrontata con la corrispettiva del 2020 ha subito un decremento del 3,2%. Si porta in evidenza come la patch 5 dell'anno 2020 si sia formata *ex novo* non essendo presente nell'anno 2009.

**OBBIETTIVO: INDIVIDUAZIONE DI AREE POTENZIALMENTE IDONEE AL TRAPIANTO  
DI POSIDONIA OCEANICA NEL GOLFO DELL'ASINARA**

**RILIEVI SIDE SCAN SONAR**

Per i rilevamenti è stato impiegato il SIDE SCAN SONAR (SSS) KLEIN SYSTEM 3000 DIGITAL a 500 kHz, con TOWFISH a Trasmissione degli impulsi: Tone burst, selezionabile dall'operatore da 25 to 400 µsecs. Impulsi indipendenti con controllo di frequenza. Questo è dotato di due trasduttori per lato costituiti da un'unità di trasmissione (transmitter) ed una di ricezione (receiver).

La cartografia del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare riporta la distribuzione di *Posidonia oceanica* su tutta la costa della Sardegna. Tale cartografia realizzata su dati del 1999, include una 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). La selezione preliminare delle possibili aree ritenute idonee al reimpianto è avvenuta attraverso l'osservazione dei tracciati SSS realizzati per la creazione della cartografia.

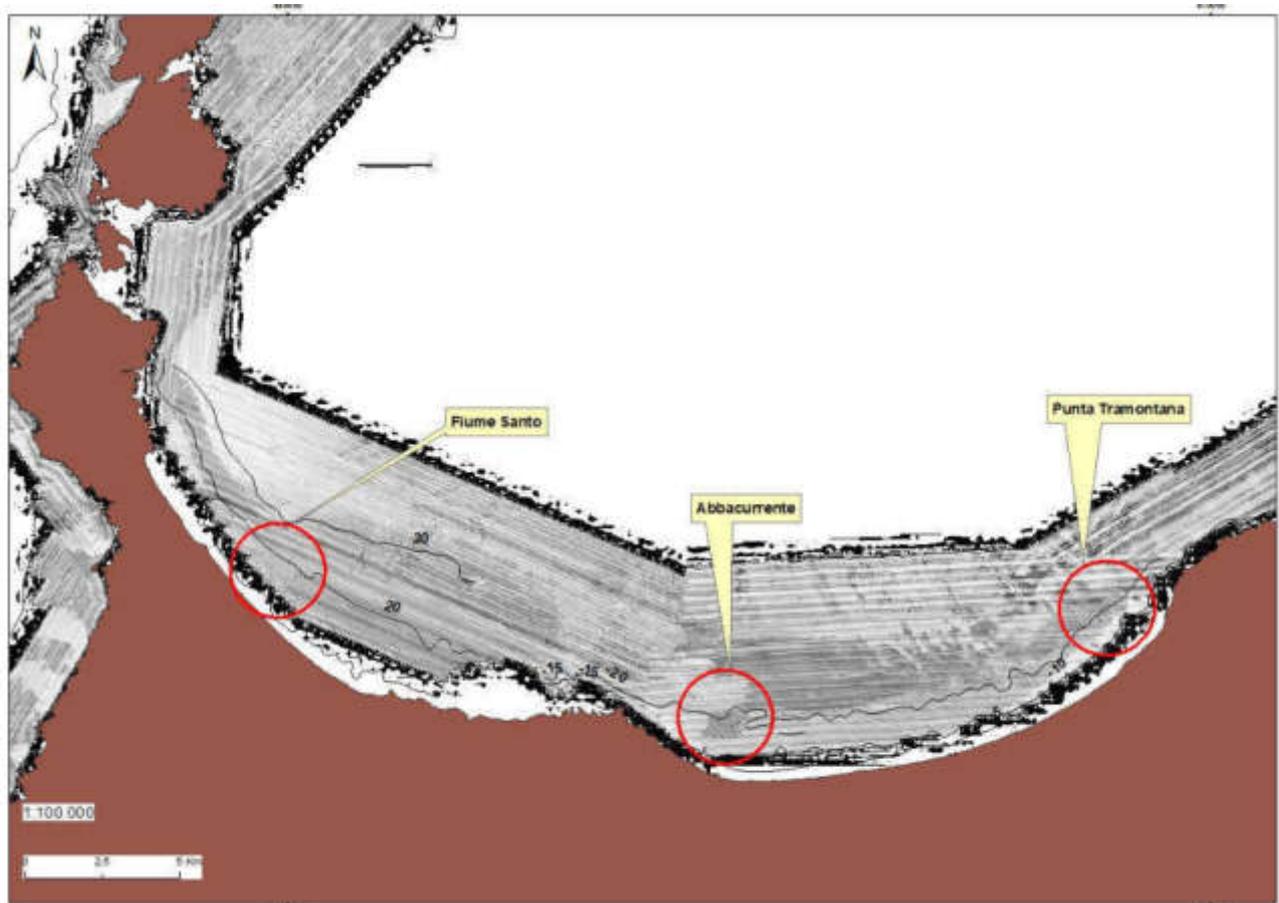


Fig. 7- Mosaico SSS del MATTM(2000) del golfo dell'Asinara con le potenziali aree di reimpianto

L'osservazione dei tracciati SSS da Stintino a Castel Sardo ha permesso di individuare tre aree a sabbia fine con intramatte o senza vegetazione (Fig. 7): Fiume Santo, Abbacurrente e Punta Tramontana ritenute potenzialmente idonee al trapianto. Su tali aree stati sono effettuati nuovi rilievi con il SSS più performante rispetto a quello impiegato nell'anno 2000 (vedi caratteristiche tecniche), che ha permesso di rilevare tracciati con una risoluzione più dettagliata.

**Fiume Santo.** I criteri che hanno condizionato la scelta del sito sono la presenza di ampi canali intramatte, la bassa energia delle correnti di fondo (presenza di sabbia fine ben classata, assenza di ripple marks di cospicue dimensioni) e dalla vicinanza di dissuasori antistrascico, posti a difesa dei cavi elettrici sottomarini della locale termocentrale.

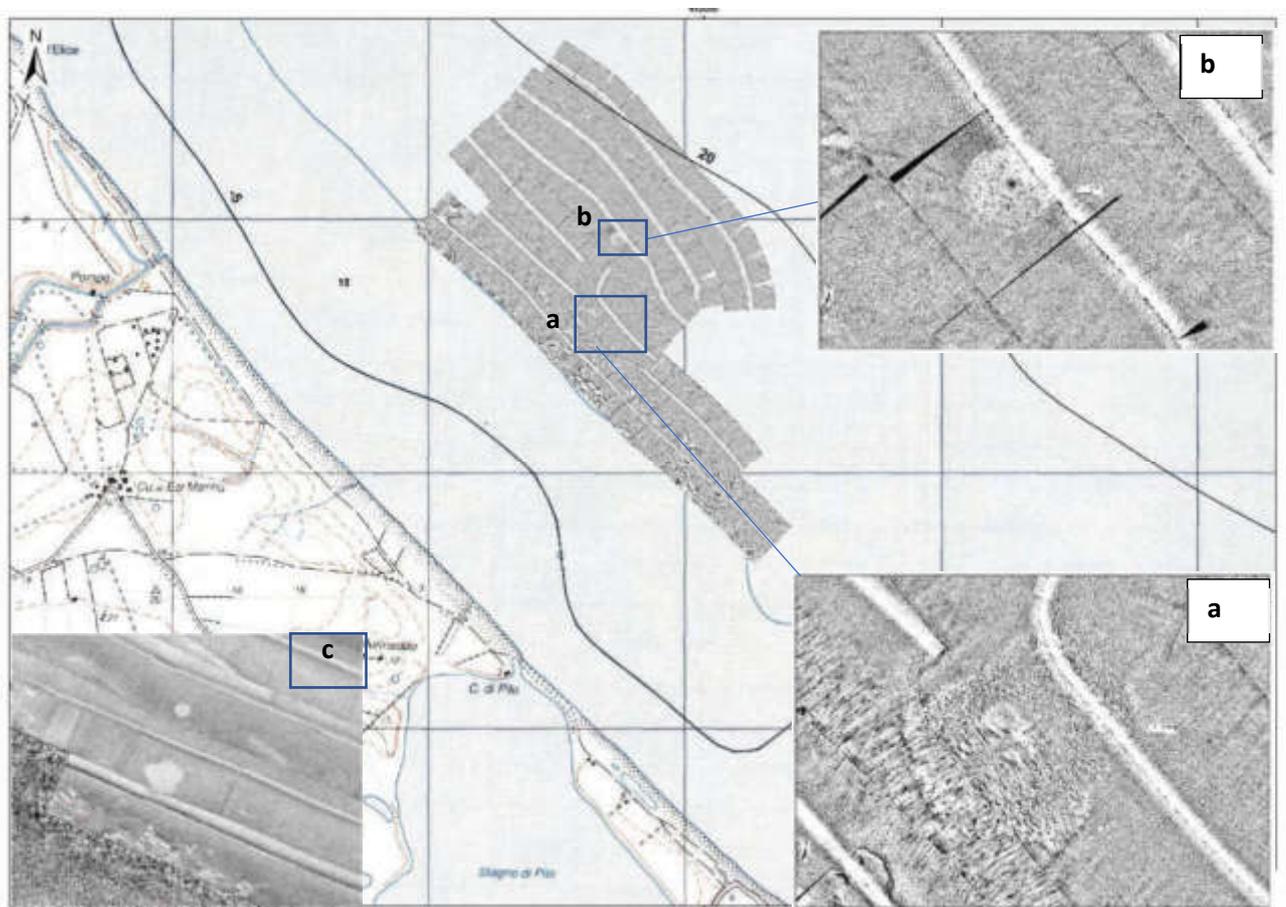


Fig. 8 – Tracciato SideScanSonar del 2021. Nei riquadri a e b spot delle aree ritenute potenzialmente idonee al trapianto. In c uno spot dal SSS del M.A.T.T.M. - SiDiMar., 2008

L'area SSS individuata si colloca nella fascia batimetrica da 15 a 20. Il mosaico in figura viene creato dalla sovrapposizione di sei tracciati della lunghezza complessiva di circa 10 miglia, eseguiti con orientamento parallelo alla linea di costa. Sono presenti due aree di forma rotondeggiante. La prima (a in Fig. 8), più prossimale alla costa, ha una superficie di 1,8 ha, si colloca in una fascia batimetrica

di 14-16 m e mostra patch di *Posidonia oceanica* intervallati da ampi canali intramatte con sabbia fine. La seconda area (**b** in Fig. 8), sempre di forma rotondeggiante regolare, risulta più distante dalla costa, ha una superficie di 0,4 ha ed è posta in una fascia batimetrica tra 16-18 m con una prevalenza di canali sabbiosi rispetto alle patch. Il confronto con i rilievi SSS del 2000 delle due aree (**c** in Fig. 8) evidenzia come le superfici individuate in vent'anni non abbiano modificato la loro dimensione, mantenendone anche la forma.

**Abbacurrente.** Nella figura in basso (Fig. 9) si riporta l'area vasta dei mosaici SSS del '99 dove si rendono evidenti tre zone a diversa intensità di grigi: in alto a destra si rileva un'intensità di grigio maggiore (**a**) che segna la presenza della matte di *Posidonia oceanica*. Questa confina in basso con una zona più chiara e righettata, costituita da beachrock, (**b**) roccia sedimentaria, di consistenza

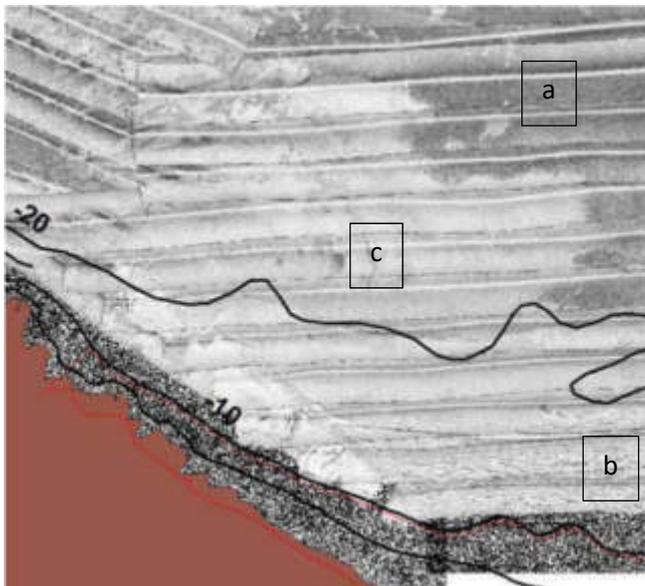
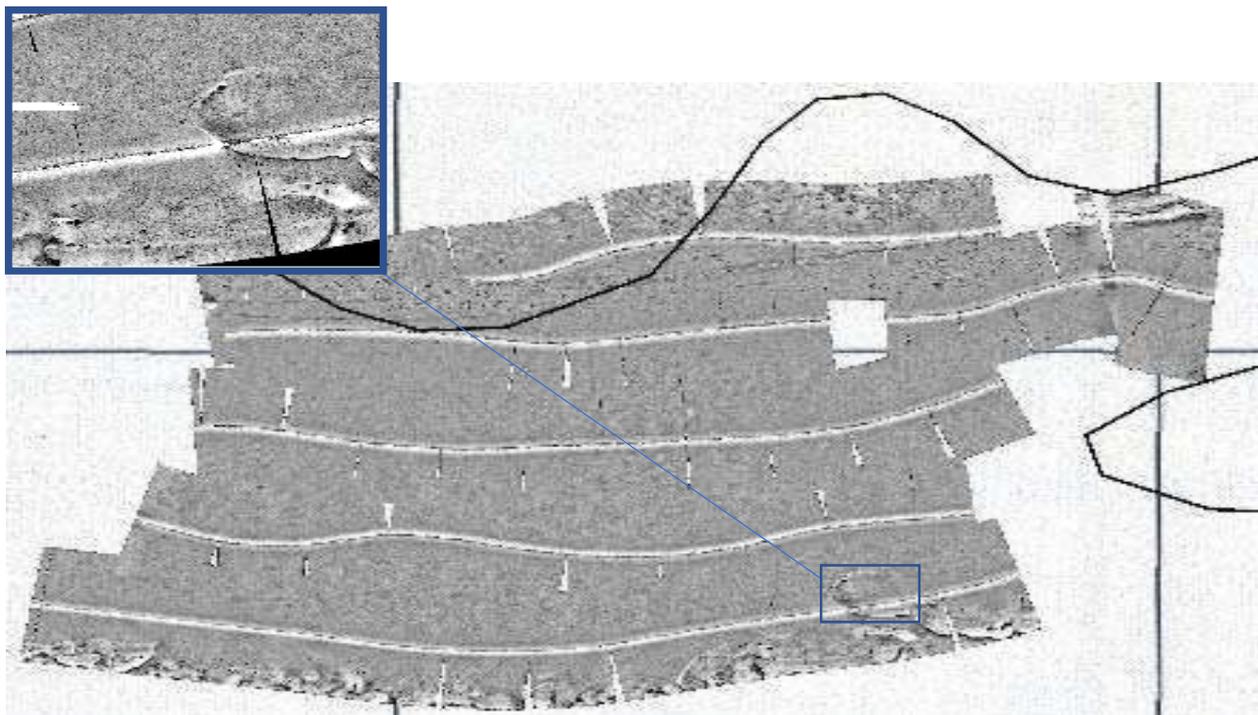


Fig. 9- Mosaico del 2000 MATTM

variabile, da friabile a ben consolidata, costituita da una miscela di sedimento ghiaioso, sabbioso e limoso, cementata da carbonati. Nella porzione sinistra di colore grigio chiaro (**c**) il fondale risulta monotono, costituito da sabbie medie miste a rada vegetazione (in prevalenza *Caulerpa prolifera* (Forsskål) e *Codium fragile* (Suringar) Hariot) e matte morta. Su quest'ultimo tipo di fondale è stato eseguito il nuovo rilievo SSS che si colloca nella fascia batimetrica da 15 a 20 m. Il mosaico in figura viene creato dalla sovrapposizione di cinque tracciati della lunghezza complessiva di circa 12

miglia, eseguiti con orientamento parallelo alla costa e di superficie pari a 105 ha. L'area ritenuta idonea al trapianto si colloca nel settore orientale basso dell'area mappata (Fig. 10). Tale zona è infatti caratterizzata da sabbie fini ben calibrate tipiche di fondali soggetti a deboli correnti di fondo.



*Fig. 10- Mosaico del 2021 prospiciente la torre di Abbacurrente. In alto a sx il particolare dell'area potenzialmente idonea al trapianto all'interno del quadrato.*

**Punta Tramontana.** L'area è stata scelta per motivazioni simili a quelle di Fiume Santo; infatti, sono presenti dissuasori antistrascico, posti a difesa del cavo elettrico sottomarino e sabbie fini con ampi canali intramatte.

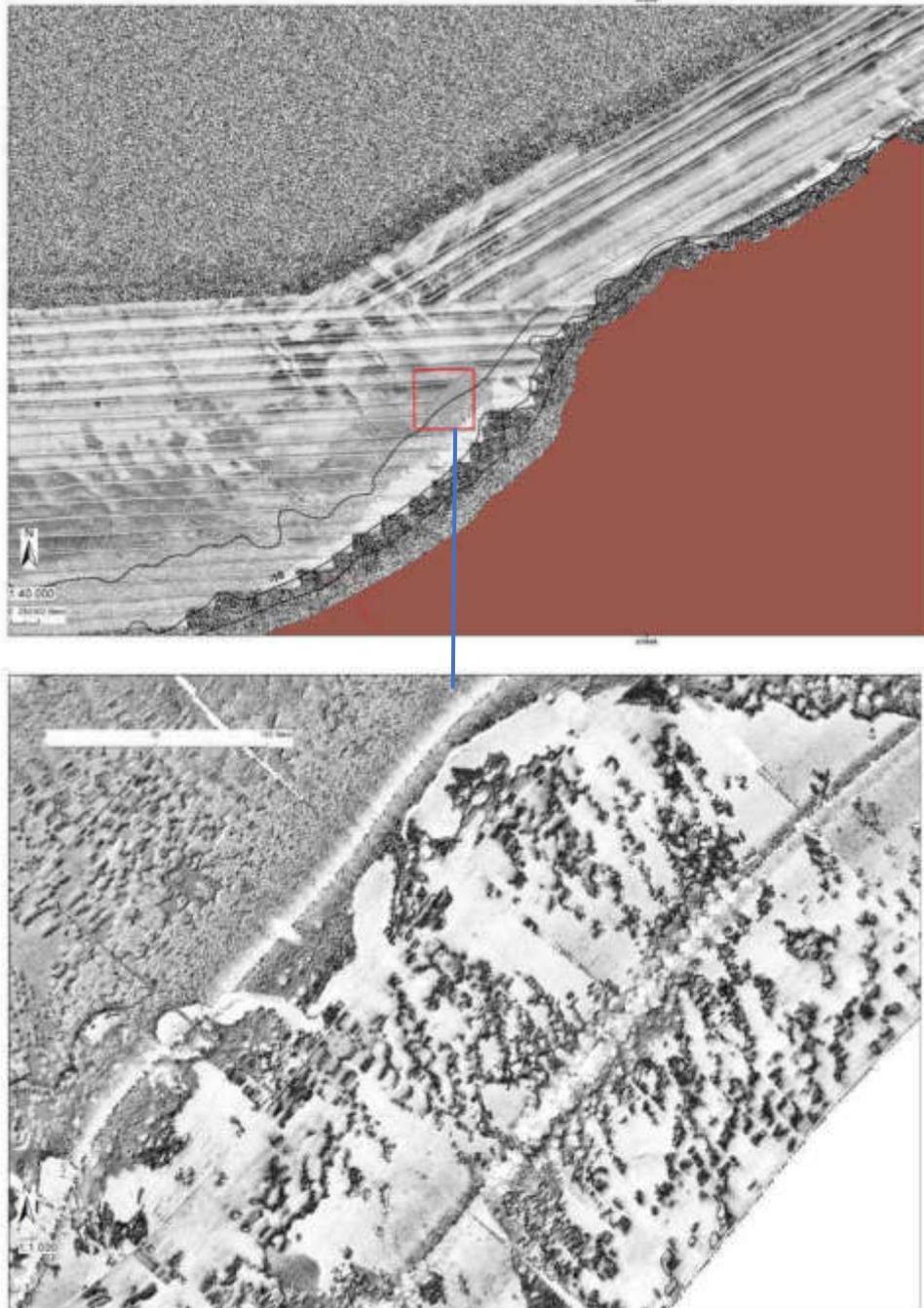


Fig. 11- Mosaico del 2021 di Punta Tramontana prospiciente il moletto del cavo elettrico Terna. In basso il particolare dell'area potenzialmente idonea al trapianto.

L'area mappata con il SSS nel 2021 ammonta a 77 ha con strisciate lunghe complessivamente due miglia. Nella porzione del rilievo più prossima alla riva sono evidenti patch di *Posidonia oceanica* di forma allungata alternate a canali e ampie zone a sabbia fine.

## TRANSETTI ROV

Le riprese video subacquee sono state effettuate utilizzando il R.O.V. Mod. Velociraptor Elettronica Enne equipaggiato di monitor e consolle di comando in grado di operare fino a 400 metri di profondità; esso dispone di due motori laterali per la propulsione orizzontale e di uno verticale per l'elevazione e l'inabissamento. La dotazione comprende due fari alogeni, due puntatori laser e due telecamere, in grado di realizzare filmati in HD. Il ROV è stato opportunamente modificato, tramite il posizionamento di una videocamera GoPro Hero 5 che permette l'acquisizione di video in 4k in senso verticale, ed un'altra orientata ortogonalmente al fondale per le riprese orizzontali. Le videocamere GoPro sono inserite all'interno di uno scafandro impermeabile.

### Fiume Santo

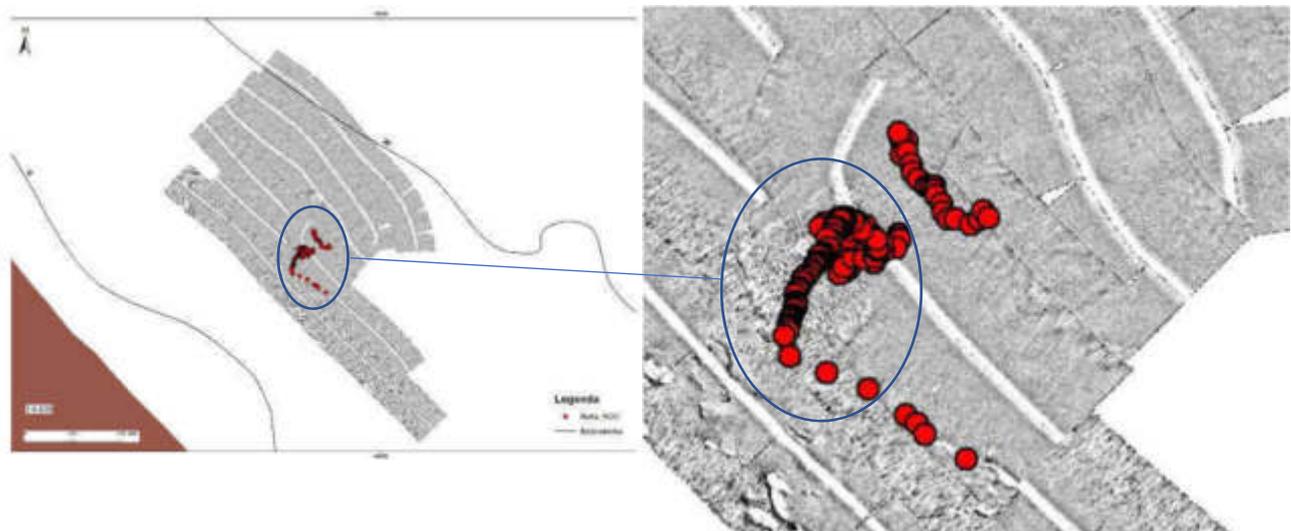


Fig. 12- Percorso ROV nella area di Fiume Santo. I tracciati sono localizzati sul fondale (v. ellisse) che presenta significative differenze rispetto al circostante



Fig. 13- Patch di *Posidonia oceanica* presenti nell'area

L'area è caratterizzata da ampi canali intramatte e da patch isolate di *Posidonia oceanica* (Fig. 13). I ripple sono di piccole dimensioni e il fondale risulta ricoperto da un sottile feltro algale. La modesta energia delle correnti di fondo è segnalata anche dalla presenza di sabbia fine ben classata.

## Abbacurrente

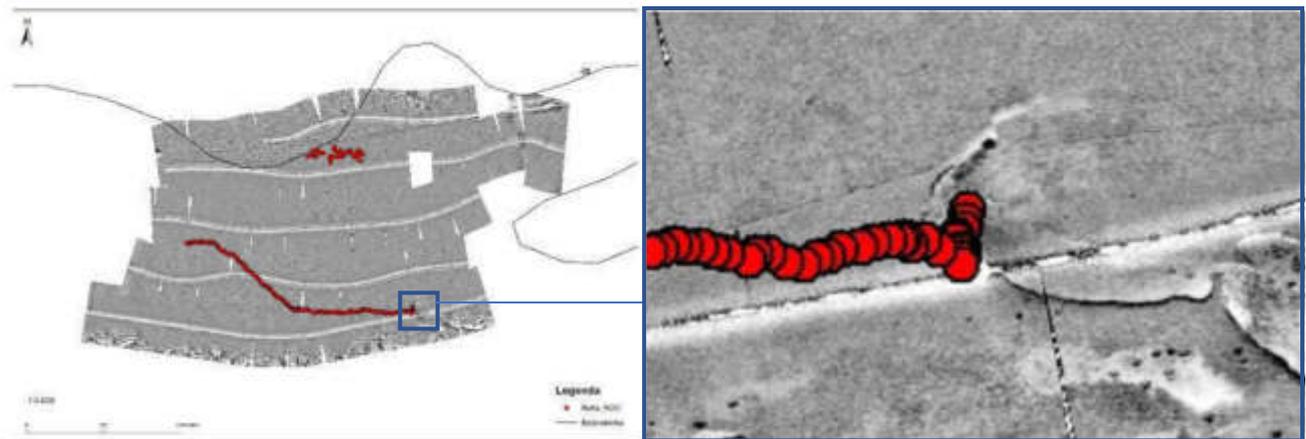


Fig. 14- Percorso ROV nella area di Abbacurrente. I tracciati sono localizzati sul fondale (v. quadrato blu) che presenta significative differenze rispetto al circostante.



Fig. 15- A sinistra l'immagine riporta un frame del filmato relativo al percorso ROV e si riferisce alla porzione periferica dell'area indicata nella figura precedente. A destra, l'immagine della porzione centrale della stessa area.

L'area è contraddistinta da un fondale uniforme, costituito da sabbie medie miste a rada vegetazione (in prevalenza *Caulerpa prolifera*, *Codium fragile* e *Codium bursa* Agardh) e matte morta. Si rinvencono piccole patch di *Posidonia oceanica* e a tratti un feltro algale di modesto spessore (Fig. 15).

## Punta Tramontana

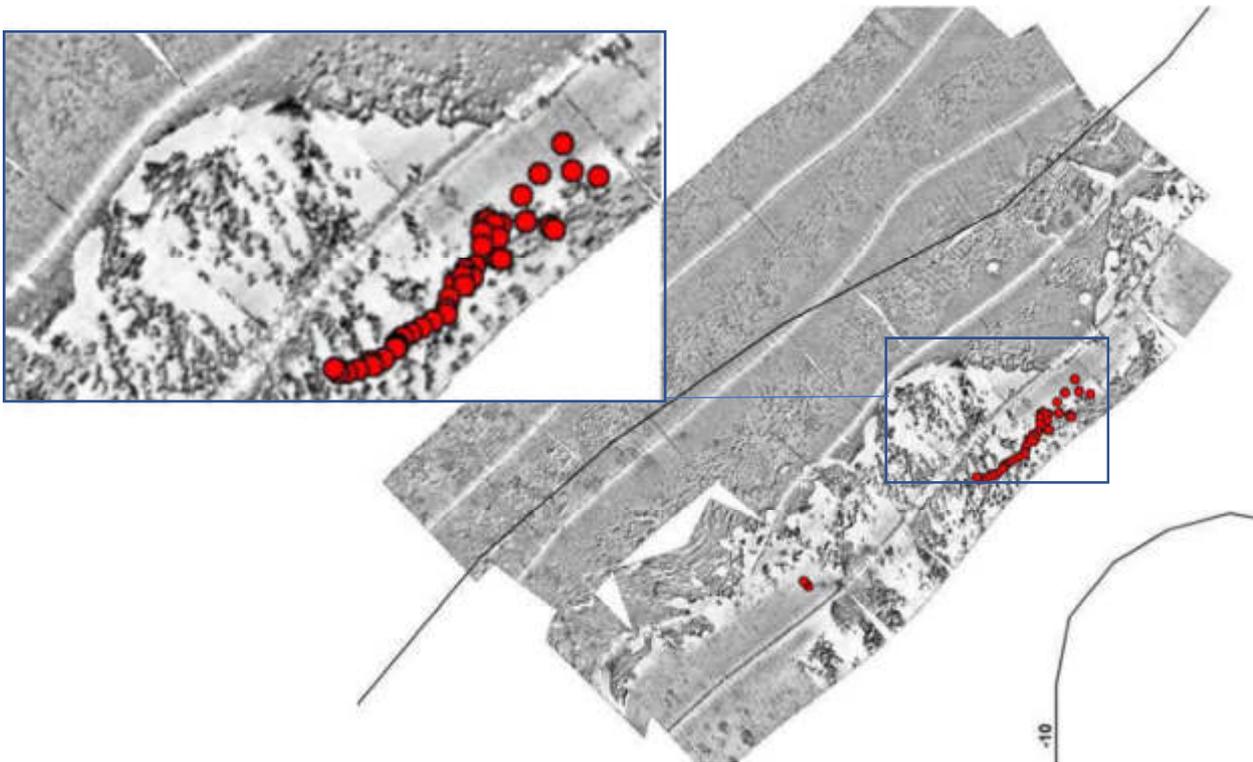


Fig. 16- Percorso ROV nella area di Punta Tramontana (punti rossi). I tracciati mostra un fondale (v. quadrato blu) che evidenzia una netta differenza rispetto alla porzione settentrionale.

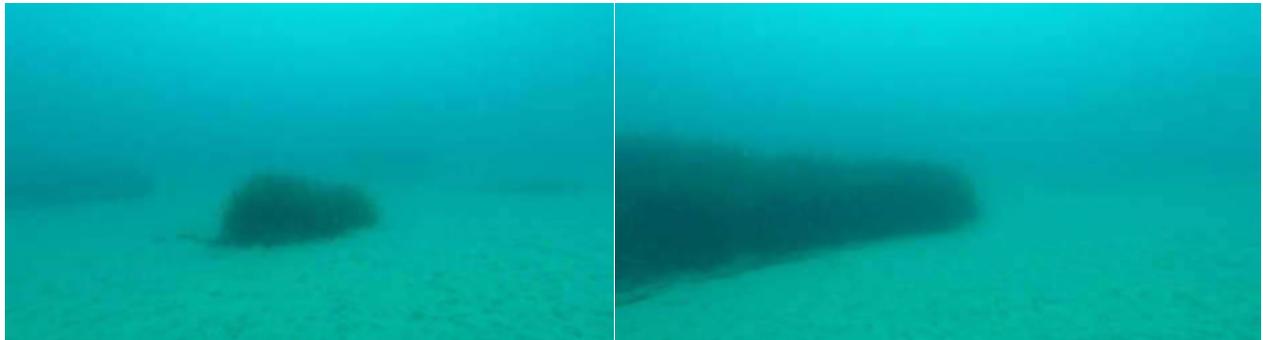


Fig. 17- Immagini della porzione del rilievo più prossima alla riva. Sono evidenti patch di Posidonia oceanica di forma allungata alternate a canali e ampie zone a sabbia fine.

## Cartografia biocenotica

Al fine di evidenziare le superfici disponibili per la piantumazione, le immagini SSS sono state inserite all'interno di un Geographic Information System (GIS) o sistema informativo geografico ovvero un sistema informativo computerizzato che permette di sfruttare informazioni derivanti da dati geografici geo-riferiti.

## Fiume Santo

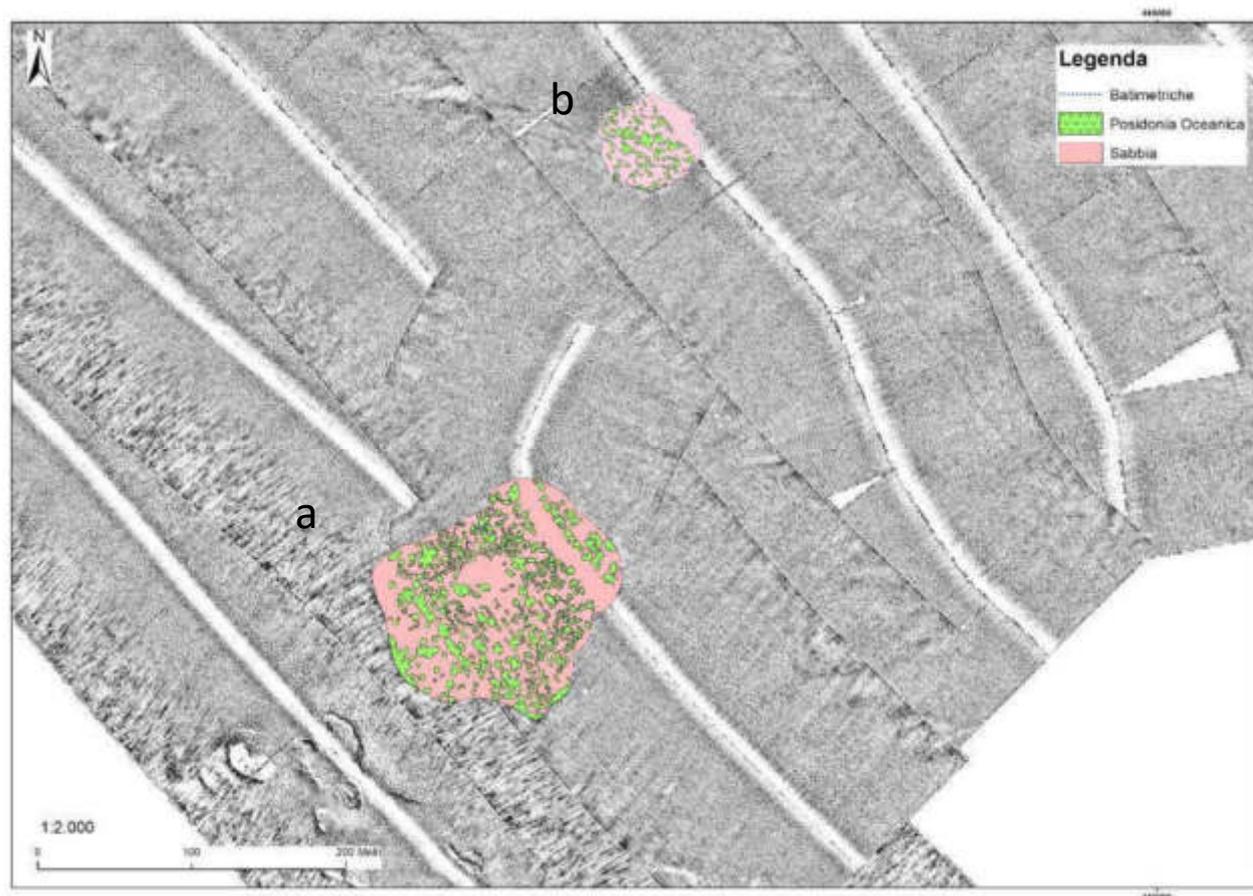


Fig. 18- Carta biocenotica area di Fiume Santo

Sono state individuate due aree che mostrano una copertura vegetale costituita da patch di *P. oceanica* più o meno aggregate e che lasciano spazi e piccole radure di sabbia. La superficie dell'area più grande (Fig. 18-a) è pari a 1,7 ha e *Posidonia oceanica* ne occupa il 32%. Restano potenzialmente liberi 1,2 ha per la piantumazione. L'area più piccola (Fig. 18-b) ha un'area di 0,3 ha con una superficie libera di 0,23 ha. Qui *P. oceanica* occupa circa il 27 % del fondale. Il totale potenzialmente disponibile ammonta quindi a 2 ha.

## Abbacurrente

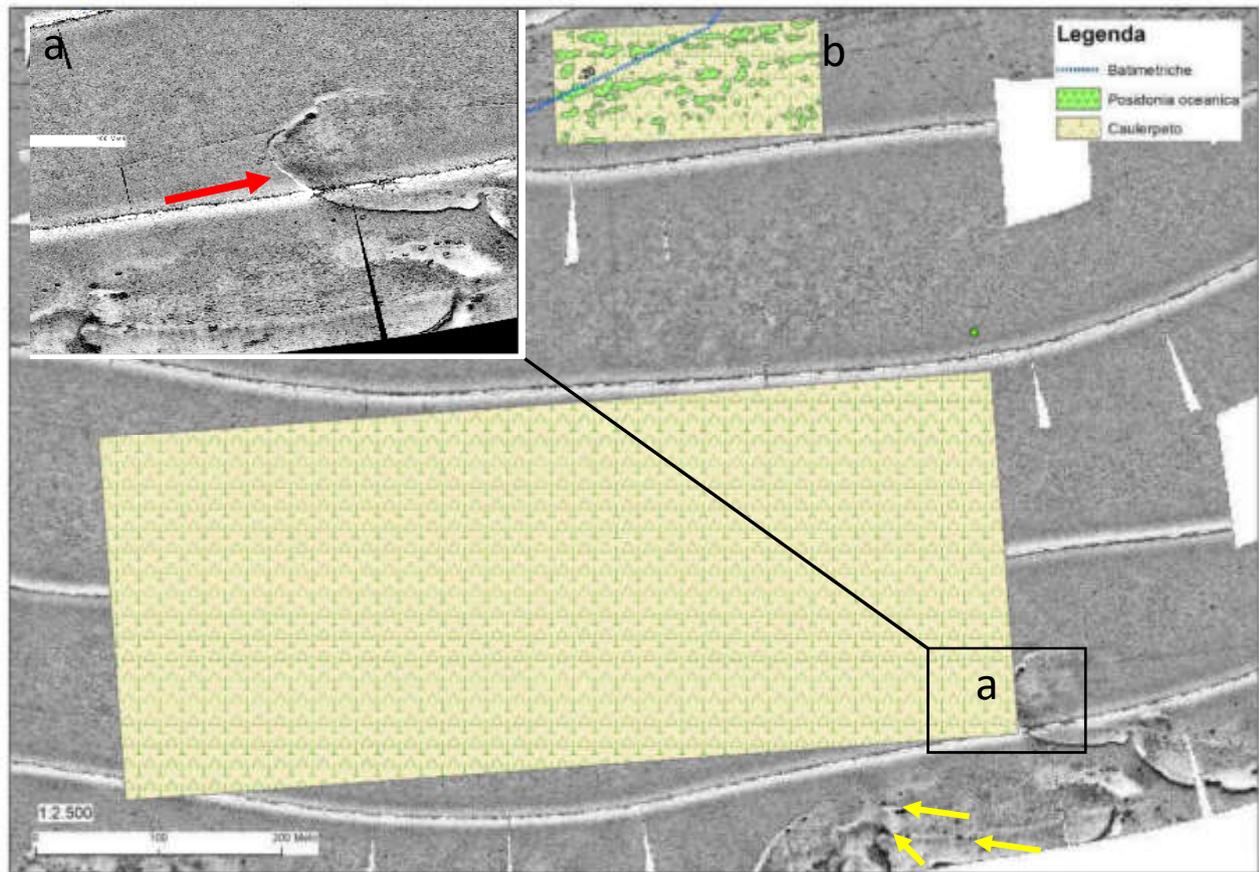


Fig. 19- Carta biocenotica area di Abbacurrente

L'area individuata si inserisce in un'ampia zona pressoché priva di *Posidonia oceanica* costituita da un vasto caulerpeto. L'area è caratterizzata da una cresta semicircolare (Fig. 19-a) indicata dalla freccia rossa in figura. Il crinale che ne segue può offrire riparo dalle correnti di fondo che hanno andamento da ovest e può quindi costituire una protezione a una possibile piantumazione. Si scorgono diverse piccole patch nella porzione in basso a destra (freccie gialle). *Posidonia oceanica* appare più abbondante verso la porzione più settentrionale (Fig. 19-b) a maggiore profondità.

## Punta Tramontana

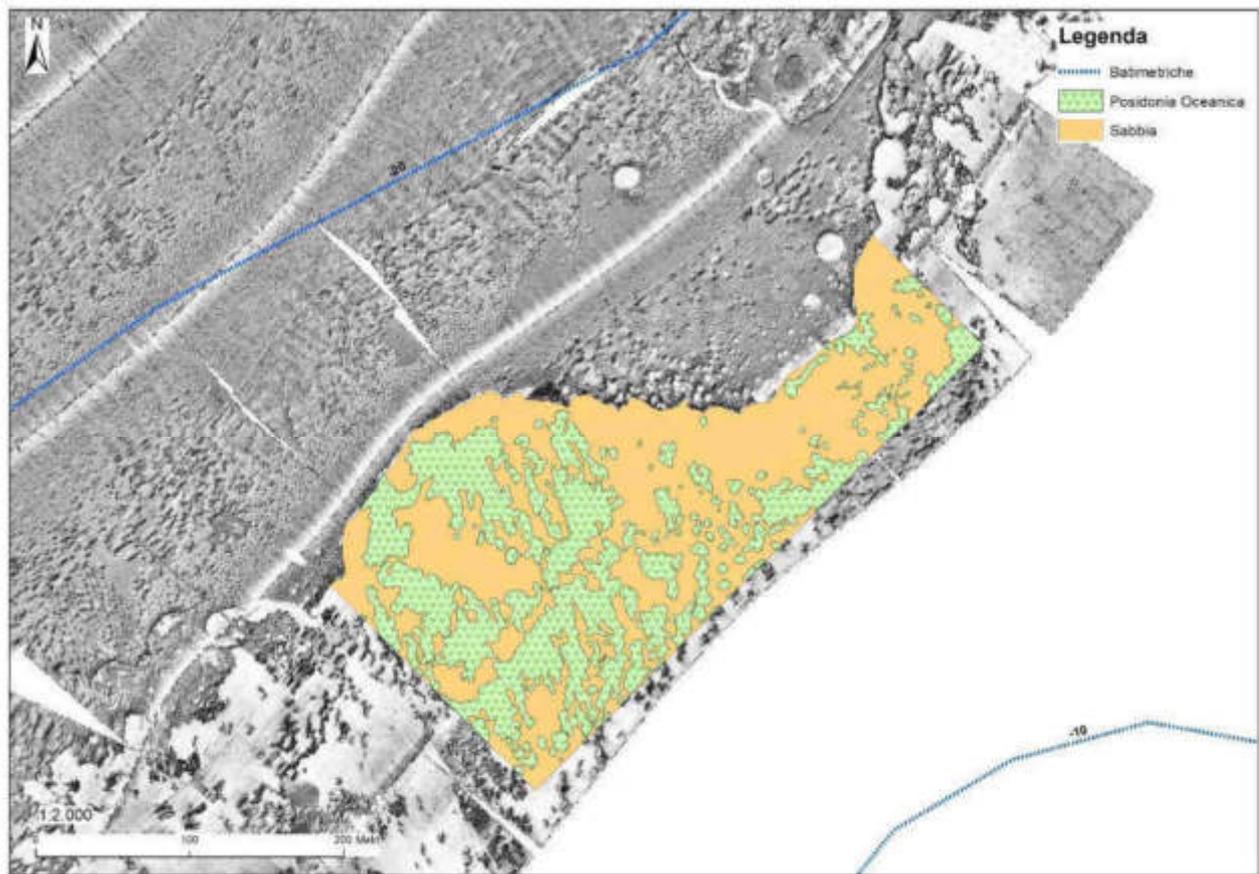


Fig. 20- Carta biocenotica area di Punta Tramontana

L'area individuata mostra una copertura vegetale costituita da una matto frammentata più o meno aggregata e che lascia spazi e radure di sabbia talvolta di ampia dimensione. La superficie dell'area è pari a 6 ha e *Posidonia oceanica* ne occupa circa il 42%. Restano quindi potenzialmente liberi più di 2,5 ha per la piantumazione.

## Stima del numero delle plantule da trapiantare

Al fine di stabilire il numero di plantule, costituite dal fascio fogliare e del suo relativo rizoma, si è realizzata una nuova cartografia di dettaglio della distribuzione del manto vegetale composto da *P. oceanica* all'interno dell'area destinata all'espianto. A tal fine si è effettuato un nuovo rilievo SSS sull'area sovrapponendo i tracciati al 50% per una migliore definizione. Successivamente si è effettuato un transetto ROV lungo l'asse mediano dell'area interessata. Il ROV era provvisto di quattro telecamere di cui due erano GoPro ad alta definizione: una orientata rispetto al fondale con un angolo di circa 140° settata in continuo per riprese di filmati e un'altra con orientamento ortogonale per fotografie campionate ogni 5 secondi.

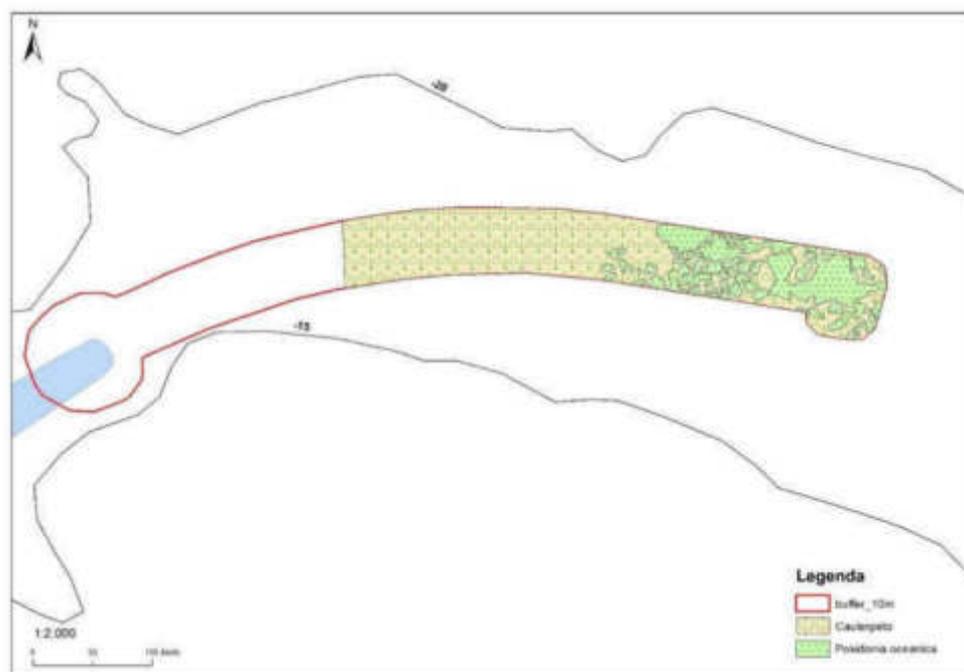


Fig. 21- Cartografia di *P. oceanica* del tratto interessato alla costruzione del molo

Le stazioni e i dati di densità relativa si riferiscono a quelli rilevati nella campagna del 2016\*

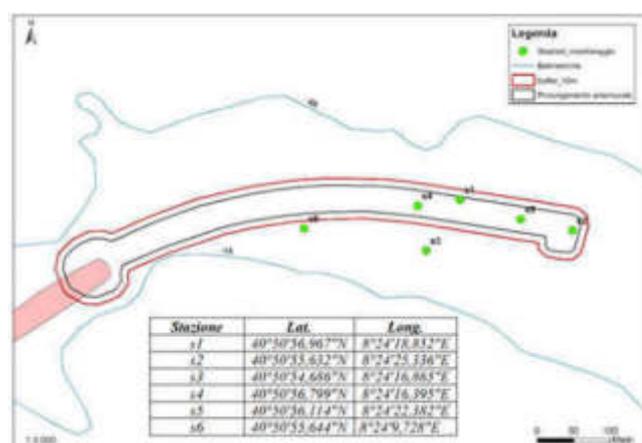


Fig. 22- Stazioni della campagna del 2016\* per il rilievo dei dati fenologici

\*.Mappatura e analisi della prateria di *Posidonia oceanica* nelle acque antistanti la diga di sovrallutto del Porto civico di Porto Torres e progetto degli interventi di trapianto e compensazione - 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 Dicembre 2016

La nuova cartografia, coerente con quella del 2016 evidenzia come la matte sia localizzata soprattutto nella porzione distale dell'area interessata ai lavori. L'area più prossimale all'attuale molo risulta essere invece un ampio caulerpeto. La cartografia evidenzia anche come la matte sia molto discontinua alternando ad ampi catini di sabbia e ciottoli tratti di manto vegetale di compattezza variabile.

Le fotografie ortogonali lungo il transetto ROV nella parte mediana dell'area ammontano a 405. Si è voluto valutare attraverso di esse il grado di copertura della fanerogama marina lungo un gradiente costa-largo per valutarne la variabilità.

L'analisi dei fotogrammi permette di effettuare alcune considerazioni sul tipo di distribuzione che la pianta mostra sul fondale in oggetto. In figura 23 si riportano alcuni esempi di fondale occupato da *Posidonia oceanica* con l'indicazione della copertura. La scala utilizzata nel valutare la copertura varia da 0 a 100% secondo intervalli di 5 unità.

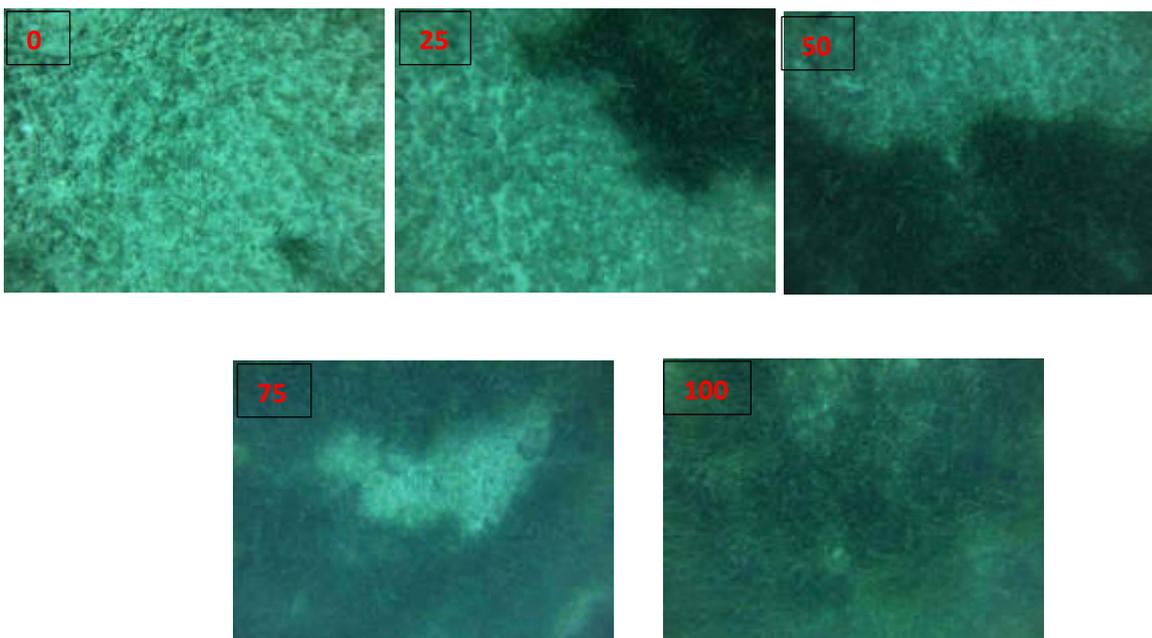


Fig. 23- Esempi di percentuale di copertura da 0 al 100% rilevati nel transetto ROV di Porto Torres (in rosso i valori %)

Tabella 9- Statistica della % di copertura da ortoimmagini GoPro

Statistica della % di copertura da ortoimmagini GoPro	%
No. delle osservazioni	405
media %	<b>32,97</b>
Varianza (n-1)	1050,7
Standard deviation (n-1)	32,4
Skewness (Pearson)	0,6
Kurtosis (Pearson)	-1,03
Limite inf. della media (95%)	29,8
Limite sup. della media (95%)	36,1

La copertura % rilevata tramite la tecnica delle foto ortogonali è pari a 32,97% con un range di tolleranza al 95% di probabilità pari a  $\pm 9,6\%$ .

Tabella 10- numero di foto e frequenza con cui i valori di copertura ricadono all'interno delle soglie di riferimento

soglia inferior e %	soglia superior e %	Frequenza	Freq. relativa
0	10	140	0,3457
10	20	33	0,0815
20	30	39	0,0963
30	40	31	0,0765
40	50	29	0,0716
50	60	30	0,0741
60	70	16	0,0395
70	80	27	0,0667
80	90	30	0,0741
90	99	24	0,0593
100		6	0,0148

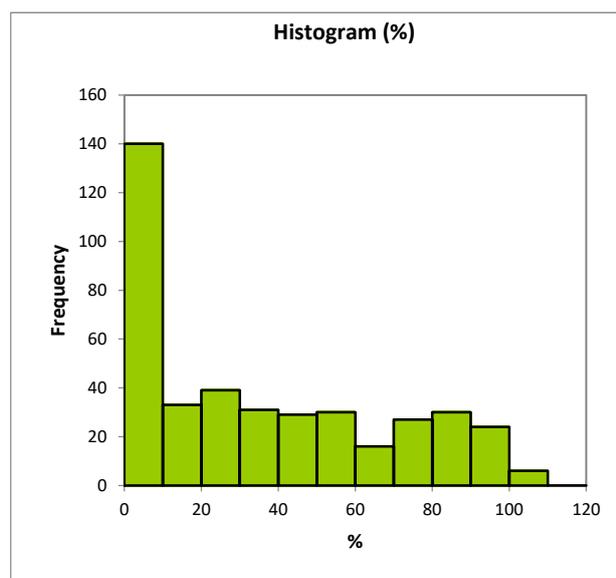


Figura 24- numero di foto e frequenza con cui i valori di copertura ricadono all'interno delle soglie di riferimento

La tabella e l'istogramma relativo riportano il numero di foto e la frequenza con cui i valori di copertura ricadono all'interno delle soglie di riferimento. Si rimarca come più di un terzo (34,57%) dei casi ricada nel range 0-10 e solo 1,5 % mostri coperture del 100%. In più, i valori di copertura sotto 50% rappresentano  $\frac{3}{4}$  dei casi totali registrati.

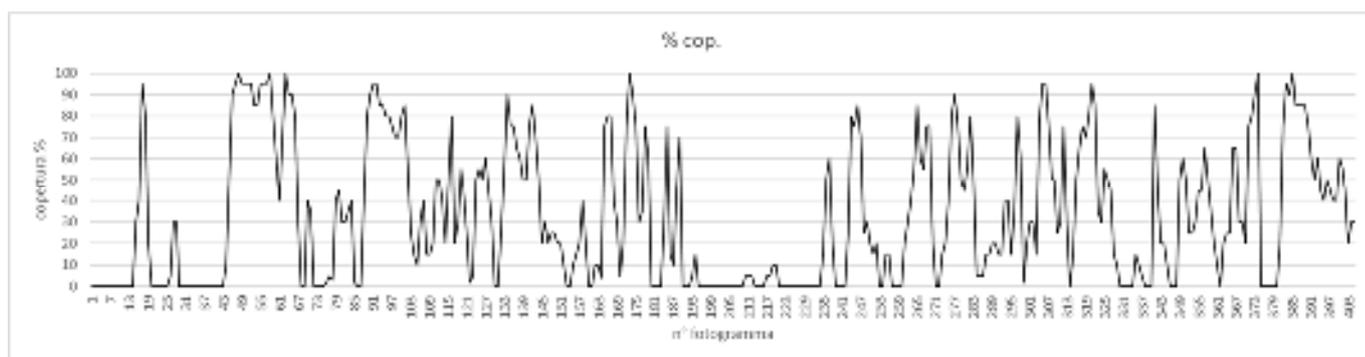


Figura 25- andamento dei valori di copertura % lungo il transetto

La variabilità del popolamento in oggetto è evidenziata dall'andamento dei valori di copertura % lungo il transetto rappresentata dal grafico precedente: si noti come nella parte iniziale e nella mediana sia ricorrente l'assenza della fanerogama e come la matte molto frastagliata e discontinua.

La tabella sottostante mostra i valori di copertura % di *P. oceanica* trovata sul campo relativi alle stazioni individuate nella campagna 2016; riporta altresì le densità relative ed assolute della stessa campagna. Sono inoltre indicate le densità assolute calcolate con i dati della copertura % tramite ortofoto ROV del 2021 e i loro limiti fiduciali al 95% di probabilità.

superficie posidonia interna al buffer (m <sup>2</sup> )	7049
copertura media % (ROV- 405 foto)	32,97%
limite inferiore della media (95%)	29,8%
limite superiore della media (95%)	36,1%

Tabella 11- valori di copertura % di *P. oceanica* relative alle stazioni monitorate nel 2016

Stazione	Copertura % rilevata sul campo	Densità relativa su campo (fsc m <sup>-2</sup> )	±st. dev.	Densità assoluta campo (fsc m <sup>-2</sup> )	Densità assoluta ROV (fsc m <sup>-2</sup> )	Limite inferiore (95%)	Limite superiore (95%)
(2016)	(2016)	(2016)	(2016)	(2016)	(2021)	(2021)	(2021)
s1	45	70	15,5	32	23	20,9	25,3
s2	30	57,5	14,7	17	19	17,1	20,8
s3	25	51,3	22,2	13	17	15,3	18,5
s4	25	46,3	22,9	12	15	13,8	16,7
s5	30	48,1	20,2	14	16	14,3	17,4
media	31			17,52	18,02	16,3	19,7
		<b>n° di piante-&gt;</b>		<b>123.468</b>	<b><u>126.985</u></b>	<b>114.790</b>	<b>139.180</b>

Considerando che la superficie interessata da *Posidonia oceanica*, stimata dalla cartografia è pari a 0,7 ha e che il valore di densità assoluta è di 18 fasci per m<sup>2</sup>, risulta che il numero di plantule da trapiantare è di circa 127.000. Se si impiegasse la tecnica delle stuoie per il trapianto di tutte le talee, le indicazioni prevedrebbero una media di 20 piante per m<sup>2</sup>. Si dovrebbe quindi disporre quindi di una superficie di 6300 m<sup>2</sup> con limiti di probabilità (95%) da 5700 a 7000 m<sup>2</sup>.

La tecnica di trapianto, tuttavia, permette di incrementare la densità della piantumazione che ovviamente riduce la superficie d'impianto. Si rimarca come i dati rilevati nel 2016 conducono a una stima di circa 123.500 piante, valore dello stesso ordine di grandezza di quello individuato nell'ultima campagna avvalorandone l'attuale significatività.

## ANALISI GRANULOMETRICA DEI SEDIMENTI

Sono stati analizzati 15 campioni, raccolti rispettivamente nella zona di Punta Tramontana (B3, Ptr1, Ptr2), Abbacurrente (B1, B2, AC0, AC1), Acque Dolci (AD1, AD2), Fiume Santo (FSG, FSG2, FSp), e nell'area di espanto (PT1, PT2, PT3), per analisi composizionali e granulometriche.

I campioni evidenziano in modo esaustivo la situazione dei sedimenti presenti sul fondo delle aree investigate. Di questi sarà presentata un'analisi dettagliata di ogni sito.

Di ogni area (tranne Acquedolci) è stato fatto sia il rilievo Side Scan Sonar (SSS) che ROV.



Fig. 26- Mappa campioni

### Metodologia di analisi

I campioni raccolti sono stati lavati con acqua demineralizzata ed asciugati in forno a 60 °C per circa 24h. Successivamente sono stati setacciati con una pila di setacci (certificati in acciaio inox, rispondenti alle specifiche ASTM11/70 ed alle raccomandazioni ISO) a maglie decrescenti (di  $\frac{1}{2} \phi$  dove  $\phi$  rappresenta il  $-\log_2$  del diametro dei grani) da 2000 a 63 micron. L'analisi granulometrica è stata fatta utilizzando il programma GRADISTAT (ver. 8.0, © Copyright Simon Blott, 2000).

## Punta Tramontana

### Rilievi SSS

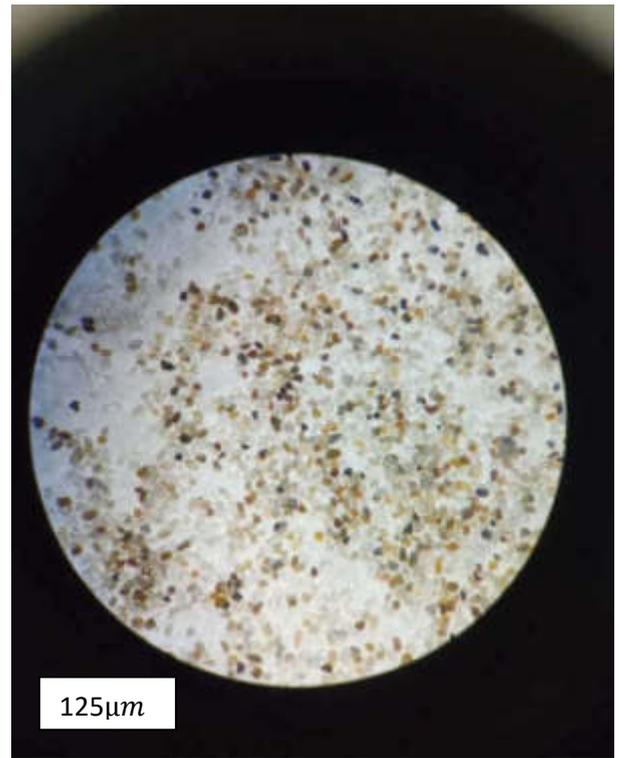
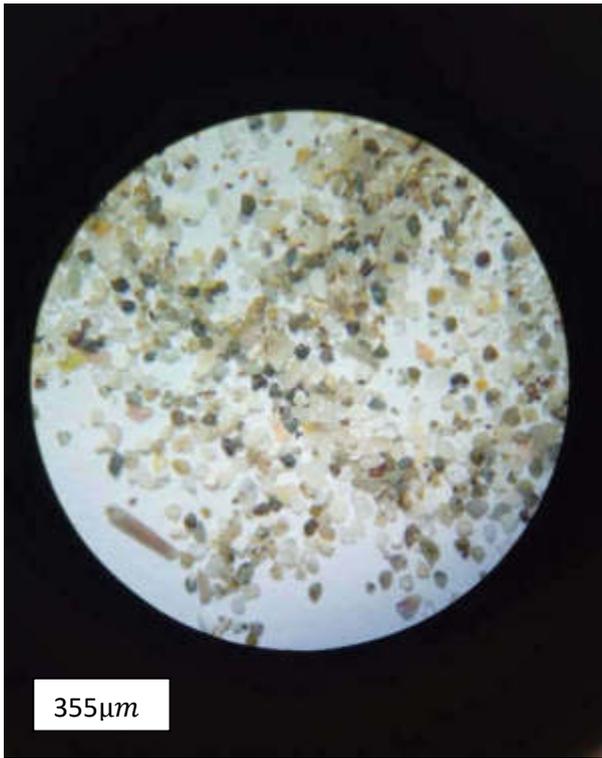


Fig. 27- Mosaico SSS Punta Tramontana

Il mosaico SSS dell'area mette in evidenza come questa sia caratterizzata per la maggior parte da una prateria a *Posidonia oceanica* (L.) Delile, abbastanza compatta (medio backscatter). Nella porzione verso costa della prateria sono presenti diffuse intra-matte, alcune di perfetta forma circolare, riempite da sabbia (forte backscatter). Proseguendo verso costa il limite inferiore della prateria appare discontinuo ed interessato da aree a forte backscatter. Queste possono essere interpretate come la prosecuzione verso largo dei sedimenti sabbiosi che circondano Punta Tramontana. Nella sabbia non sono riconoscibili strutture sedimentarie ma solo affioramenti isolati di *Posidonia oceanica*.

### Analisi granulometriche

Il campione B3 raccolto ad una profondità di 17 m è costituito da una sabbia fine (media 188 micron), unimodale, simmetrica, mesocurtica, molto ben selezionata. La composizione è silicoclastica al 90%; il 10% è di frazione organica. Il quarzo costituisce il 46% dei granuli, il feldspato il 12% e i femici il 14%. L'origine di questa sabbia è dal disfacimento della falesia di Punta Tramontana, costituita da arenarie eoliche e conglomerati fluviali a clasti di vulcaniti. Non sono state osservate microplastiche o vetri.



*Fig. 28- Composizione del campione B3*

		<b>SAMPLE STATISTICS</b>				
SIEVING ERROR: 0,0%				ANALYST & DATE: Nicole Ruberti, 08.05.2021		
SAMPLE IDENTITY: <b>B3</b>				TEXTURAL GROUP: Slightly Gravelly Sand		
SAMPLE TYPE: Unimodal, Well Sorted				SEDIMENT NAME: Slightly Very Fine Gravelly Fine Sand		
				<b>GRAIN SIZE DISTRIBUTION</b>		
MODE 1:	$\mu\text{m}$	$n$	GRAVEL: 0,3%			
MODE 2:			SAND: 99,7%			
MODE 3:			MUD: 0,0%			
D <sub>10</sub> :	134,7	2,019	COARSE SAND: 0,9%			
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	194,5	2,362	MEDIUM SAND: 6,0%			
D <sub>90</sub> :	246,7	2,892	FINE SAND: 89,2%			
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	1,831	1,432	V FINE SAND: 3,1%			
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	111,9	0,873	V COARSE GRAVEL: 0,0%			
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	1,425	1,238	COARSE GRAVEL: 0,0%			
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	67,32	0,511	COARSE SILT: 0,0%			
			MEDIUM GRAVEL: 0,0%			
			FINE GRAVEL: 0,0%			
			V FINE GRAVEL: 0,3%			
			V COARSE SAND: 0,5%			
			CLAY: 0,0%			
		<b>METHOD OF MOMENTS</b>		<b>FOLK &amp; WARD METHOD</b>		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$n$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	216,2	194,3	2,363	188,1	2,410	Fine Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	191,8	1,399	0,484	1,294	0,372	Well Sorted
SKEWNESS ( $S_k$ ):	11,36	2,997	-2,997	-0,086	0,086	Symmetrical
KURTOSIS ( $K$ ):	157,3	22,44	22,44	1,004	1,004	Mesokurtic

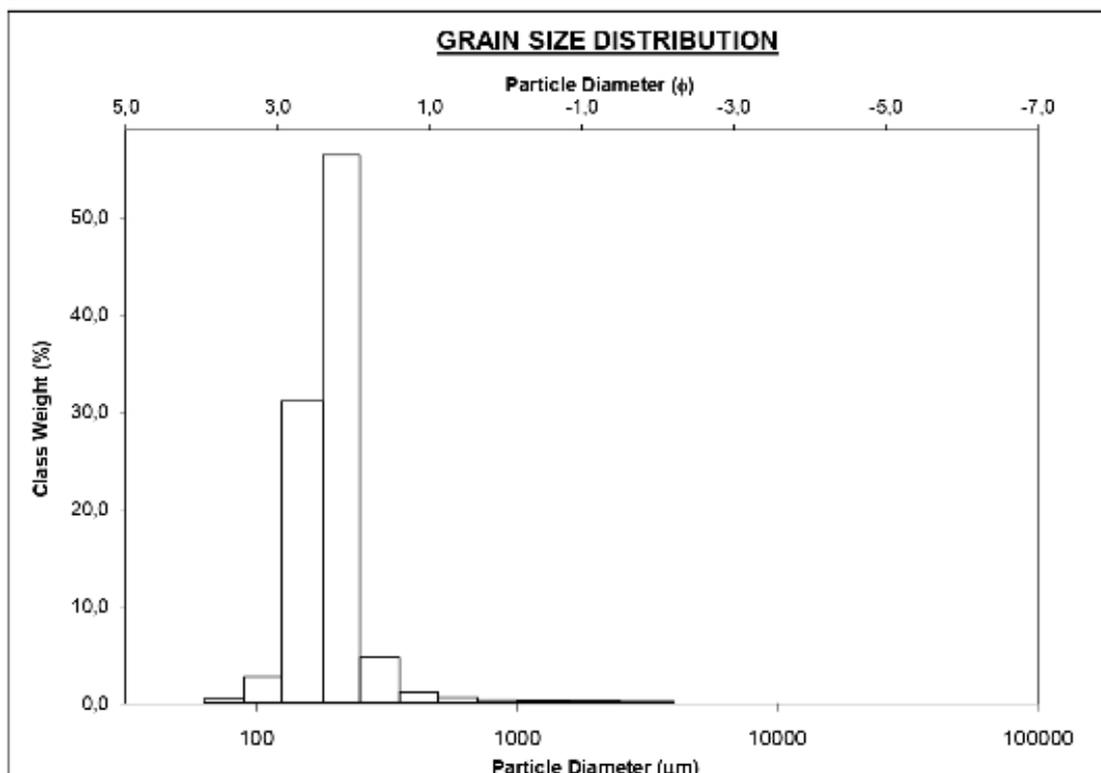


Fig. 29- Distribuzione della classe granulometrica del campione B3

Il campione *Ptr1* raccolto ad una profondità di 16.2 m è costituito da una sabbia fine (media 210 micron), unimodale, simmetrica, mesocurtica, molto ben selezionata. La composizione è silicoclastica al 87%; il 13% è di frazione organica. Il quarzo costituisce il 53% dei granuli e i femici il 16%.

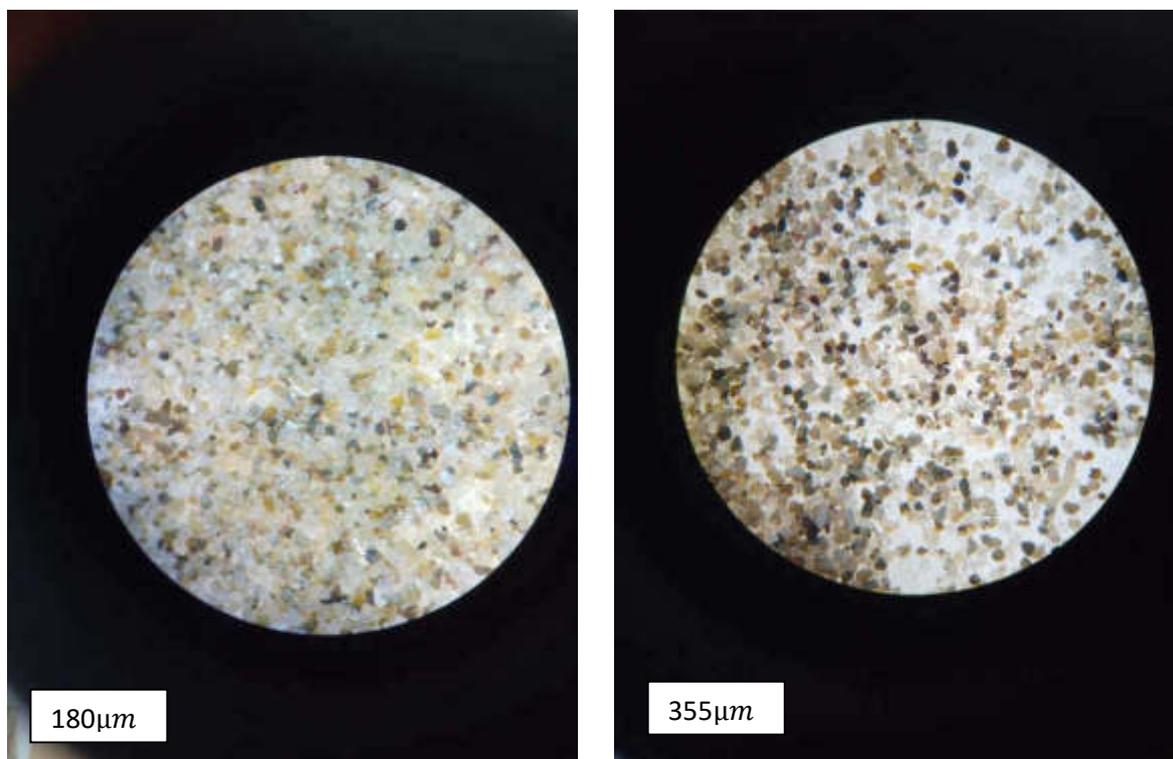


Fig. 30- Composizione del campione *Ptr1*

		<b>SAMPLE STATISTICS</b>				
SIEVING ERROR: -0,1%						
SAMPLE IDENTITY: <b>Ptr1</b>		ANALYST & DATE: Nicole Ruberti, 04-06-2021				
SAMPLE TYPE: Unimodal, Well Sorted		TEXTURAL GROUP: Slightly Gravelly Sand				
SEDIMENT NAME: Slightly Very Fine Gravelly Fine Sand						
	$\mu\text{m}$	$n$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	215,0	2,237	GRAVEL: 0,4%	COARSE SAND: 1,1%		
MODE 2:			SAND: 99,5%	MEDIUM SAND: 14,0%		
MODE 3:			MUD: 0,1%	FINE SAND: 81,5%		
D <sub>10</sub> :	150,7	1,700		V FINE SAND: 2,7%		
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	211,6	2,241	V COARSE GRAVEL: 0,0%	V COARSE SILT: 0,0%		
D <sub>90</sub> :	307,8	2,730	COARSE GRAVEL: 0,0%	COARSE SILT: 0,0%		
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	2,042	1,606	MEDIUM GRAVEL: 0,0%	MEDIUM SILT: 0,0%		
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	157,1	1,030	FINE GRAVEL: 0,0%	FINE SILT: 0,0%		
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	1,276	1,170	V FINE GRAVEL: 0,4%	V FINE SILT: 0,0%		
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	51,62	0,351	V COARSE SAND: 0,1%	CLAY: 0,0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$n$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	239,2	215,8	2,212	210,3	2,249	Fine Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	201,7	1,412	0,498	1,283	0,360	Well Sorted
SKEWNESS ( $S_k$ ):	11,56	1,527	-1,527	0,037	-0,037	Symmetrical
KURTOSIS ( $K'$ ):	155,2	24,34	24,34	1,804	1,804	Very Leptokurtic

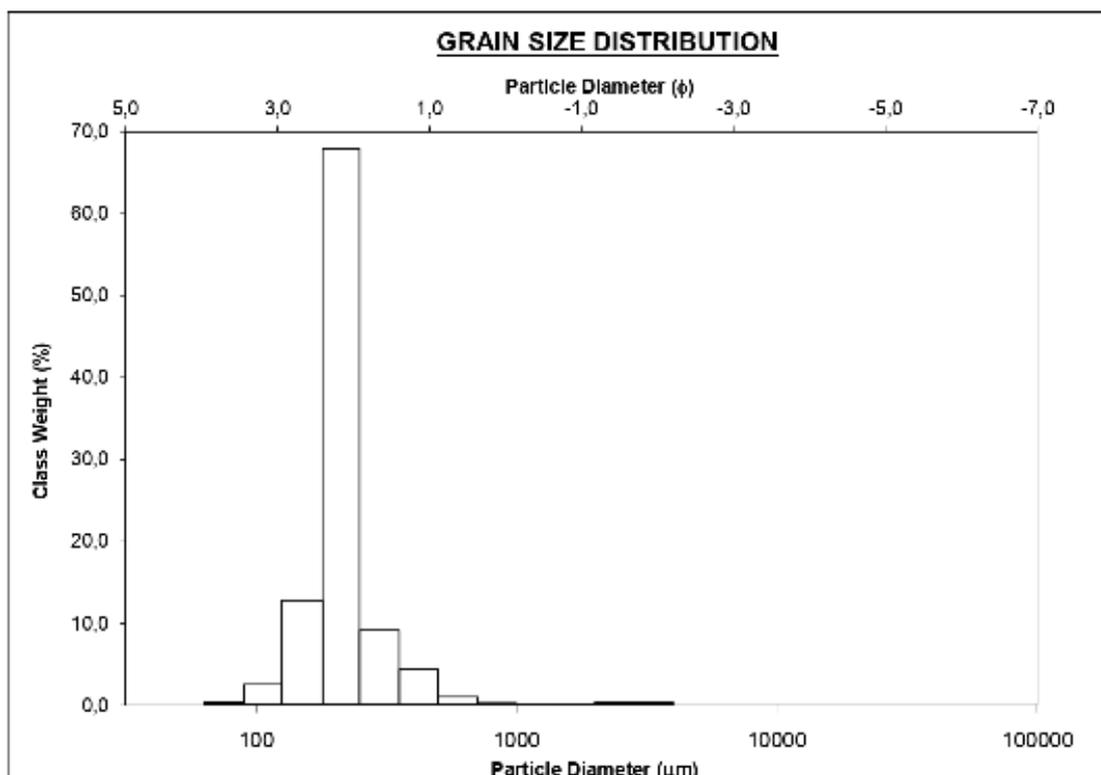
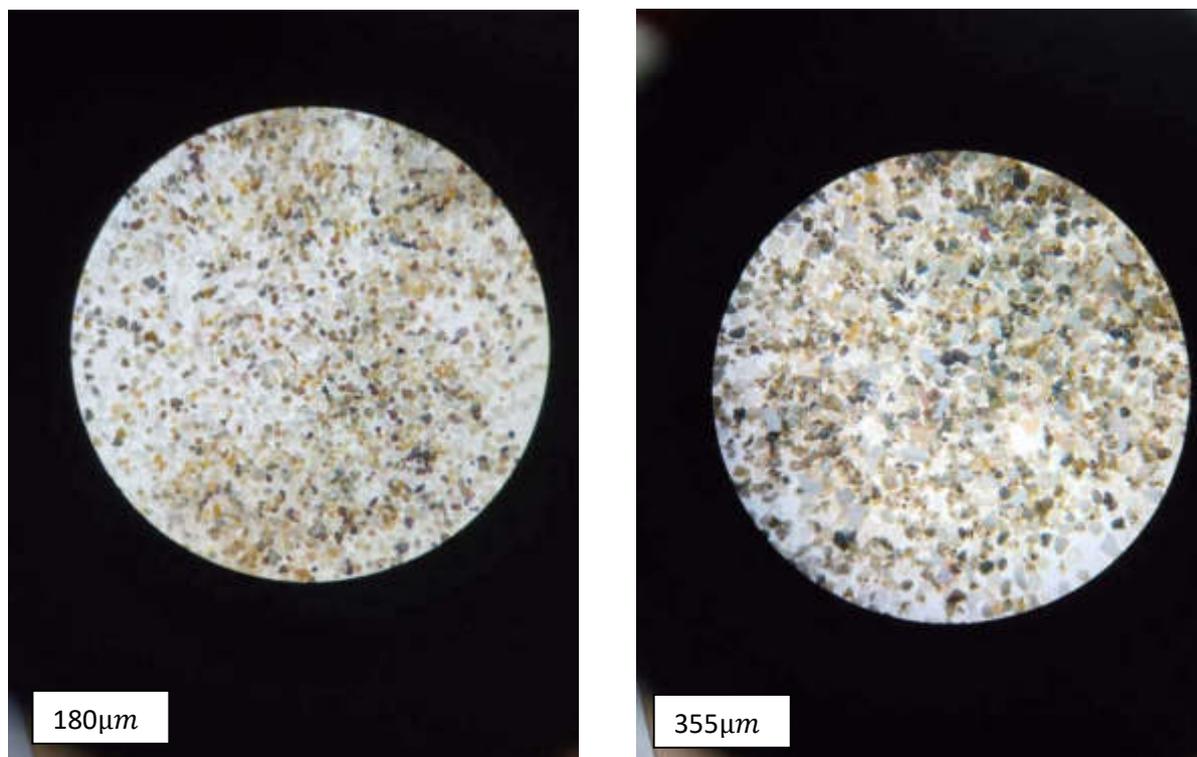


Fig. 31- Distribuzione della classe granulometrica del campione Ptr1

Il campione *Ptr2* raccolto ad una profondità di 15 m è costituito da una sabbia fine (media 206 micron), unimodale, simmetrica, mesocurtica, molto ben selezionata. La composizione è silicoclastica al 64%; il 36% è di frazione organica. Il quarzo costituisce il 31% dei granuli, i feldspati il 5% e i femici il 14%.



*Fig. 32- Composizione del campione Ptr2*

		<b>SAMPLE STATISTICS</b>				
SIEVING ERROR: -0,1%						
SAMPLE IDENTITY: <b>Ptr2</b>		ANALYST & DATE: Nicole Ruberti, 04-06-2021				
SAMPLE TYPE: Unimodal, Very Well Sorted		TEXTURAL GROUP: Slightly Gravelly Sand				
SEDIMENT NAME: Slightly Very Fine Gravelly Fine Sand						
	$\mu\text{m}$	$n$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	215,0	2,237	GRAVEL: 0,2%	COARSE SAND: 1,0%		
MODE 2:			SAND: 99,7%	MEDIUM SAND: 6,3%		
MODE 3:			MUD: 0,1%	FINE SAND: 89,8%		
D <sub>10</sub> :	151,1	2,015		V FINE SAND: 2,4%		
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	207,9	2,266	V COARSE GRAVEL: 0,0%	V COARSE SILT: 0,0%		
D <sub>90</sub> :	247,5	2,727	COARSE GRAVEL: 0,0%	COARSE SILT: 0,0%		
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	1,638	1,353	MEDIUM GRAVEL: 0,0%	MEDIUM SILT: 0,0%		
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	96,40	0,712	FINE GRAVEL: 0,0%	FINE SILT: 0,0%		
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	1,243	1,149	V FINE GRAVEL: 0,2%	V FINE SILT: 0,0%		
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	45,37	0,314	V COARSE SAND: 0,3%	CLAY: 0,0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$n$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	222,9	207,1	2,271	206,6	2,275	Fine Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	143,9	1,343	0,426	1,228	0,296	Very Well Sorted
SKEWNESS ( $S_k$ ):	13,83	0,841	-0,841	-0,064	0,064	Symmetrical
KURTOSIS ( $K$ ):	244,3	34,23	34,23	1,571	1,571	Very Leptokurtic

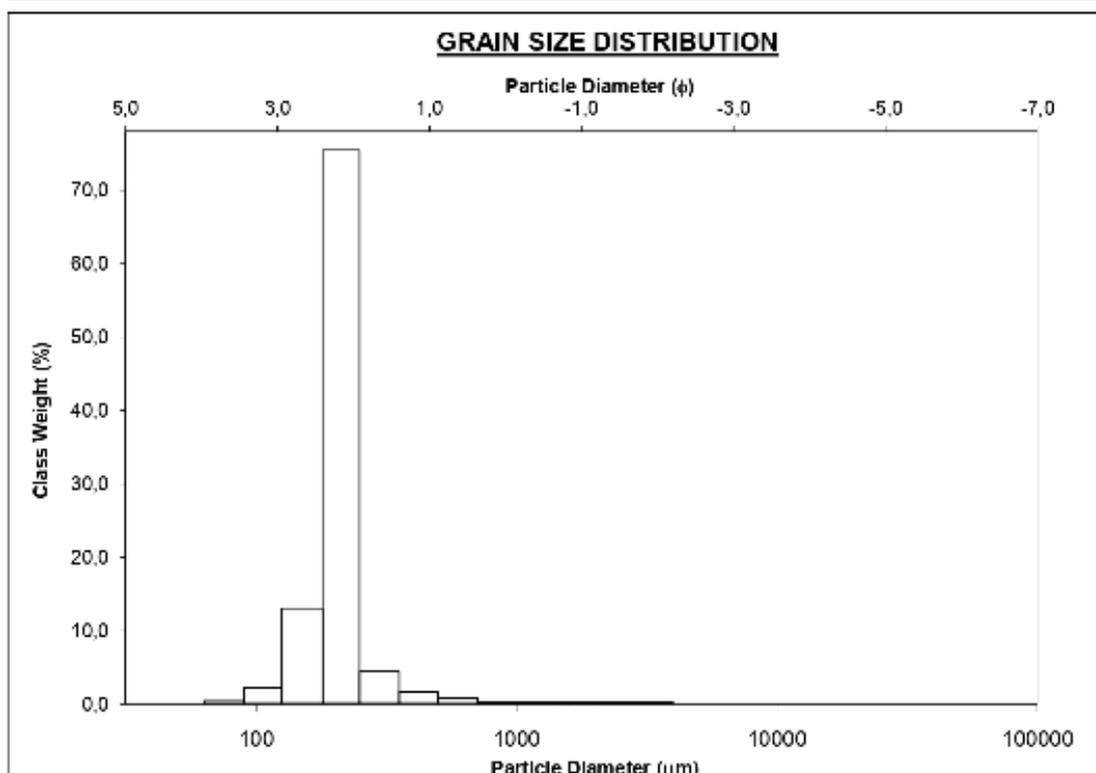


Fig. 33- Distribuzione della classe granulometrica del campione Ptr2

**Interpretazione:** il fondo campionato è una vasta radura al limite interno della prateria a *Posidonia oceanica*. La mancanza di strutture sedimentarie nell'area di campionamento indica che la selezione granulometrica deve necessariamente essere avvenuta in fase deposizionale. Le rare strutture sedimentarie sono concentrate nella porzione meridionale dell'area. È un deposito legato alle dinamiche della costa ad esso adiacente.

Utilizzando la formula di Zanke, le correnti in grado di muovere sedimenti silicoclastici della granulometria determinata variano tra 0.13-0.30 m/sec.

## Abbacurrente

### Rilievi SSS

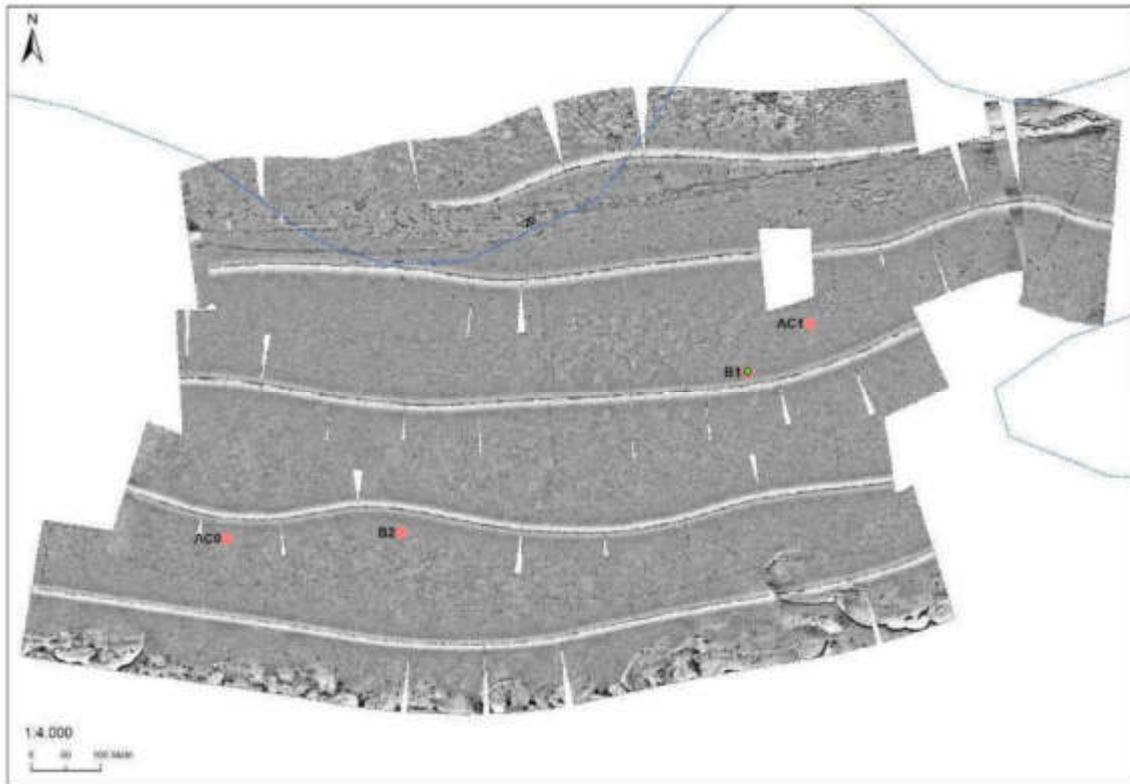
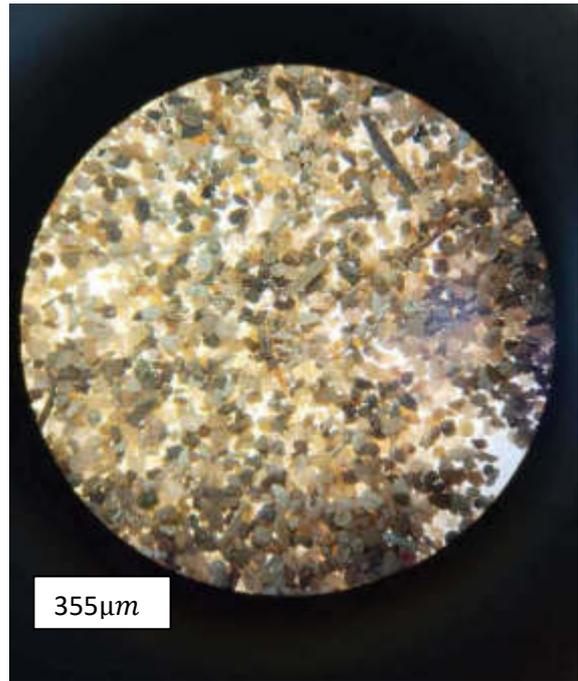
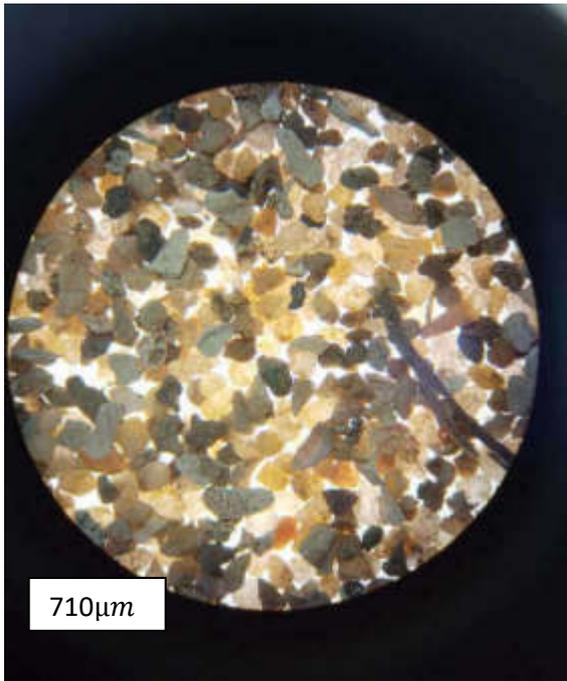


Fig. 34- Mosaico SSS Abbacurrente

L'area è suddivisibile in tre zone, nella porzione settentrionale si osserva la traccia di un cavidotto sottomarino. Subito a nord di questa sono presenti degli affioramenti rocciosi interpretabili come beachrock delimitati da prateria a *Posidonia oceanica*. La porzione centrale del mosaico è caratterizzata da un medio backscatter e da una facies acustica che conferisce al mosaico un aspetto maculato. Questa può essere interpretata come matte morta. La porzione meridionale è caratterizzata da anse a forte backscatter associabili a sabbia.

### Analisi granulometriche

Il campione *B1* è stato prelevato alla profondità di 20 m, è costituito dall'81% di sabbia silicoclastica e dal 19% di bioclasti. Granulometricamente è bimodale e composto da una sabbia molto grossolana (media 893 micron) con un 15% di ghiaia fine (2225 micron). La componente ghiaiosa è data da bioclasti sia in frammenti che interi. Quella silicoclastica è rappresentata dal 38% di quarzo, 14% feldspati e dal 16% di femici. La bimodalità è legata all'abbondante presenza di bioclasti.



*Fig. 35- Composizione del campione B1*

SIEVING ERROR: -0,4%			<b>SAMPLE STATISTICS</b>			
SAMPLE IDENTITY: <b>B1</b>			ANALYST & DATE: Nicole Ruberti, 08.05.2021			
SAMPLE TYPE: Bimodal, Poorly Sorted			TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand			
SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Very Coarse Sand						
	$\mu\text{m}$	$n$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	1500,0	-0,582	GRAVEL: 15,0%	COARSE SAND: 20,4%		
MODE 2:	215,0	2,237	SAND: 84,1%	MEDIUM SAND: 10,3%		
MODE 3:			MUD: 0,9%	FINE SAND: 9,2%		
$D_{10}$ :	236,1	-1,173		V FINE SAND: 1,0%		
MEDIAN or $D_{50}$ :	1132,3	-0,179	V COARSE GRAVEL: 0,0%	V COARSE SILT: 0,1%		
$D_{90}$ :	2255,2	2,082	COARSE GRAVEL: 0,0%	COARSE SILT: 0,1%		
$(D_{90} / D_{10})$ :	9,551	-1,775	MEDIUM GRAVEL: 0,0%	MEDIUM SILT: 0,1%		
$(D_{90} - D_{10})$ :	2019,1	3,256	FINE GRAVEL: 0,0%	FINE SILT: 0,1%		
$(D_{75} / D_{25})$ :	2,635	-1,101	V FINE GRAVEL: 15,0%	V FINE SILT: 0,1%		
$(D_{75} - D_{25})$ :	984,1	1,398	V COARSE SAND: 43,2%	CLAY: 0,1%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$n$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	1220,8	895,3	0,159	893,3	0,163	Coarse Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	785,7	2,505	1,325	2,349	1,232	Poorly Sorted
SKEWNESS ( $S_k$ ):	0,755	-1,661	1,661	-0,378	0,378	Very Fine Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	3,330	7,945	7,945	1,128	1,128	Leptokurtic

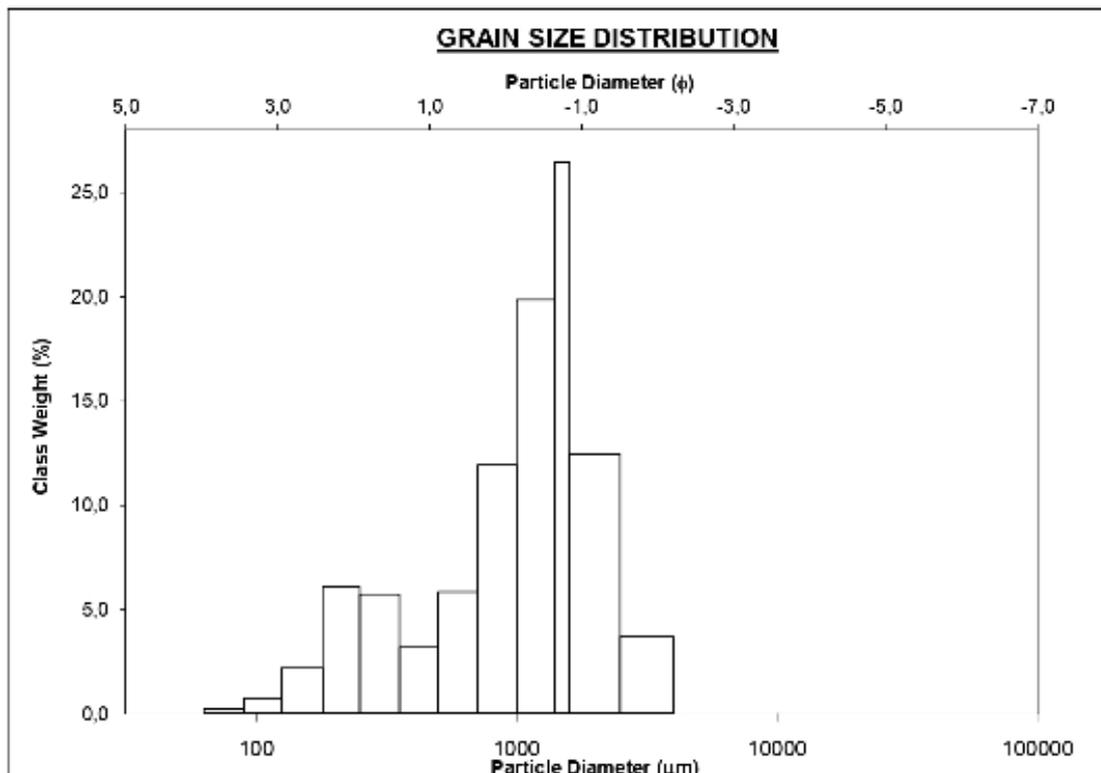


Fig. 36- Distribuzione della classe granulometrica del campione B1

Il campione B2 raccolto nell'area di Abbacurrente ad una profondità di 19 m, è una sabbia media (media 451 micron), bimodale, mesocurtica, scarsamente selezionata. È costituita dall' 81% di sabbia silicoclastica e dal 19% di bioclasti. La componente ghiaiosa è data da bioclasti, rappresentati soprattutto da frammenti di *Posidonia Oceanica*. Il quarzo rappresenta il 27% della frazione silicoclastica, il 12% è rappresentato da feldspati e il 22% da femici.

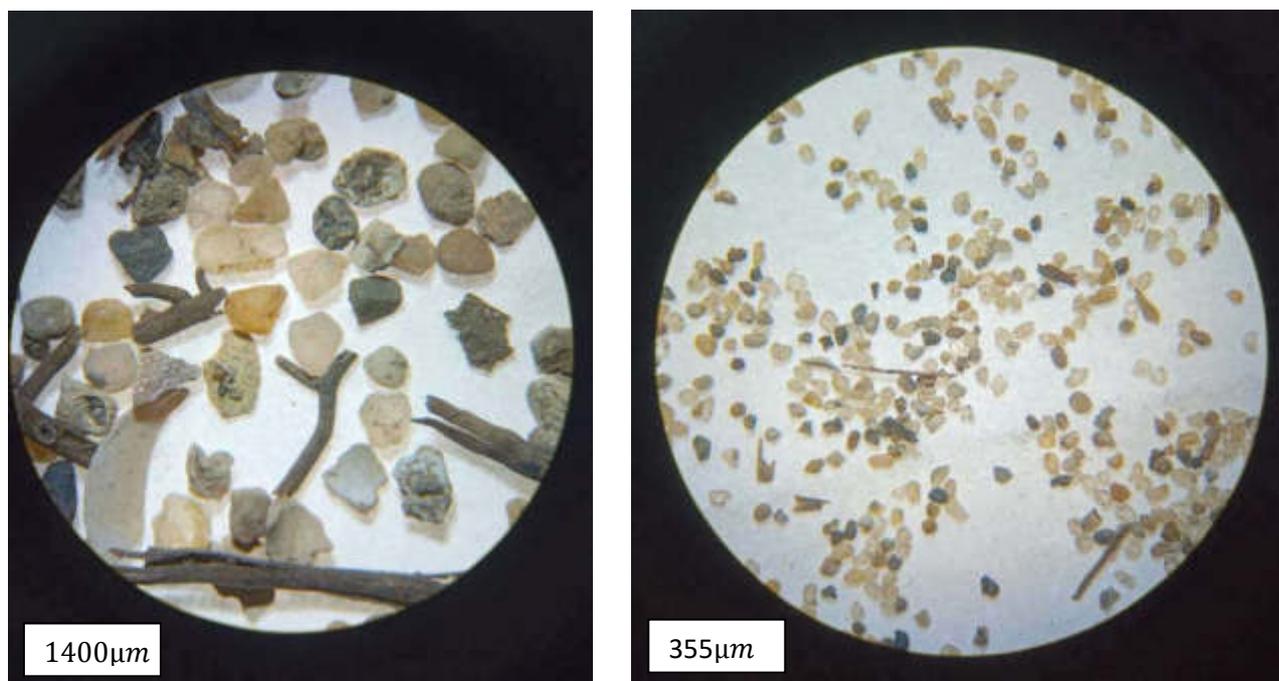


Fig. 37- Composizione del campione B2

		<b>SAMPLE STATISTICS</b>				
SIEVING ERROR: -1,2%						
SAMPLE IDENTITY: <b>B2</b>		ANALYST & DATE: Nicole Ruberti, 06.05.2021				
SAMPLE TYPE: Bimodal, Poorly Sorted		TEXTURAL GROUP: Slightly Gravelly Sand				
SEDIMENT NAME: Slightly Very Fine Gravelly Coarse Sand						
	$\mu\text{m}$	$n$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	605,0	0,747	GRAVEL: 3,1%	COARSE SAND: 38,0%		
MODE 2:	215,0	2,237	SAND: 94,8%	MEDIUM SAND: 26,7%		
MODE 3:			MUD: 2,1%	FINE SAND: 17,5%		
$D_{10}$ :	158,9	-0,162		V FINE SAND: 3,6%		
MEDIAN or $D_{50}$ :	500,4	0,999	V COARSE GRAVEL: 0,0%	V COARSE SILT: 0,4%		
$D_{90}$ :	1118,6	2,654	COARSE GRAVEL: 0,0%	COARSE SILT: 0,4%		
$(D_{90} / D_{10})$ :	7,041	-16,417	MEDIUM GRAVEL: 0,0%	MEDIUM SILT: 0,4%		
$(D_{90} - D_{10})$ :	959,7	2,816	FINE GRAVEL: 0,0%	FINE SILT: 0,4%		
$(D_{75} / D_{25})$ :	2,778	4,311	V FINE GRAVEL: 3,1%	V FINE SILT: 0,4%		
$(D_{75} - D_{25})$ :	470,1	1,474	V COARSE SAND: 8,9%	CLAY: 0,4%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$n$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	612,6	430,8	1,215	451,0	1,149	Medium Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	536,9	2,544	1,347	2,155	1,108	Poorly Sorted
SKEWNESS ( $S_k$ ):	2,712	-1,495	1,495	-0,175	0,175	Fine Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	12,68	8,289	8,289	1,035	1,035	Mesokurtic

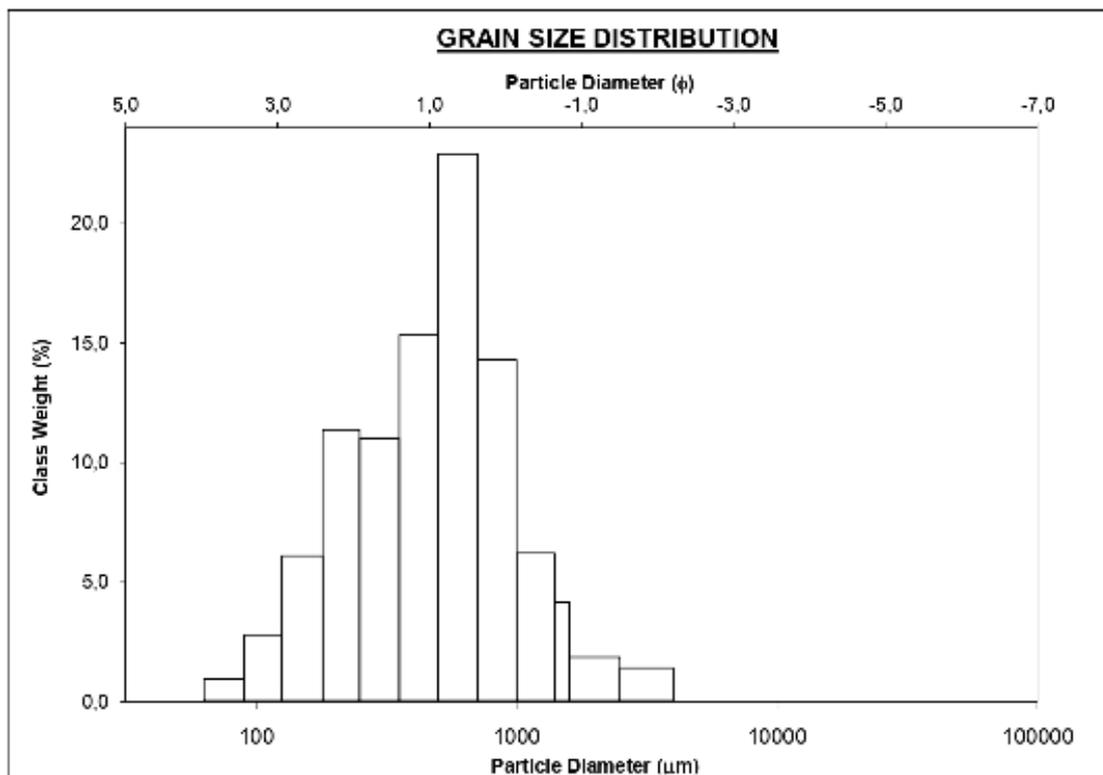


Fig. 38- Distribuzione della classe granulometrica del campione B2

Il campione AC0 è stato prelevato alla profondità di 18.2 m, è costituito dal 72% di sabbia silicoclastica e dal 28% di bioclasti. Granulometricamente è bimodale e composto da una sabbia grossolana (605 micron) con circa il 6% di ghiaia fine (2225 micron). La componente ghiaiosa è data da bioclasti sia in frammenti che interi. Quella silicoclastica è rappresentata dal 24% di quarzo, 15% feldspati e dal 20% di femici.

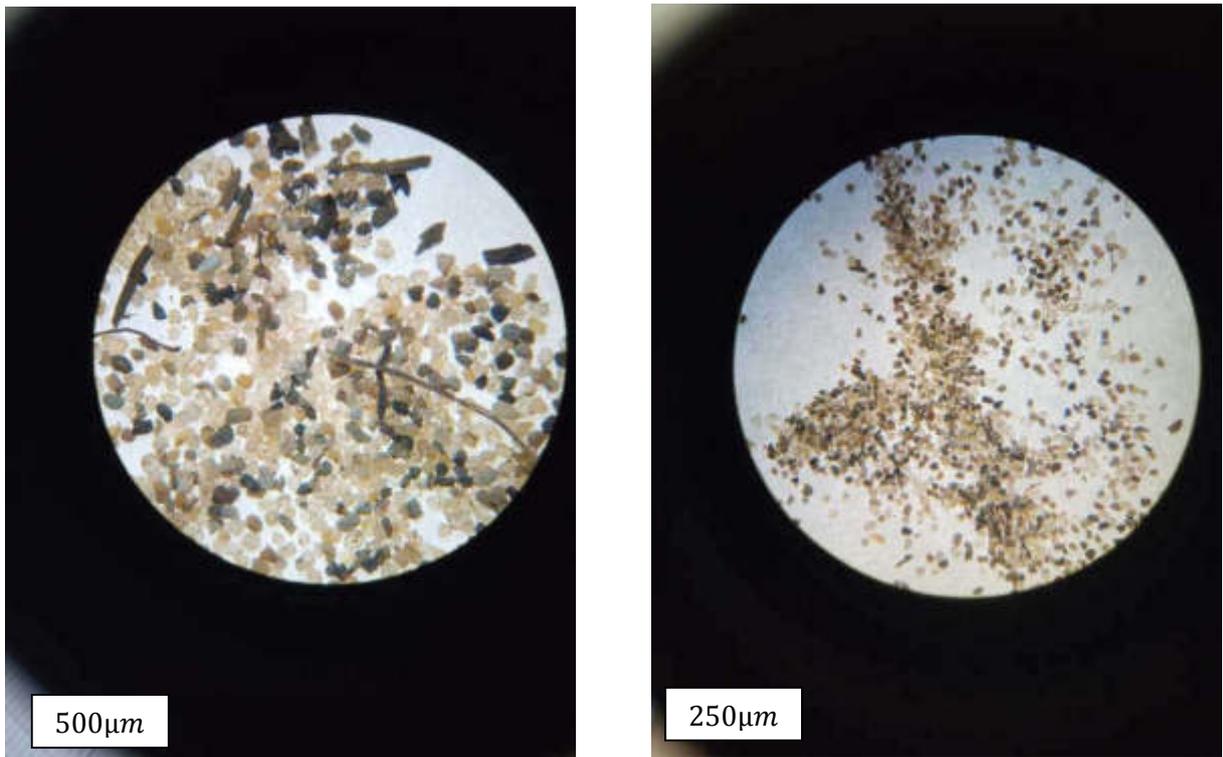


Fig. 39- Composizione del campione AC0

			<b>SAMPLE STATISTICS</b>			
SIEVING ERROR: -0,5%			ANALYST & DATE: Nicole Ruberti, 04-05-2021			
SAMPLE IDENTITY: <b>ACO</b>			TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand			
SAMPLE TYPE: Bimodal, Poorly Sorted			SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Coarse Sand			
			GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
	$\mu\text{m}$	$n$	GRAVEL: 6,2%		COARSE SAND: 34,3%	
MODE 1:	605,0	0,747	SAND: 92,0%		MEDIUM SAND: 26,6%	
MODE 2:	215,0	2,237	MUD: 1,8%		FINE SAND: 19,7%	
MODE 3:			V COARSE GRAVEL: 0,0%		V FINE SAND: 4,1%	
$D_{10}$ :	152,9	-0,363	COARSE GRAVEL: 0,0%		V COARSE SILT: 0,3%	
MEDIAN or $D_{50}$ :	474,7	1,075	MEDIUM GRAVEL: 0,0%		COARSE SILT: 0,3%	
$D_{90}$ :	1286,3	2,709	FINE GRAVEL: 0,0%		MEDIUM SILT: 0,3%	
$(D_{90} / D_{10})$ :	8,410	-7,458	V FINE GRAVEL: 6,2%		FINE SILT: 0,3%	
$(D_{90} - D_{10})$ :	1133,3	3,072	V COARSE SAND: 7,2%		V FINE SILT: 0,3%	
$(D_{75} / D_{25})$ :	2,985	4,536			CLAY: 0,3%	
$(D_{75} - D_{25})$ :	488,1	1,578				
			METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$n$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	665,3	433,8	1,205	441,0	1,181	Medium Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	685,4	2,639	1,400	2,340	1,226	Poorly Sorted
SKEWNESS ( $S_k$ ):	2,419	-0,998	0,998	-0,050	0,050	Symmetrical
KURTOSIS ( $K$ ):	8,538	6,805	6,805	1,130	1,130	Leptokurtic

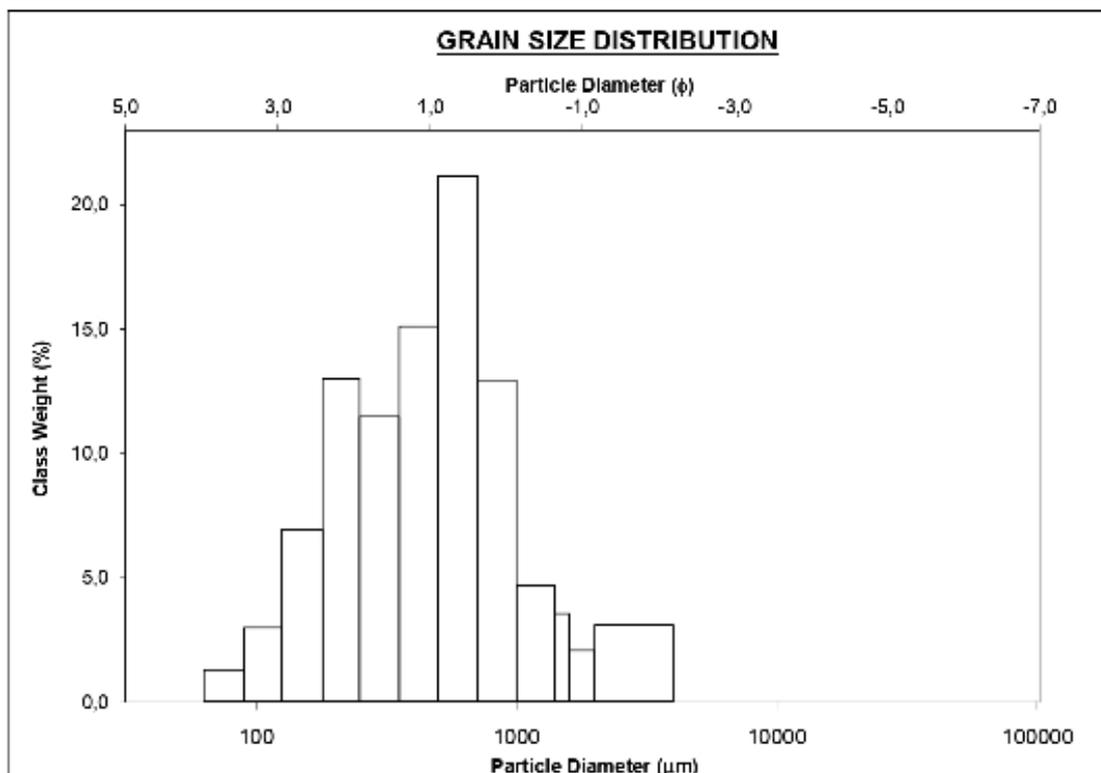


Fig. 40- Distribuzione della classe granulometrica del campione ACO

Il campione AC1 raccolto nell'area di Abbacurrente ad una profondità di 21.5 m è una sabbia molto grossolana (media 590 micron), bimodale, scarsamente selezionata.

È costituita dal 48% di sabbia silicoclastica e dal 52% di bioclasti. La componente ghiaiosa è data da bioclasti, rappresentati soprattutto da frammenti di *Posidonia Oceanica*. Il quarzo rappresenta il 24% della frazione silicoclastica, il 15% è rappresentato da feldspati e il 20% da femici.

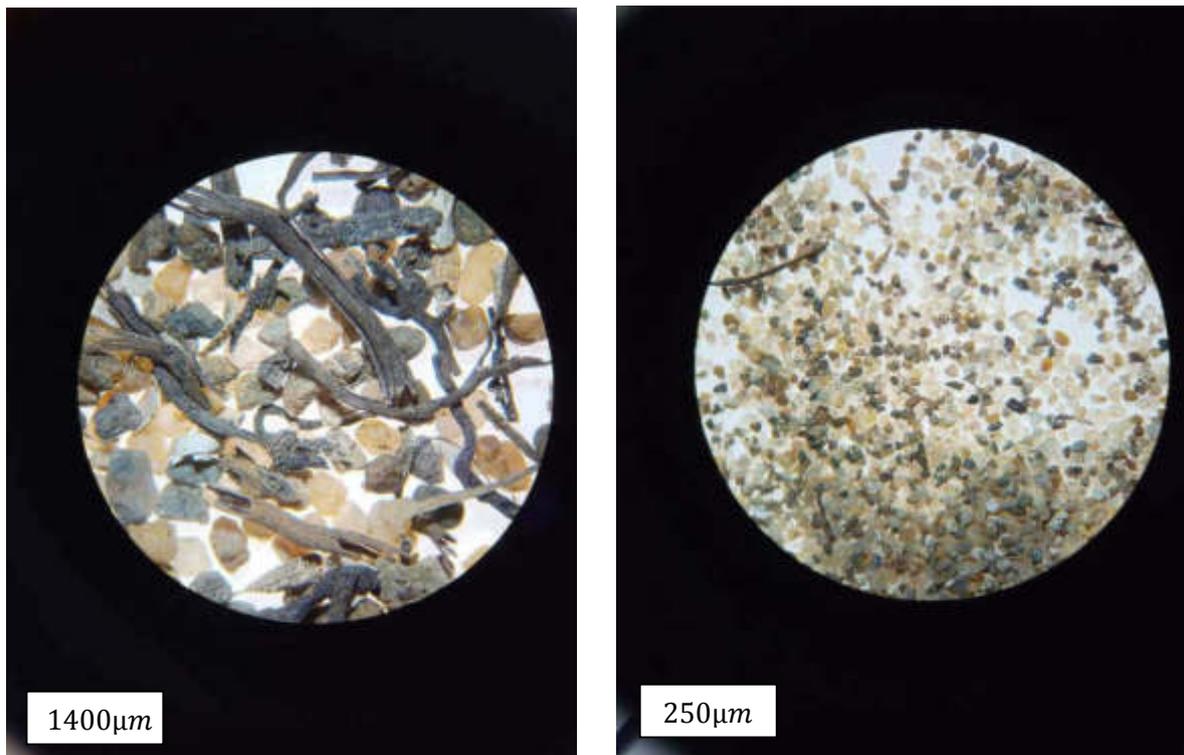


Fig. 41- Composizione del campione AC1

			<b>SAMPLE STATISTICS</b>			
SIEVING ERROR: -0,4%			ANALYST & DATE: Nicole Ruberti, 04-06-2021			
SAMPLE IDENTITY: <b>AC1</b>			TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand			
SAMPLE TYPE: Bimodal, Poorly Sorted			SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Very Coarse Sand			
			GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
	$\mu\text{m}$	$n$	GRAVEL: 9,3%		COARSE SAND: 20,3%	
MODE 1:	1500,0	-0,582	SAND: 88,8%		MEDIUM SAND: 20,1%	
MODE 2:	215,0	2,237	MUD: 1,9%		FINE SAND: 19,7%	
MODE 3:			V COARSE GRAVEL: 0,0%		V FINE SAND: 2,9%	
$D_{10}$ :	178,9	-0,959	COARSE GRAVEL: 0,0%		V COARSE SILT: 0,3%	
MEDIAN or $D_{50}$ :	643,1	0,637	MEDIUM GRAVEL: 0,0%		COARSE SILT: 0,3%	
$D_{90}$ :	1943,5	2,499	FINE GRAVEL: 0,0%		MEDIUM SILT: 0,3%	
$(D_{90} / D_{10})$ :	10,99	-2,607	V FINE GRAVEL: 9,3%		FINE SILT: 0,3%	
$(D_{90} - D_{10})$ :	1766,6	3,458	V COARSE SAND: 25,9%		V FINE SILT: 0,3%	
$(D_{75} / D_{25})$ :	5,008	-5,712	CLAY: 0,3%			
$(D_{75} - D_{25})$ :	1017,4	2,324				
			METHOD OF MOMENTS		FOLK & WARD METHOD	
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$n$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	906,0	555,3	0,849	590,7	0,759	Coarse Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	830,4	2,988	1,579	2,643	1,402	Poorly Sorted
SKEWNESS ( $S_k$ ):	1,348	-0,965	0,965	-0,090	0,090	Symmetrical
KURTOSIS ( $K'$ ):	4,052	5,291	5,291	0,782	0,782	Platykurtic

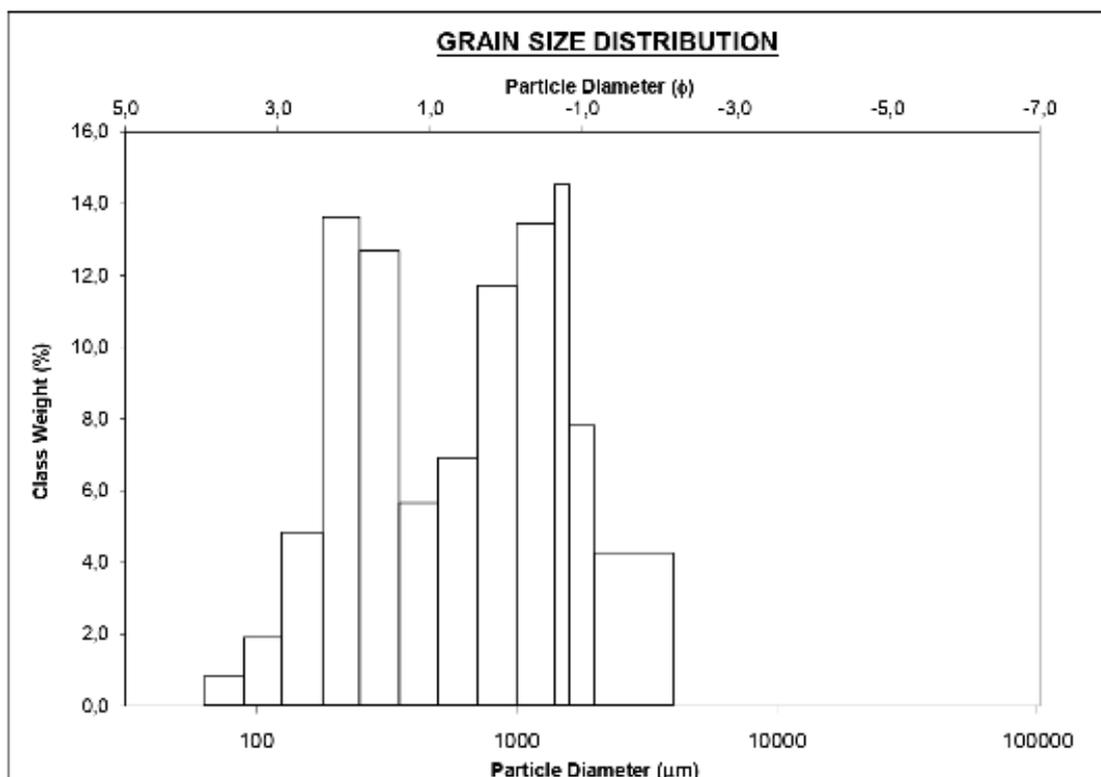


Fig. 42- Distribuzione della classe granulometrica del campione AC1

**Interpretazione:** il fondale dell'area dove sono stati prelevati i sedimenti è caratterizzato in modo quasi esclusivo da matte morte di *Posidonia Oceanica*. La presenza di materiale grossolano può essere legata a correnti di fondo responsabili della distribuzione di sabbie grossolane a profondità di circa 20 m. La presenza di tali correnti, tuttavia, non è documentata da evidenti strutture sedimentarie presenti sul fondo. Il rilievo Side Scan Sonar evidenzia come la facies acustica del fondale non sia omogenea ma a macchie. Questo, anche in relazione alle caratteristiche granulometriche del campione Bennata 2, potrebbe essere imputato a blande strutture di fondo quali dune subacquee a basso rilievo. Tali strutture sono parzialmente visibili anche dai rilievi ROV effettuati nell'area. Utilizzando la formula di Zanke, le correnti in grado di muovere sedimenti silicoclastici della granulometria determinata sono comprese tra 0.12 e 0.23 m/sec.

## Acque Dolci

Il campione *AD1*, prelevato ad una profondità di 19 m, è costituito da un sedimento moderatamente selezionato, unimodale (togliendo la frazione superiore ai 2000 micron) e composto dal 99% da sabbia, di cui la frazione media è il 30% e quella grossolana il 40%. La componente silicoclastica è di circa il 68%, quella bioclastica del 32%. I bioclasti sono costituiti da frammenti di *Posidonia oceanica* (L. Delile); la frazione silicoclastica è costituita dal 24% di quarzo, 8% di feldspati e 16% di femici. Sono stati trovati vetri.

**Interpretazione:** il campione prelevato è relativo ad una area di intra-matte. Utilizzando la formula di Zanke, le correnti in grado di muovere sedimenti silicoclastici della granulometria determinata sono circa di 0,23 m/sec.

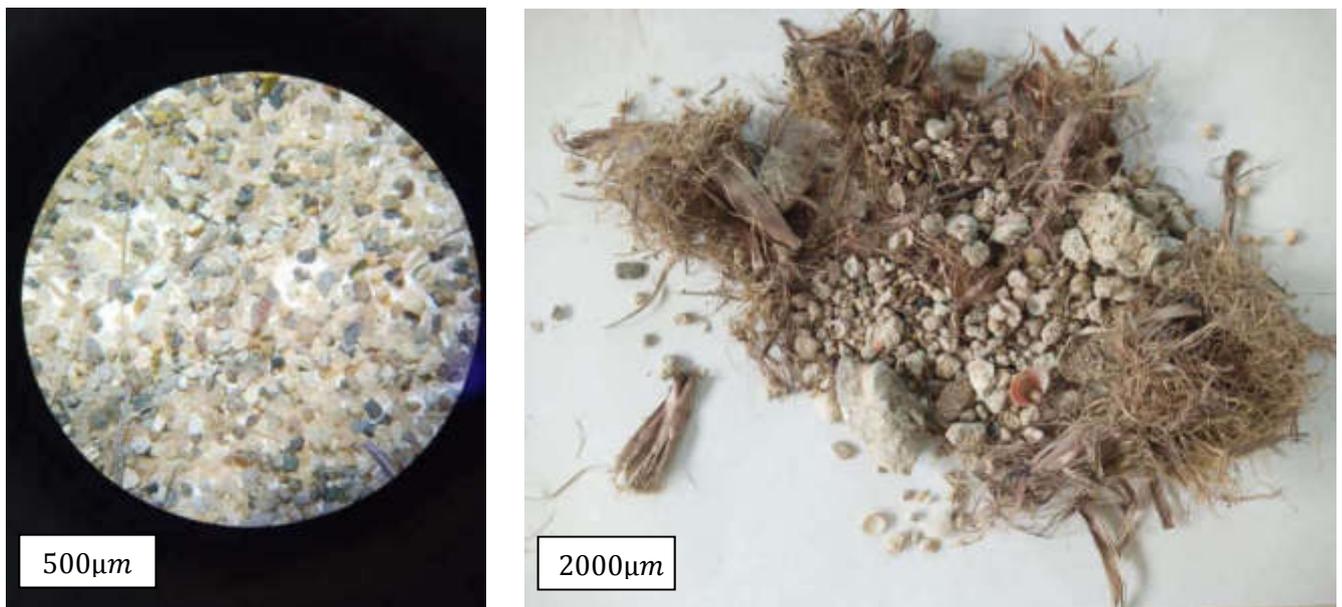


Fig. 43- Composizione del campione AD1

SIEVING ERROR: 0,1%			<b>SAMPLE STATISTICS</b>			
SAMPLE IDENTITY: <b>AD1</b>			ANALYST & DATE: Nicole Ruberti, 04-06-2021			
SAMPLE TYPE: Bimodal, Poorly Sorted			TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand			
SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Coarse Sand						
	$\mu\text{m}$	$n$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	605,0	0,747	GRAVEL: 24,9%	COARSE SAND: 30,1%		
MODE 2:	3000,0	-1,500	SAND: 74,4%	MEDIUM SAND: 23,0%		
MODE 3:			MUD: 0,8%	FINE SAND: 6,6%		
D <sub>10</sub> :	264,5	-1,588		V FINE SAND: 1,7%		
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	689,1	0,537	V COARSE GRAVEL: 0,0%	V COARSE SILT: 0,1%		
D <sub>90</sub> :	3026,6	1,918	COARSE GRAVEL: 0,0%	COARSE SILT: 0,1%		
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	11,44	-1,201	MEDIUM GRAVEL: 0,0%	MEDIUM SILT: 0,1%		
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	2762,0	3,516	FINE GRAVEL: 0,0%	FINE SILT: 0,1%		
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	4,547	-1,220	V FINE GRAVEL: 24,9%	V FINE SILT: 0,1%		
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	1543,0	2,185	V COARSE SAND: 12,9%	CLAY: 0,1%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$n$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	1240,6	795,8	0,329	863,7	0,211	Coarse Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	1070,6	2,673	1,418	2,554	1,353	Poorly Sorted
SKEWNESS ( $S_k$ ):	0,854	-0,746	0,746	0,218	-0,218	Coarse Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	2,029	5,285	5,285	0,805	0,805	Platykurtic

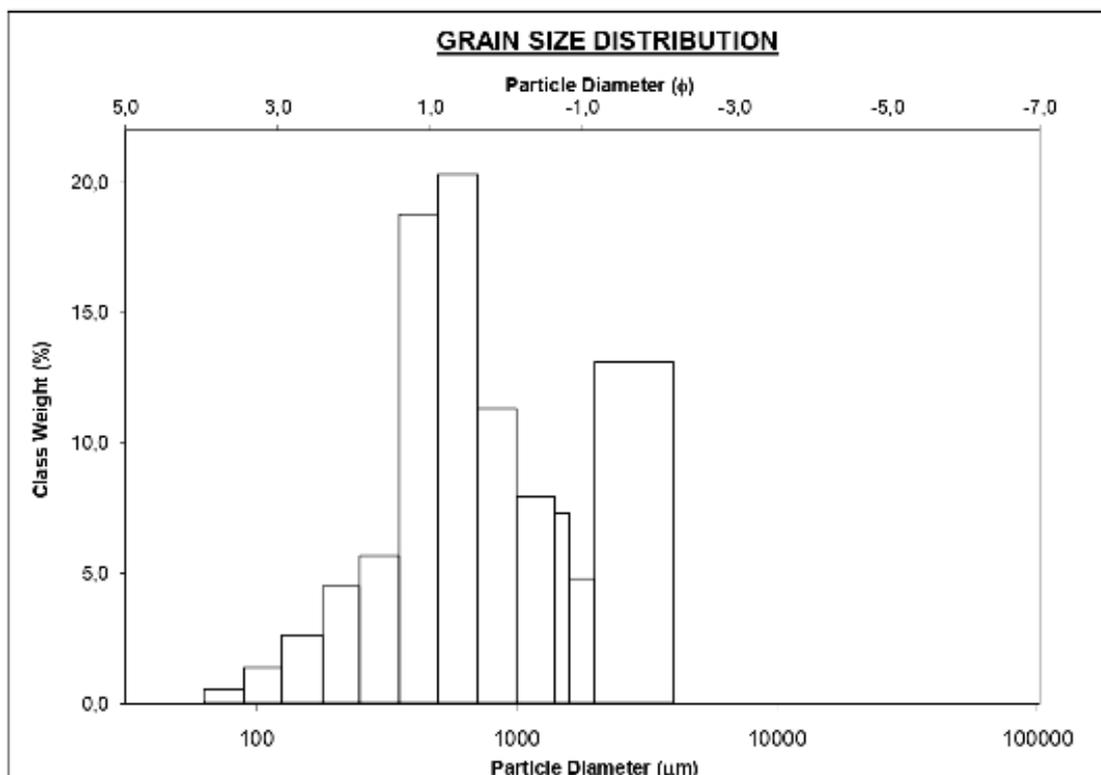


Fig. 44- Distribuzione della classe granulometrica del campione AD1

Il campione AD2, prelevato ad una profondità di 19 m, è costituito da un sedimento ben selezionato, unimodale e composto dal 99.7% da sabbia, di cui la frazione fine è di circa il 79%. I bioclasti, circa il 35%, sono costituiti da frammenti di gusci; i silicoclasti sono costituiti dal 20% di quarzo e 22% femici (non sono stati riconosciuti i feldspati).

**Interpretazione:** il campione prelevato costituisce la continuazione verso nord-ovest del sistema sabbioso della spiaggia di Platamona. La buona selezione e la granulometria fine indicano che sono attive nell'area correnti lungo costa che si attivano in conseguenza di venti di primo quadrante. Utilizzando la formula di Zanke, le correnti in grado di muovere sedimenti silicoclastici della granulometria determinata sono circa di 0,13 m/sec.

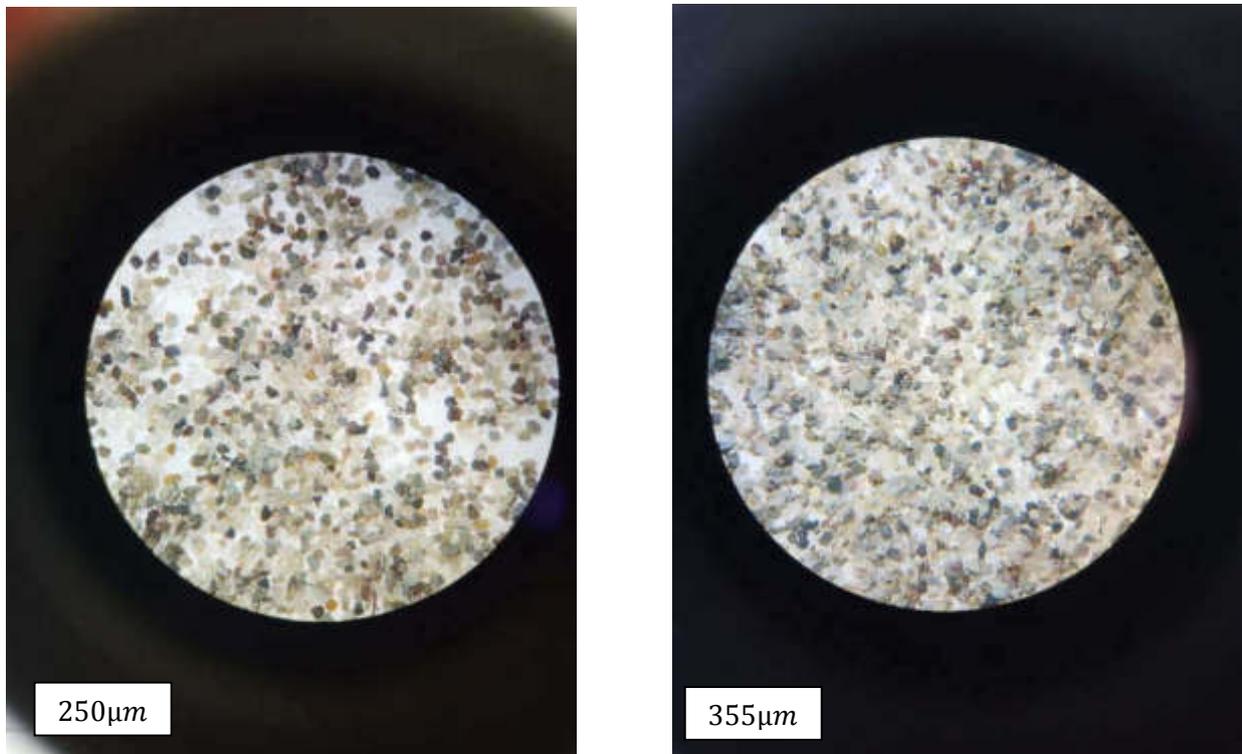


Fig. 45- Composizione del campione AD2

SIEVING ERROR: 0,1%			<b>SAMPLE STATISTICS</b>			
SAMPLE IDENTITY: <b>AD2</b>			ANALYST & DATE: Nicole Ruberti, 04-06-2021			
SAMPLE TYPE: Unimodal, Very Well Sorted			TEXTURAL GROUP: Slightly Gravelly Sand			
SEDIMENT NAME: Slightly Very Fine Gravelly Fine Sand						
	$\mu\text{m}$	$n$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	215,0	2,237	GRAVEL: 0,2%	COARSE SAND: 1,3%		
MODE 2:			SAND: 99,7%	MEDIUM SAND: 18,4%		
MODE 3:			MUD: 0,1%	FINE SAND: 79,2%		
$D_{10}$ :	182,0	1,625		V FINE SAND: 0,6%		
MEDIAN or $D_{50}$ :	218,3	2,196	V COARSE GRAVEL: 0,0%	V COARSE SILT: 0,0%		
$D_{90}$ :	324,3	2,458	COARSE GRAVEL: 0,0%	COARSE SILT: 0,0%		
$(D_{90} / D_{10})$ :	1,782	1,513	MEDIUM GRAVEL: 0,0%	MEDIUM SILT: 0,0%		
$(D_{90} - D_{10})$ :	142,3	0,833	FINE GRAVEL: 0,0%	FINE SILT: 0,0%		
$(D_{75} / D_{25})$ :	1,255	1,161	V FINE GRAVEL: 0,2%	V FINE SILT: 0,0%		
$(D_{75} - D_{25})$ :	49,72	0,328	V COARSE SAND: 0,2%	CLAY: 0,0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$n$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	246,7	228,1	2,132	224,8	2,153	Fine Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	164,2	1,351	0,434	1,269	0,344	Very Well Sorted
SKEWNESS ( $S_k$ ):	12,59	1,649	-1,649	0,254	-0,254	Coarse Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	200,3	28,25	28,25	1,659	1,659	Very Leptokurtic

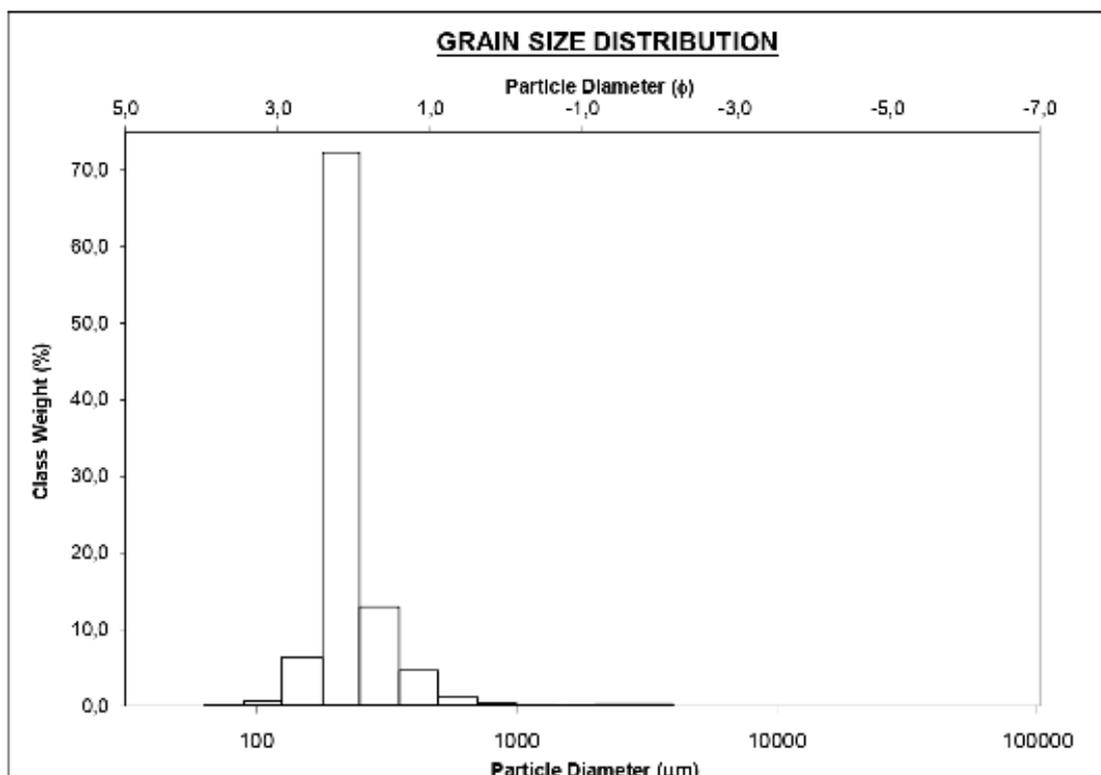


Fig. 46- Distribuzione della classe granulometrica del campione AD2

## Fiume Santo

### Rilievi SSS

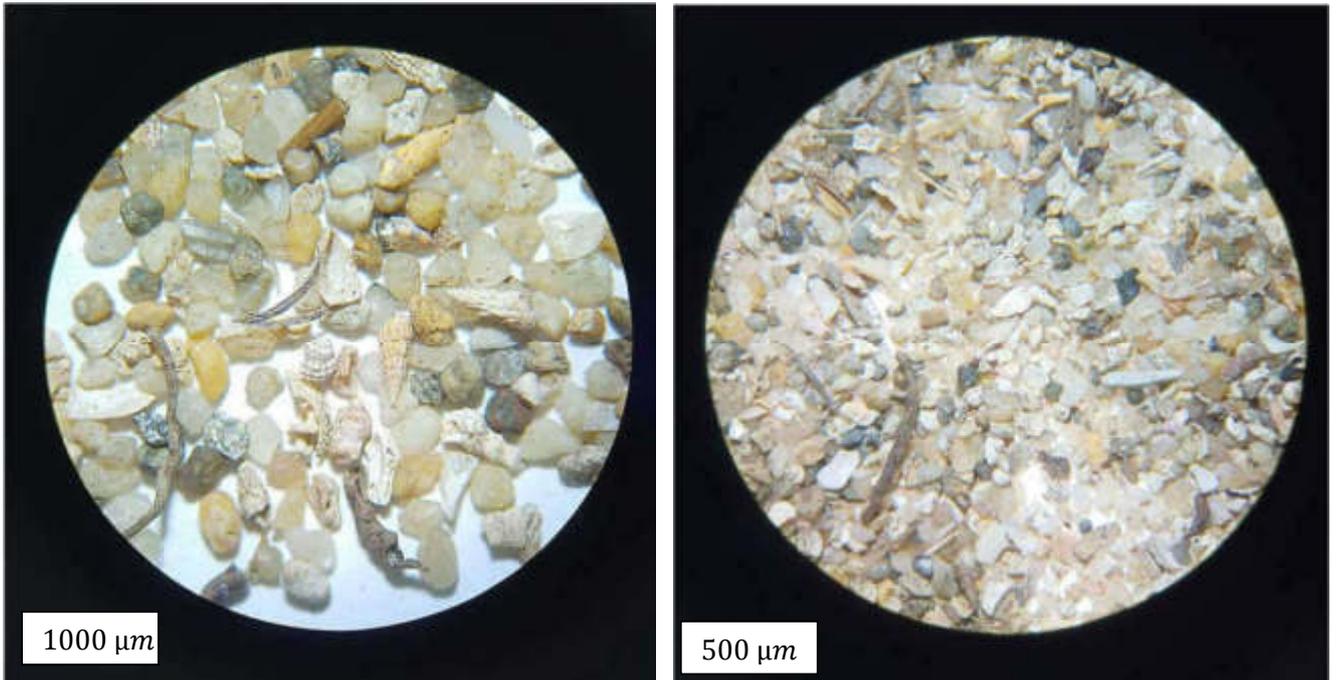


Fig. 47- Mosaico SSS Fiume Santo. (FSp: intra-matte piccola; FSG e FSG2: intra-matte grande)

L'area è rappresentata da una densa prateria a *Posidonia oceanica* (medio backscatter), all'interno della quale sono visibili due grandi intra-matte (medio-forte backscatter) con diametro superiore ai 50 m. Nella parte settentrionale è visibile la traccia di un cavidotto sottomarino. La porzione meridionale è caratterizzata da intra-matte a forte backscatter potenzialmente associabili ad ancoraggi di imbarcazioni.

### Analisi granulometriche

Il campione FSG2 raccolto ad una profondità di 14.5 m, è composto da una sabbia molto grossolana (media 1249 micron), unimodale, leptocurtica, moderatamente selezionata. Il 40% della composizione è rappresentata da una componente silicoclastica, di questa il 22% è rappresentata da quarzo, 6% da feldspati e il 9% da femici. Il restante 60% è di frazione bioclastica. Quest'ultima è rappresentata principalmente da frammenti o gusci interi di gasteropodi e bivalvi.



*Fig. 48- Composizione del campione FSG2*

			<b>SAMPLE STATISTICS</b>			
SIEVING ERROR: 0,3%			ANALYST & DATE: Nicole Ruberti, 25-05-2021			
SAMPLE IDENTITY: <b>FSG2</b>			TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand			
SAMPLE TYPE: Unimodal, Moderately Sorted			SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Very Coarse Sand			
			GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	$\mu\text{m}$	$n$	GRAVEL: 12,2%	COARSE SAND: 20,8%		
MODE 2:			SAND: 87,4%	MEDIUM SAND: 4,6%		
MODE 3:			MUD: 0,3%	FINE SAND: 1,2%		
$D_{10}$ :	616,0	-1,183	V COARSE GRAVEL: 0,0%	V FINE SAND: 0,3%		
MEDIAN or $D_{50}$ :	1321,1	-0,402	COARSE GRAVEL: 0,0%	V COARSE SILT: 0,1%		
$D_{90}$ :	2270,2	0,699	MEDIUM GRAVEL: 0,0%	COARSE SILT: 0,1%		
$(D_{90} / D_{10})$ :	3,685	-0,591	FINE GRAVEL: 0,0%	MEDIUM SILT: 0,1%		
$(D_{90} - D_{10})$ :	1654,2	1,882	V FINE GRAVEL: 12,2%	FINE SILT: 0,1%		
$(D_{75} / D_{25})$ :	1,814	-0,096	V COARSE SAND: 60,5%	V FINE SILT: 0,1%		
$(D_{75} - D_{25})$ :	773,0	0,860	CLAY: 0,1%			
			METHOD OF MOMENTS		FOLK & WARD METHOD	
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$n$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	1432,7	1215,0	-0,281	1249,3	-0,321	Very Coarse Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	716,7	1,866	0,900	1,688	0,756	Moderately Sorted
SKEWNESS ( $S_k$ ):	0,873	-2,489	2,489	-0,171	0,171	Fine Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	3,394	18,08	18,08	1,347	1,347	Leptokurtic

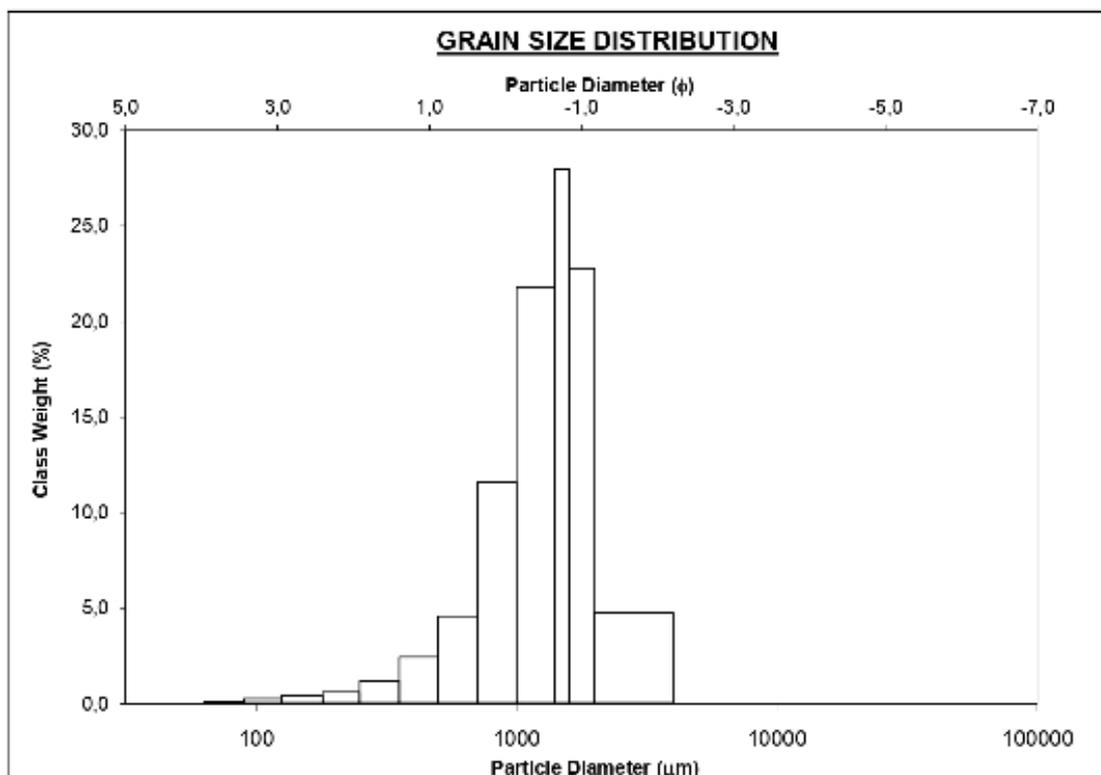


Fig. 49- Distribuzione della classe granulometrica del campione FSG2

Il campione *FSp* raccolto ad una profondità di 18 m è costituito dal 15% di sabbia silicoclastica e dall'85% di bioclasti sia in frammenti che interi (bivalvi e gasteropodi). Il 10 % della frazione silicoclastica è rappresentata da quarzo, mentre il 5% da femici. È una sabbia grossolana (media 529 micron), scarsamente selezionata. Circa il 14% è rappresentato da ghiaia fine (2225 micron), costituita quasi esclusivamente da bioclasti. La frazione silicoclastica è principalmente rappresentata da sabbia fine (100 micron).

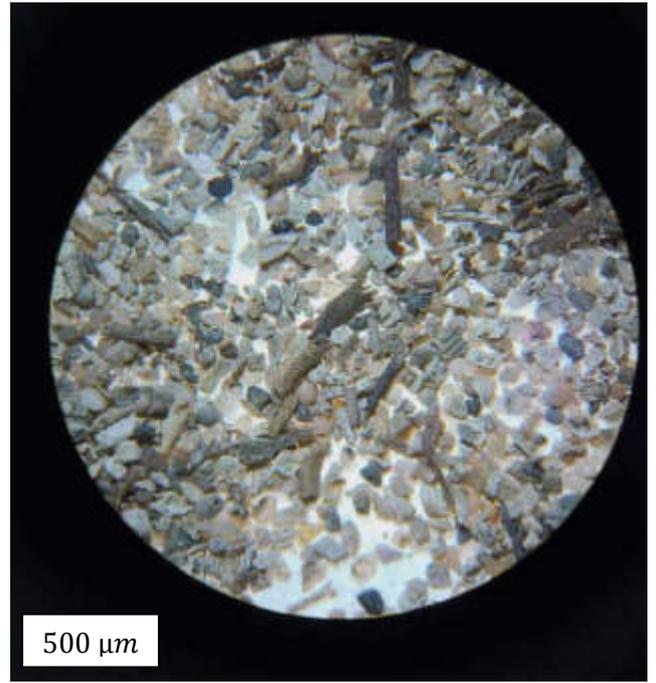


Fig. 50- Composizione del campione *FSp*

SIEVING ERROR: 0,3%			<b>SAMPLE STATISTICS</b>			
SAMPLE IDENTITY: <b>FSp</b>			ANALYST & DATE: Nicole Ruberti, 25-05-2021			
SAMPLE TYPE: Bimodal, Very Poorly Sorted			TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand			
SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Very Coarse Sand						
	$\mu\text{m}$	$n$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	1500,0	-0,582	GRAVEL: 14,4%	COARSE SAND: 20,3%		
MODE 2:	107,5	3,237	SAND: 78,1%	MEDIUM SAND: 15,9%		
MODE 3:			MUD: 7,5%	FINE SAND: 13,1%		
$D_{10}$ :	95,66	-1,307		V FINE SAND: 7,9%		
MEDIAN or $D_{50}$ :	611,0	0,711	V COARSE GRAVEL: 0,0%	V COARSE SILT: 1,2%		
$D_{90}$ :	2474,6	3,386	COARSE GRAVEL: 0,0%	COARSE SILT: 1,2%		
$(D_{90} / D_{10})$ :	25,87	-2,590	MEDIUM GRAVEL: 0,0%	MEDIUM SILT: 1,2%		
$(D_{90} - D_{10})$ :	2378,9	4,693	FINE GRAVEL: 0,0%	FINE SILT: 1,2%		
$(D_{75} / D_{25})$ :	6,561	-4,860	V FINE GRAVEL: 14,4%	V FINE SILT: 1,2%		
$(D_{75} - D_{25})$ :	1168,4	2,714	V COARSE SAND: 20,8%	CLAY: 1,2%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$n$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	970,9	455,6	1,134	528,6	0,920	Coarse Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	964,2	4,624	2,209	4,058	2,021	Very Poorly Sorted
SKEWNESS ( $S_k$ ):	1,143	-1,174	1,174	-0,243	0,243	Fine Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	3,071	4,175	4,175	1,054	1,054	Mesokurtic

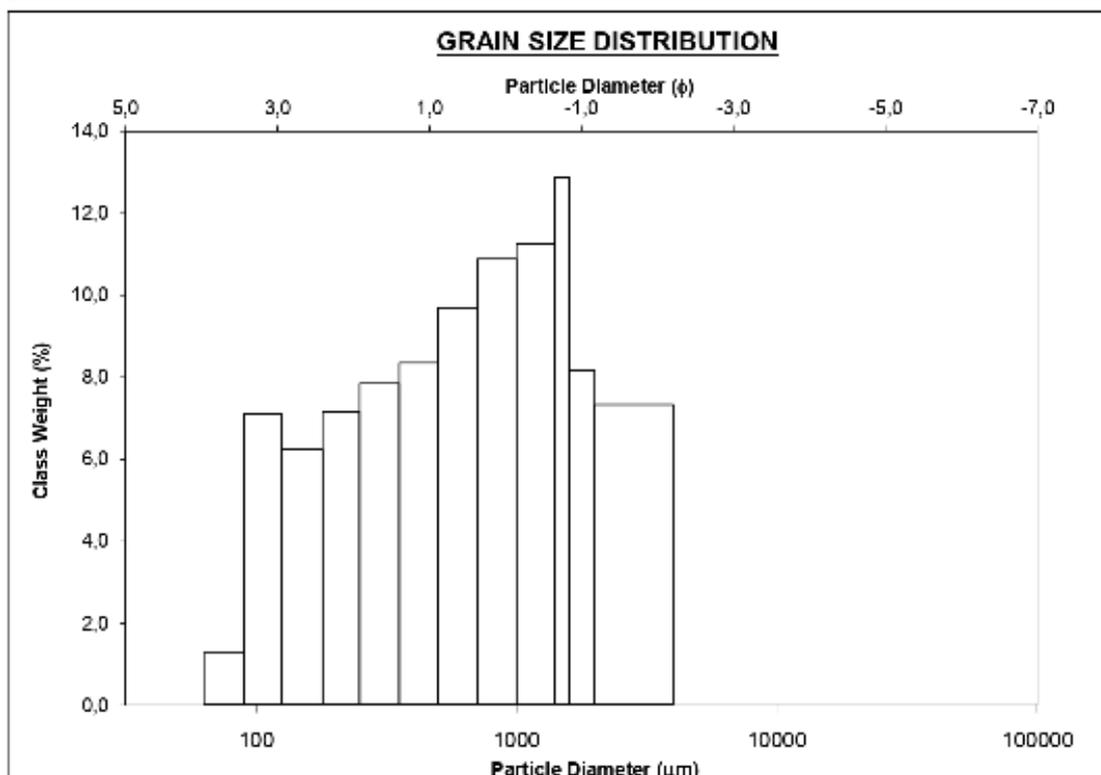


Fig. 51- Distribuzione della classe granulometrica del campione FSp

Il campione FSG raccolto ad una profondità di 15 m è composto da una sabbia grossolana (media 639 micron), bimodale, mesocurtica, scarsamente selezionata. Il 46% della composizione è rappresentata da una componente silicoclastica, di questa il 18% è rappresentata da quarzo, il 4% da feldspati e il 16% da femici. Il restante 54% è di frazione bioclastica. Quest'ultima è rappresentata principalmente da frammenti o gusci interi di gasteropodi e bivalvi.

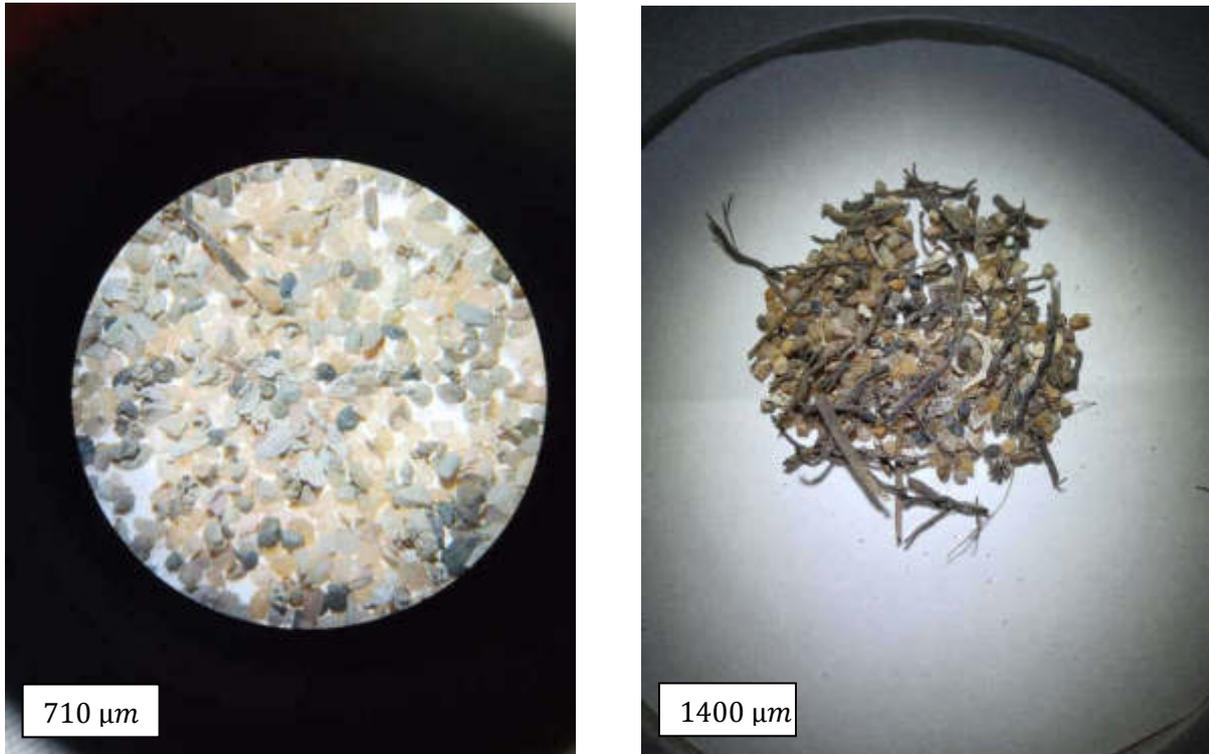


Fig. 52- Composizione del campione FSG

SIEVING ERROR: -0,2%			<b>SAMPLE STATISTICS</b>			
SAMPLE IDENTITY: <b>FSG</b>			ANALYST & DATE: Nicole Ruberti, 04-06-2021			
SAMPLE TYPE: Bimodal, Poorly Sorted			TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand			
SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Coarse Sand						
	$\mu\text{m}$	$n$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	855,0	0,247	GRAVEL: 11,7%	COARSE SAND: 27,8%		
MODE 2:	1500,0	-0,582	SAND: 86,4%	MEDIUM SAND: 17,1%		
MODE 3:			MUD: 1,9%	FINE SAND: 11,6%		
$D_{10}$ :	147,6	-1,147		V FINE SAND: 5,5%		
MEDIAN or $D_{50}$ :	732,2	0,450	V COARSE GRAVEL: 0,0%	V COARSE SILT: 0,3%		
$D_{90}$ :	2214,9	2,760	COARSE GRAVEL: 0,0%	COARSE SILT: 0,3%		
$(D_{90} / D_{10})$ :	15,00	-2,406	MEDIUM GRAVEL: 0,0%	MEDIUM SILT: 0,3%		
$(D_{90} - D_{10})$ :	2067,3	3,907	FINE GRAVEL: 0,0%	FINE SILT: 0,3%		
$(D_{75} / D_{25})$ :	4,020	-3,944	V FINE GRAVEL: 11,7%	V FINE SILT: 0,3%		
$(D_{75} - D_{25})$ :	995,3	2,007	V COARSE SAND: 24,4%	CLAY: 0,3%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$n$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	891,5	615,2	0,701	638,8	0,646	Coarse Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	868,5	3,035	1,602	2,795	1,483	Poorly Sorted
SKEWNESS ( $S_k$ ):	1,254	-1,180	1,180	-0,181	0,181	Fine Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	3,632	5,635	5,635	0,990	0,990	Mesokurtic

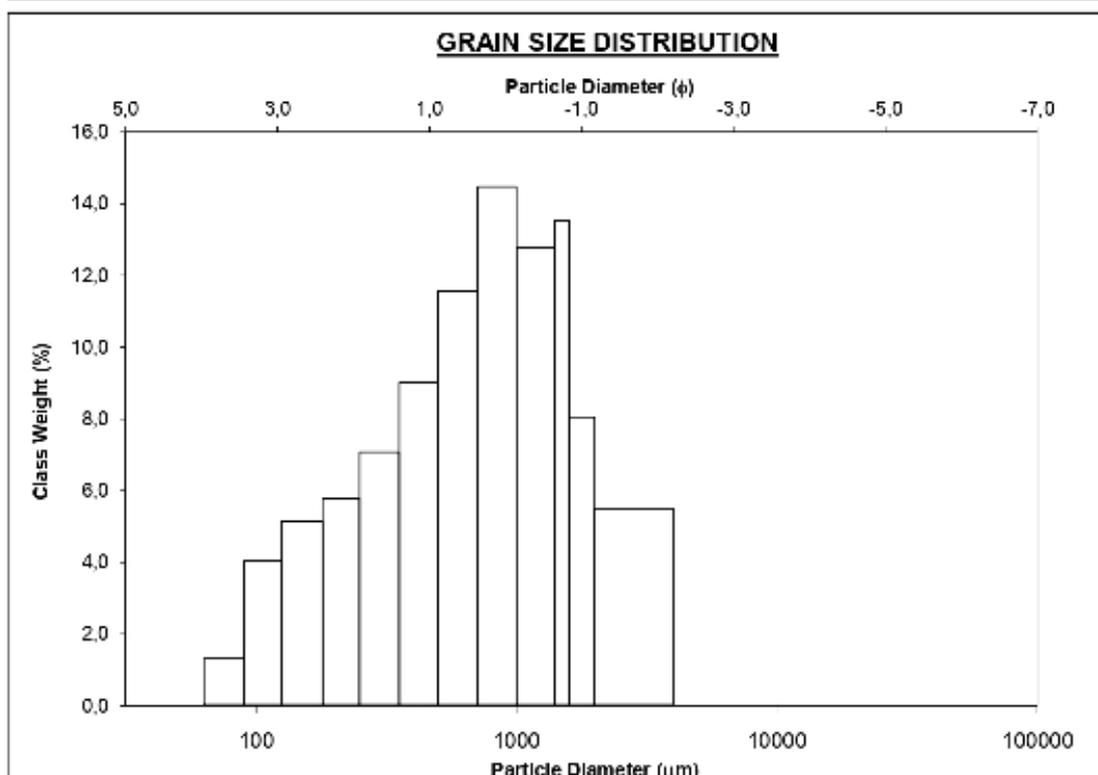


Fig. 53- Distribuzione della classe granulometrica del campione FSG

**Interpretazione:** l'area campionata è una densa prateria di *Posidonia Oceanica*, dove sono state rilevate delle intra-matte dalla quale sono stati prelevati i sedimenti. La modesta frazione silicoclastica denota una scarsa o quasi assente dinamica di fondo.

Utilizzando la formula di Zanke, le correnti in grado di muovere sedimenti silicoclastici della granulometria determinata variano tra 0.22-0.32 m/sec.

## Porto di Porto Torres

### Rilievi SSS

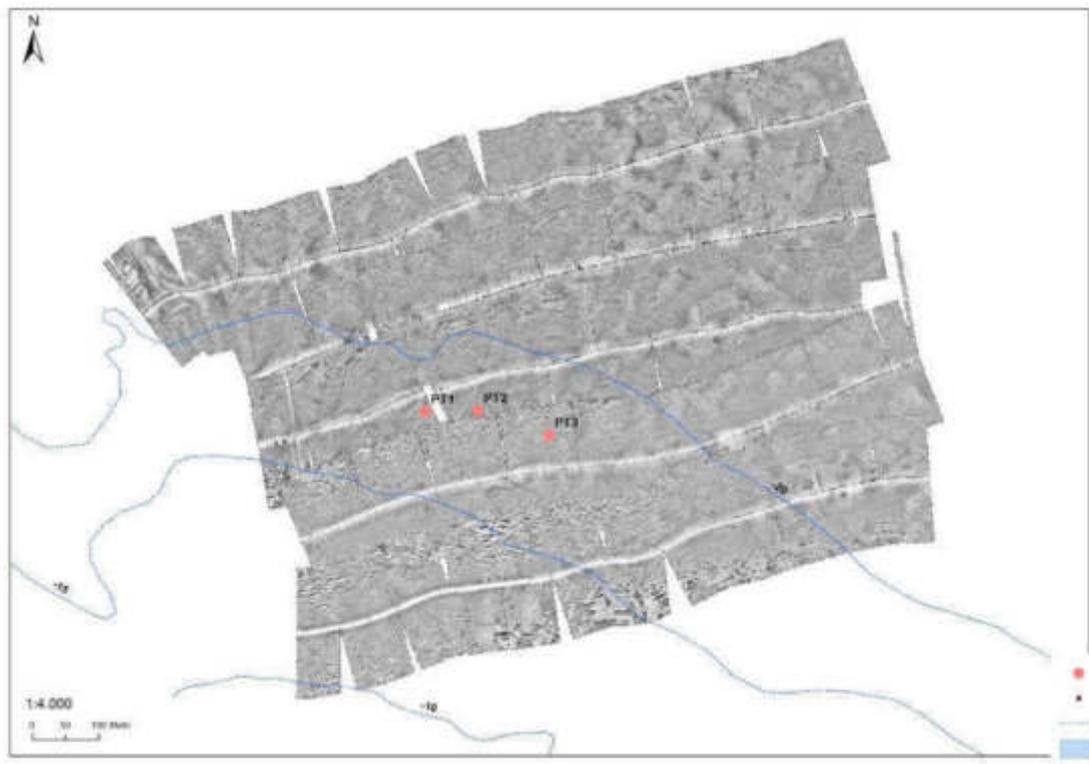


Fig. 54- Mosaico SSS del Porto di Porto Torres

L'area è caratterizzata da medio backscatter ed una facies acustica associabile a quella della prateria di *Posidonia oceanica* che risulta essere altamente disturbata e frastagliata. Nella parte est del mosaico sono visibili numerosi segni di ancoraggio e strascico, alcuni di questi possono essere associati a resti di reti abbandonate sul fondo. In generale l'aspetto è disomogeneo e molto caotico, segno di forte interferenza antropica sul fondo.

### Analisi granulometriche

Il campione PT1 (profondità 19 m), è costituito da un sedimento scarsamente selezionato, polimodale, composto sia da ghiaia (3000 micron) che da sabbia grossolana (media 605 micron) e fine (215 micron). Circa il 30% è rappresentato da ghiaia fine (2225 micron), in questa frazione sono presenti frammenti di *Posidonia Oceanica* e bioclasti. Per quanto riguarda la frazione sabbiosa, il 42% è di origine silicoclastica, mentre il 58% è rappresentato da bioclasti. Il quarzo rappresenta il 12%, il feldspato il 3% e i femici il 14%.



*Fig. 55- Composizione del campione PT1*

SIEVING ERROR: -0,4%			<b>SAMPLE STATISTICS</b>			
SAMPLE IDENTITY: PT1			ANALYST & DATE: Nicole Ruberti, 25-05-2021			
SAMPLE TYPE: Polymodal, Poorly Sorted			TEXTURAL GROUP: Sandy Gravel			
SEDIMENT NAME: Sandy Very Fine Gravel						
	$\mu\text{m}$	$n$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	3000,0	-1,500	GRAVEL: 30,5%	COARSE SAND: 17,7%		
MODE 2:	215,0	2,237	SAND: 67,7%	MEDIUM SAND: 16,6%		
MODE 3:	605,0	0,747	MUD: 1,8%	FINE SAND: 18,1%		
$D_{10}$ :	146,9	-1,872		V FINE SAND: 4,8%		
MEDIAN or $D_{50}$ :	671,6	0,574	V COARSE GRAVEL: 0,0%	V COARSE SILT: 0,3%		
$D_{90}$ :	3187,5	2,767	COARSE GRAVEL: 0,0%	COARSE SILT: 0,3%		
$(D_{90} / D_{10})$ :	21,70	-1,655	MEDIUM GRAVEL: 0,0%	MEDIUM SILT: 0,3%		
$(D_{90} - D_{10})$ :	3040,6	4,440	FINE GRAVEL: 0,0%	FINE SILT: 0,3%		
$(D_{75} / D_{25})$ :	8,921	-1,873	V FINE GRAVEL: 30,5%	V FINE SILT: 0,3%		
$(D_{75} - D_{25})$ :	2013,3	3,157	V COARSE SAND: 10,8%	CLAY: 0,3%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$n$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	1290,6	677,4	0,562	707,5	0,499	Coarse Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	1191,6	3,548	1,827	3,320	1,731	Poorly Sorted
SKEWNESS ( $S_k$ ):	0,590	-0,720	0,720	0,008	-0,008	Symmetrical
KURTOSIS ( $K$ ):	1,570	3,739	3,739	0,653	0,653	Very Platykurtic

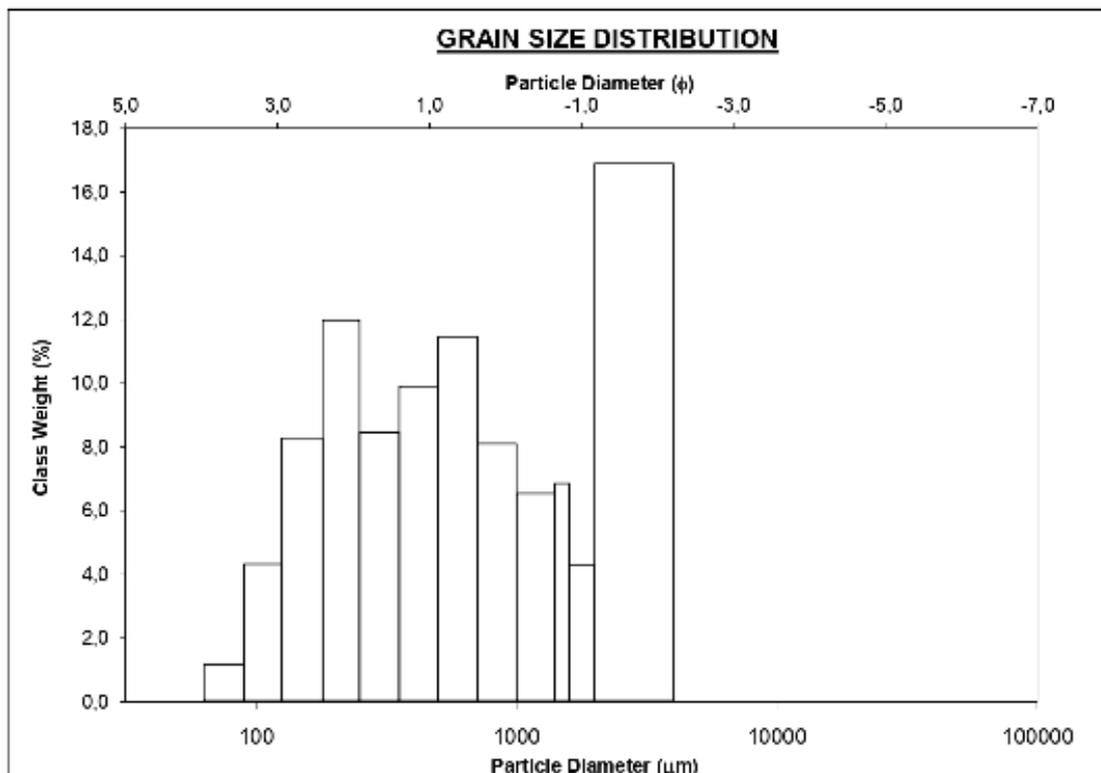


Fig. 56- Distribuzione della classe granulometrica del campione PT1

Il campione PT2 (profondità 19 m), è costituito da un sedimento scarsamente selezionato, polimodale, composto da oltre il 50% di ghiaia (>2000 micron), una sabbia molto grossolana (media 1132 micron) e fine (152 micron). La composizione è silicoclastica al 21% e organica al 79%. Il quarzo costituisce il 6% dei granuli, i femici il 5%, mentre il 10% è rappresentato da frammenti litici. Sono state osservate microplastiche e vetri.



Fig. 57- Composizione del campione PT2

SIEVING ERROR: -0,2%			<b>SAMPLE STATISTICS</b>			
SAMPLE IDENTITY: PT2			ANALYST & DATE: Nicole Ruberti, 25-05-2021			
SAMPLE TYPE: Polymodal, Poorly Sorted			TEXTURAL GROUP: Sandy Gravel			
SEDIMENT NAME: Sandy Very Fine Gravel						
	$\mu\text{m}$	$n$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	3000,0	-1,500	GRAVEL: 54,4%	COARSE SAND: 9,5%		
MODE 2:	152,5	2,737	SAND: 43,3%	MEDIUM SAND: 8,8%		
MODE 3:	1500,0	-0,582	MUD: 2,4%	FINE SAND: 11,8%		
$D_{10}$ :	148,4	-1,816		V FINE SAND: 4,2%		
MEDIAN or $D_{50}$ :	2114,9	-1,081	V COARSE GRAVEL: 0,0%	V COARSE SILT: 0,4%		
$D_{90}$ :	3521,3	2,752	COARSE GRAVEL: 0,0%	COARSE SILT: 0,4%		
$(D_{90} / D_{10})$ :	23,72	-1,515	MEDIUM GRAVEL: 0,0%	MEDIUM SILT: 0,4%		
$(D_{90} - D_{10})$ :	3372,9	4,568	FINE GRAVEL: 0,0%	FINE SILT: 0,4%		
$(D_{75} / D_{25})$ :	6,818	-0,788	V FINE GRAVEL: 54,4%	V FINE SILT: 0,4%		
$(D_{75} - D_{25})$ :	2482,0	2,769	V COARSE SAND: 9,0%	CLAY: 0,4%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$n$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	1887,4	1054,3	-0,076	1132,8	-0,180	Very Coarse Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	1261,0	3,906	1,966	3,398	1,765	Poorly Sorted
SKEWNESS ( $S_k$ ):	-0,354	-1,447	1,447	-0,680	0,680	Very Fine Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	1,273	4,913	4,913	0,758	0,758	Platykurtic

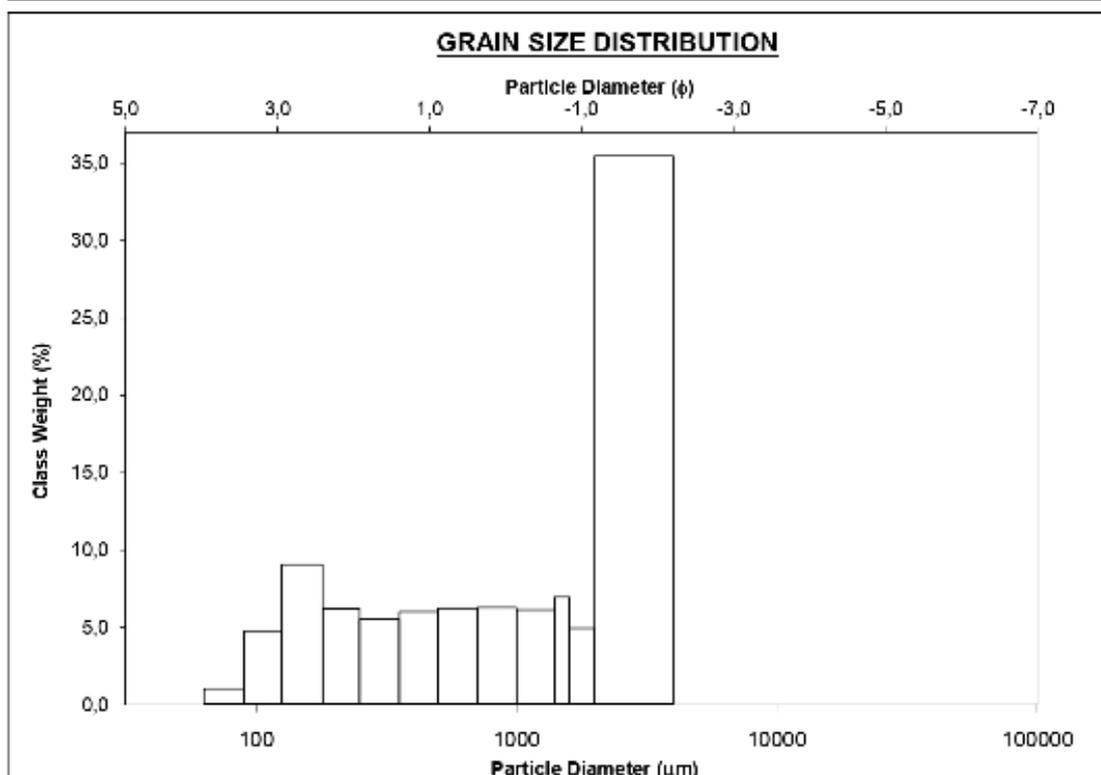


Fig. 58- Distribuzione della classe granulometrica del campione PT2

Il campione PT3, prelevato ad una profondità di 19 m, è costituito da un sedimento scarsamente selezionato, polimodale e composto dal 36% di sabbia silicoclastica e dal 64% di bioclasti. La ghiaia è fine (2225 micron), la sabbia sia media (403 micron) per il 12% che sabbia fine (150 micron) per il 26%. La componente ghiaiosa è data da bioclasti sia in frammenti che interi; frazione silicoclastica è costituita per il 14% da quarzo, per il 6% da feldspati e per l'8% da femici. Sono state trovate microplastiche.

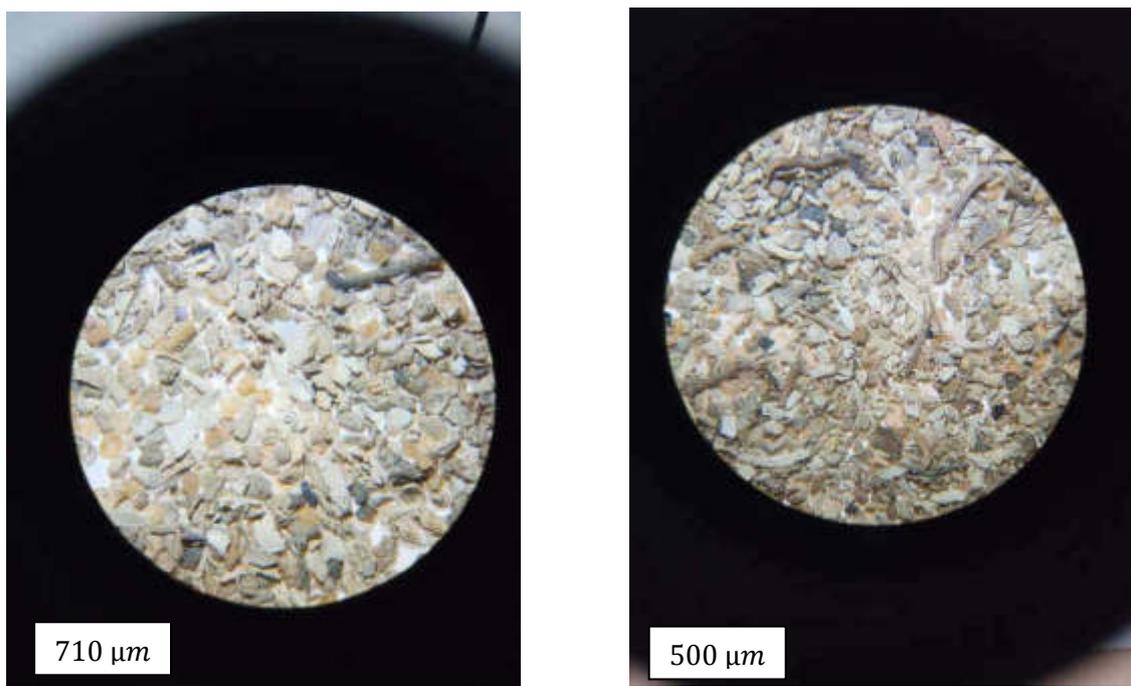


Fig. 59- Composizione del campione PT3

**Interpretazione:** il sedimento campionato è indicativo di aree di intra-matte deteriorate ed influenzate da correnti di fondo in grado di muovere e mischiare le varie granulometrie. La mancanza di un trend granulometrico ben definito e la polimodalità possono essere messe in relazione alle correnti generate dalle eliche delle grosse navi. Tali correnti possono raggiungere i 0.40 m/sec e muovere sia clasti di ghiaia che grossi bioclasti (normalmente gusci di grandi gasteropodi o bivalvi).

		<b>SAMPLE STATISTICS</b>				
SIEVING ERROR: -1,5%				ANALYST & DATE: Nicole Ruberti, 25-05-2021		
SAMPLE IDENTITY: PT3				TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand		
SAMPLE TYPE: Trimodal, Poorly Sorted						
SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Fine Sand						
	$\mu\text{m}$	$n$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	152,5	2,737	GRAVEL: 12,0%	COARSE SAND: 20,1%		
MODE 2:	855,0	0,247	SAND: 82,8%	MEDIUM SAND: 14,5%		
MODE 3:	3000,0	-1,500	MUD: 5,2%	FINE SAND: 26,1%		
$D_{10}$ :	101,3	-1,184		V FINE SAND: 10,6%		
MEDIAN or $D_{50}$ :	367,0	1,446	V COARSE GRAVEL: 0,0%	V COARSE SILT: 0,9%		
$D_{90}$ :	2240,1	3,303	COARSE GRAVEL: 0,0%	COARSE SILT: 0,9%		
$(D_{90} / D_{10})$ :	22,11	-2,839	MEDIUM GRAVEL: 0,0%	MEDIUM SILT: 0,9%		
$(D_{90} - D_{10})$ :	2138,7	4,467	FINE GRAVEL: 0,0%	FINE SILT: 0,9%		
$(D_{75} / D_{25})$ :	6,293	41,53	V FINE GRAVEL: 12,0%	V FINE SILT: 0,9%		
$(D_{75} - D_{25})$ :	803,8	2,654	V COARSE SAND: 11,6%	CLAY: 0,9%		
	METHOD OF MOMENTS		FOLK & WARD METHOD			
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$n$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	777,2	361,1	1,470	403,5	1,309	Medium Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	915,8	3,990	1,996	3,361	1,749	Poorly Sorted
SKEWNESS ( $S_k$ ):	1,597	-0,719	0,719	0,084	-0,084	Symmetrical
KURTOSIS ( $K$ ):	4,305	3,891	3,891	0,889	0,889	Platykurtic

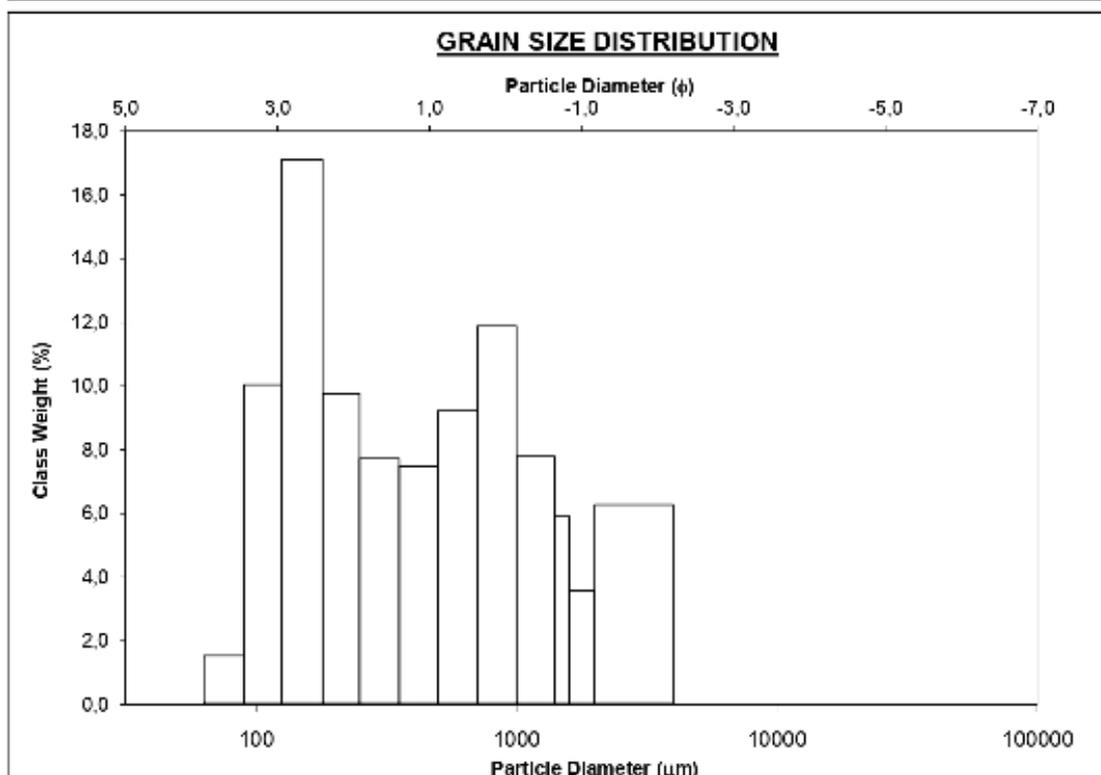


Fig. 60- Distribuzione della classe granulometrica del campione PT3

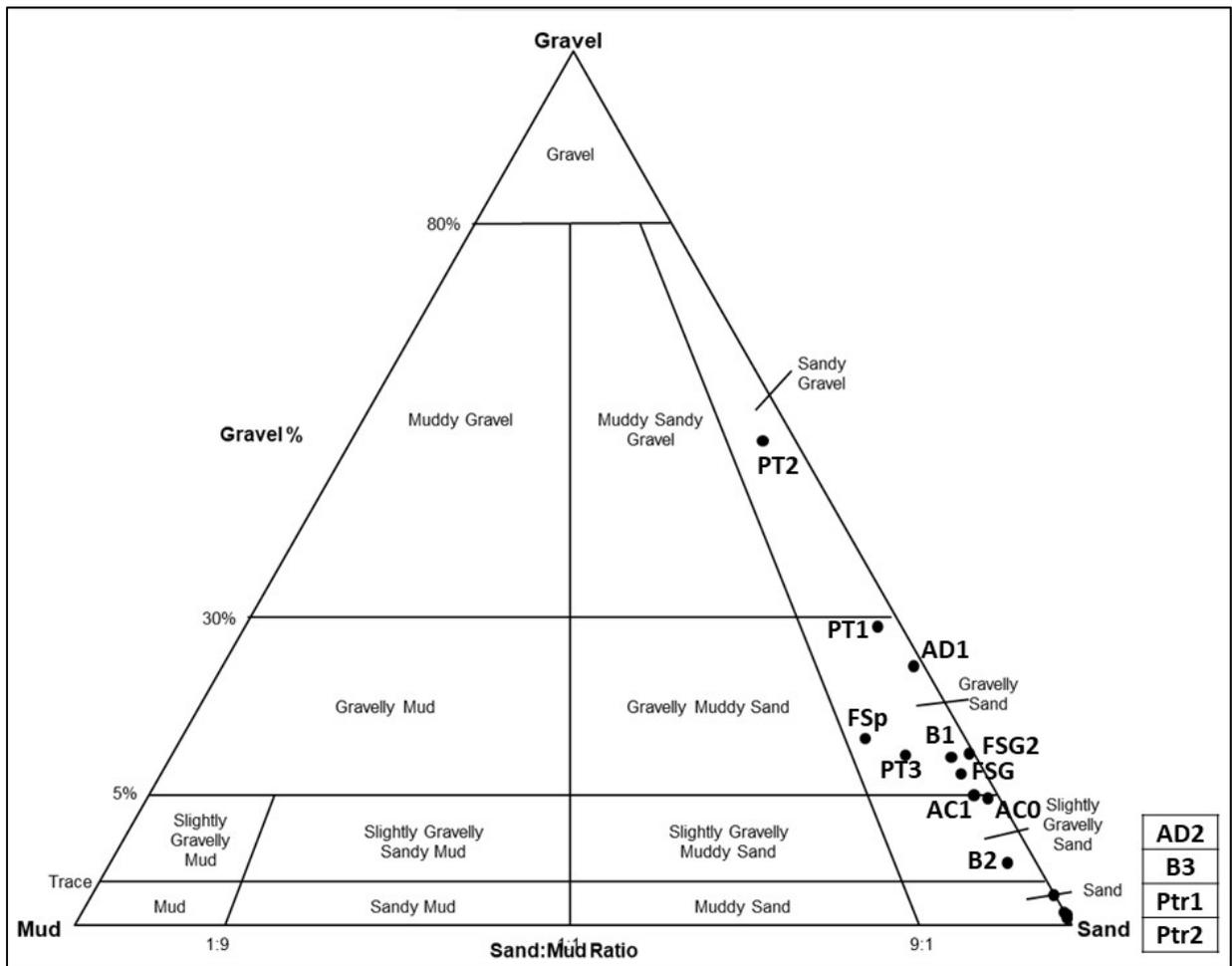


Fig. 61- Diagramma ternario Ghiaia-Sabbia-Fango

## Conclusioni

Le analisi granulometriche indicano la presenza di tre tipologie di aree:

- 1- *Punta Tramontana*: l'area è caratterizzata da sedimenti sabbiosi fini associabili allo smantellamento della falesia di Punta Tramontana. Questi sedimenti caratterizzano il limite inferiore della prateria a *Posidonia oceanica*. La selezione granulometrica è maggiormente imputabile a correnti di fondo legate al moto ondoso piuttosto che ai venti dominanti.
- 2- *Abbacurrente*: l'area è caratterizzata da zone in cui si alternano in maniera caotica sabbie fini e grossolane. La presenza di matte morta è il motivo ricorrente dell'area. Non sono state osservate strutture sedimentarie significative, ma solo una blanda ondulazione del fondo.
- 3- *Fiume santo*: l'area è caratterizzata da prateria a *Posidonia oceanica* con due intramatte principali di dimensioni superiori ai 50 m di diametro.

Dall'analisi granulometrica si evidenzia, inoltre, come la dispersione dei sedimenti avvenga in modo generale da Porto Torres verso Punta Tramontana, mentre le strutture sedimentarie riconosciute si sviluppano seguendo la direzione N-S. Questo può essere imputabile ai venti dominanti: il maestrale sviluppa una corrente lungo costa responsabile della dispersione dei sedimenti; il grecale e/o la tramontana sono invece responsabili della formazione delle strutture sedimentarie presenti sul fondo. Quando i venti interferiscono si possono avere aree di accumulo anomalo di sedimenti e metalli pesanti. Infatti, la dispersione dei metalli pesanti segue abbastanza linearmente quella dei sedimenti ma occasionalmente si possono trovare delle concentrazioni anomale di questi.

## ANALISI CHIMICA DEI SEDIMENTI



Fig. 62- Stazioni complessive



Fig. 63- Fiume Santo (FS)



Fig. 64- Porto Torres (PT) e Abbacurrente (AC)



Fig. 65- Punta Tramontana (Ptr)

Tabella 12 - Valori di concentrazione dei metalli rilevati nei sedimenti superficiali nel Golfo dell'Asinara nelle diverse stazioni

Metallo (rif. peso secco sedimenti)	PT1	PT2	PT3	AC0	AC1	AD1	AD2	Ptr1	Ptr2	FSp	FSG
Antimonio (mg/kg)	<1	<1	1,24	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Arsenico (mg/kg)	4,40	4,34	17,70	5,51	10,90	0,65	2,96	4,80	5,19	3,83	4,27
Bario (mg/kg)	25,60	46,40	26,90	13,00	14,40	14,60	17,00	20,60	19,1	14,70	12,70
Berillio (mg/kg)	0,28	0,34	0,25	0,20	0,20	0,23	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Cadmio (mg/kg)	0,48	0,51	0,88	0,32	0,53	0,43	0,24	0,31	0,37	0,20	0,20
Cobalto (mg/kg)	2,18	3,10	2,44	1,67	2,00	1,28	1,80	2,68	3,45	0,50	0,50
Cromo (mg/kg)	11,90	13,80	13,10	4,70	6,15	6,12	5,85	5,78	7,06	4,39	3,73
Cromo VI (mg/kg)	0,40	0,40	0,40	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Mercurio (mg/kg)	0,42	0,70	0,74	0,44	0,23	0,68	0,15	0,10	0,14	0,17	0,13
Molibdeno (mg/kg)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Nichel (mg/kg)	3,84	5,76	2,79	1,30	2,01	1,58	1,02	0,99	1,19	1,69	1,28
Piombo (mg/kg)	2,60	11,70	0,30	4,24	4,64	5,07	2,65	2,20	2,13	7,11	4,12
Rame(mg/kg)	11,80	10,90	9,96	13,80	14,00	14,4	10,50	0,50	16,60	9,37	9,12
Selenio (mg/kg)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Stagno (mg/kg)	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Tallio (mg/kg)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Vanadio (mg/kg)	3,17	30,50	48,30	24,20	29,90	17,10	16,60	33,20	44,50	9,55	10,80
Zinco (mg/kg)	0,80	33,30	43,40	41,30	32,80	22,20	15,60	19,00	19,10	12,30	23,80

PT – Porto Torres; AC - Abbacurrente; AD – Acque Dolci; Ptr - Punta Tramontana; FS - Fiume Santo. In magenta i valori maggiori di L<sub>1</sub>

Limiti di legge (mg/kg peso secco - \*DECRETO 15 luglio 2016, n. 173

Metallo (rif. peso secco sedimenti)	*L <sub>1</sub>	*L <sub>2</sub>
Arsenico (mg/kg)	12	20
Cadmio (mg/kg)	0,3	0,8
Cromo (mg/kg)	50	150
*Cromo VI (mg/kg)	2	2
*Mercurio (mg/kg)	0,3	0,8
Nichel (mg/kg)	30	75
Piombo (mg/kg)	30	70
Rame (mg/kg)	40	52
Zinco (mg/kg)	100	150

\*DECRETO 15 luglio 2016, n. 173. Regolamento recante modalità e criteri tecnici per l'autorizzazione all'immersione in mare dei materiali di escavo di fondali marini. Valori L<sub>1</sub> e L<sub>2</sub> della tabella riferiti ai livelli chimici di riferimento nazionali riportati nel D.L.

I risultati delle analisi sui metalli sono riportati in Tab. 12.

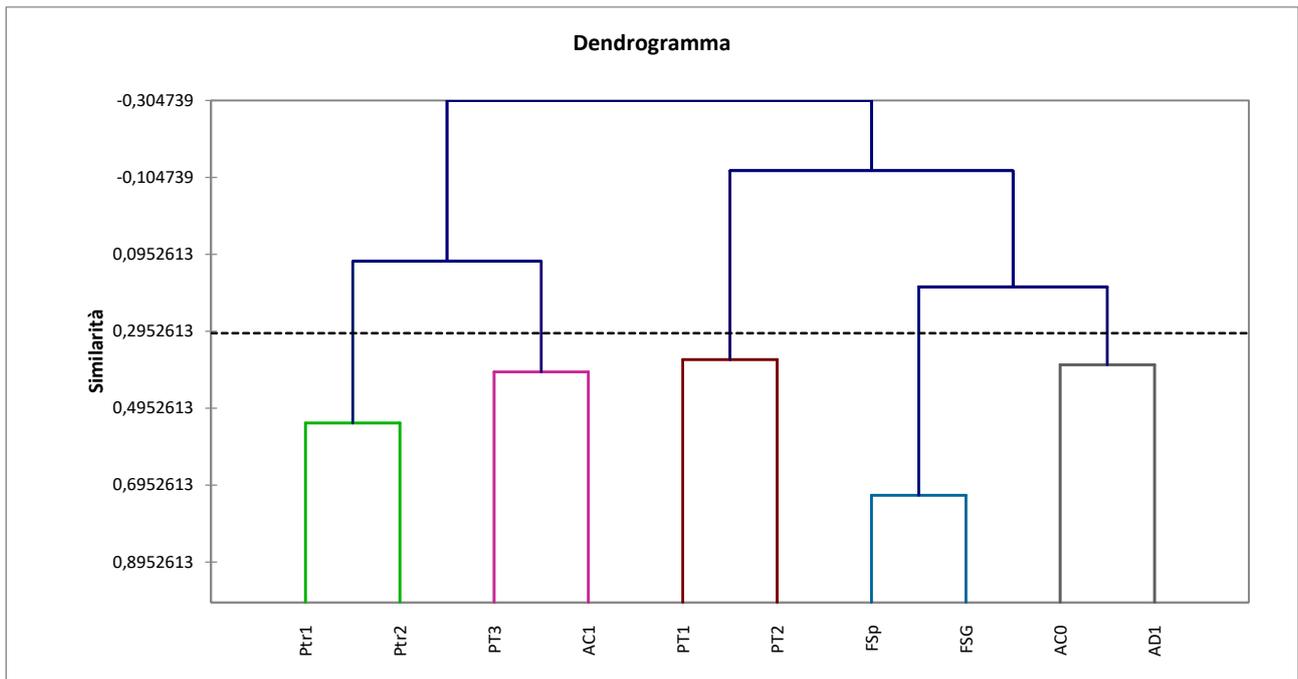


Fig. 66- Dendrogramma

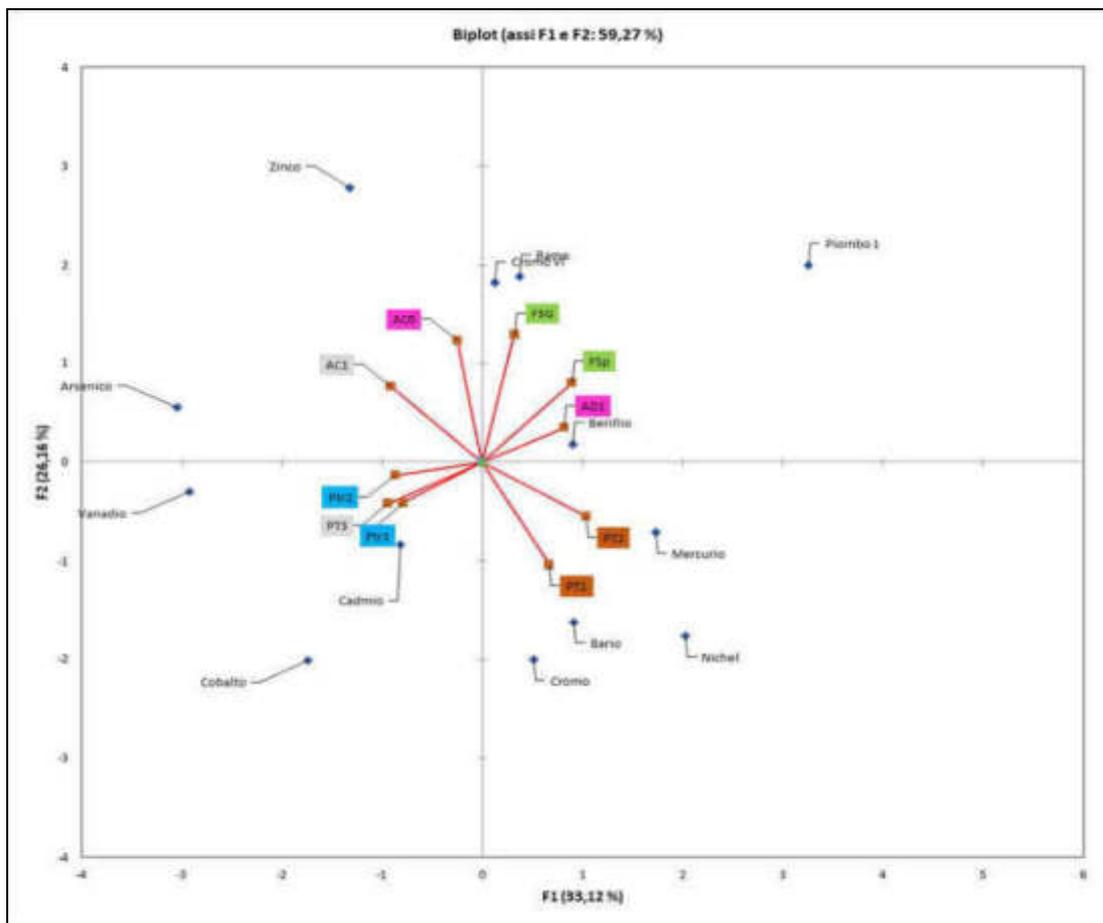


Fig. 67- Analisi delle componenti principali

Le analisi chimiche sono state eseguite su campioni di sedimento superficiale prelevati con benna e riposte in adeguati contenitori. I campioni sono stati poi trasportati in laboratorio a fine giornata.

Le sigle delle stazioni sono: PT – Porto Torres; AC - Abbacurrente; AD – Acque Dolci; Ptr - Punta Tramontana; FS - Fiume Santo.

In Tab. 12 vengono riportati i metalli analizzati e le relative concentrazioni espresse in  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  di peso secco di sedimento.

Per evidenziare le affinità chimiche tra le stazioni si è provveduto ad effettuare la normalizzazione della matrice metalli/stazioni rispetto alla media per contenere l'effetto della differenza ponderale tra i diversi elementi.

Il dendrogramma di Fig. 66 è stato costruito secondo la Classificazione Ascendente Gerarchica (CAG), con la matrice di Similarità calcolata con il Coefficiente di correlazione di Pearson e con Metodo di agglomerazione con Legame completo.

L'Analisi delle Componenti Principali (ACP) (Fig. 67) utilizza la stessa la matrice di Similarità di CAG.

Le considerazioni che seguono si riferiscono alla comparazione delle stazioni dell'intero set esaminato rispetto media campionaria delle diverse concentrazioni dei metalli.

Le stazioni PT1 e PT2 sono caratterizzate rispetto alle altre da maggiori valori di Nickel, Bario e Cromo; Ptr1, Ptr2 e Ad2, da minori valori di Cadmio e maggiori di Cobalto e Vanadio; PT3 e AC1 da maggiori valori di Arsenico; FSp e FSG da maggiori valori di Piombo e AC0 e AD1 da elevati valori di Mercurio e Rame (Fig. 66 e Fig. 67).

Il calcolo dell'indice di pericolo quantitativo (Hazard Quotient) ( $HQ_c$ ), si riferisce al *DECRETO 15 luglio 2016, n. 173* ed è specifico per la caratterizzazione chimica dei sedimenti. È ottenuto dalla media di tutti i Ratio to Reference ( $RTR_w$ ) dei parametri con  $RTR_w < 1$  (cioè valori inferiori rispetto al limite del riferimento), addizionato alla sommatoria degli  $RTR_w$  di tutti i contaminanti con  $RTR > 1$  secondo l'equazione:

$$HQ_c = \frac{\sum_{j=1}^N RTR_w(j)_{RTR(j)<1}}{N} + \sum_{k=1}^M RTR_w(k)_{RTR(k)>1}$$

dove N and M sono il numero dei parametri con RTR rispettivamente  $< 1$  oppure  $> 1$ , mentre j e k sono indici che permettono di ripetere il calcolo per N o M volte.

$HQ_c$  permette di classificare le stazioni secondo le classi di pericolo chimico dei loro sedimenti. (Fig. 68) attribuendone a ciascuna un colore convenzionale.

HQc	CLASSE DI PERICOLO	
0 – < 0.7	Assente	
0.7 – < 1.3	Trascurabile	
1.3 – < 2.6	Basso	
2.6 – < 6.5	Medio	
6.5 – < 13.0	Alto	
≥13.0	Molto Alto	



Fig. 68- Ambito dei valori di HQc riferite alle rispettive Classi di pericolo\*

\*(DECRETO 15 luglio 2016, n. 173.)

Tabella 13. Sintesi delle classi di pericolo delle stazioni esaminate riferite ai limiti L1 e L2 (da ISPRA, tool SediQualSoft)

Stazione	RTR L <sub>1</sub>	RTR L <sub>2</sub>	L <sub>1</sub> max % contributo HQc	L <sub>2</sub> max % contributo HQc	L <sub>1</sub> n° parametri non conformi	L <sub>2</sub> n° parametri non conformi	L <sub>1</sub> classe	L <sub>2</sub> classe
PT 1	4,1	0,3	53,3% (Cd)	-	2	0	MEDIO	ASSENTE
PT2	5,5	0,4	57,8% (Hg)	-	2	0	MEDIO	ASSENTE
PT3	8,7	1,8	44,7% (Cd)	100% (Cd)	3	1	ALTO	BASSO
AC0	3,5	0,3	57,8% (Hg)	-	2	0	MEDIO	ASSENTE
AC1	2,7	0,3	100% (Cd)	-	1	0	MEDIO	ASSENTE
AD1	5,0	0,3	61,2% (Hg)	-	2	0	MEDIO	ASSENTE
Ptr1	1,5	0,2	100% (Cd)	-	1	0	BASSO	ASSENTE
Ptr2	1,9	0,2	100% (Cd)	-	1	0	BASSO	ASSENTE
FSp	0,3	0,2	-	-	0	0	ASSENTE	ASSENTE
FSG	0,3	0,2	-	-	0	0	ASSENTE	ASSENTE

Per il calcolo dell'HQc ci si è avvalsi del tool applicativo SediQualSoft, Software di supporto suggerito dal citato Decreto Legge.

I criteri di integrazione ponderata considerano la tipologia dei parametri, il numero dei contaminanti che eccedono il riferimento specifico, nonché l'entità di tali sforamenti rispetto ai limiti previsti.

Il giudizio di pericolo viene sintetizzato nelle ultime due colonne della Tab. 13. Si evince che Ptr1 e Ptr2 per limite L<sub>1</sub> presentano un pericolo **BASSO**; AC0, AC1, AD1, PT1 e PT2 presentano un pericolo **MEDIO**; PT3 presenta un pericolo **ALTO**. Per FSp e FSG la classe è **ASSENTE**.

Per il limite L<sub>2</sub> solo PT3 mostra valori di Ratio to Reference RTR nell'ambito di pericolo **BASSO**.

Osservando la posizione dei siti campionati (Fig. 62) si evince come i sedimenti posti ad occidente della città di Porto Torres (Fiume Santo) mostrino classi dell'indice HQc **ASSENTE** (Fig. 63). I campioni prelevati in prossimità dell'imboccatura del porto civico in corrispondenza dell'area di escavo mostrano le più elevate classi di pericolo rilevate (**MEDIO** e **ALTO**). Più ad est, ad Acque Dolci i campioni mostrano un pericolo **MEDIO**. Procedendo ancora verso est, ad Abbacurrente, le analisi indicano un pericolo **MEDIO**. Infine i campioni prelevati a Punta Tramontana, a circa 10 miglia dalla città, mostrano una classe di pericolo **BASSO**. Si rimarca inoltre che il giudizio di

pericolo, di tutti i campioni che mostrano classi oltre i limiti, deriva in sostanza dal contenuto di Cadmio e/o Mercurio. Si rileva come la posizione dei siti con valori di contaminanti fuori norma si distribuisca dalla città verso est secondo un trend negativo, indicandone così sia il punto di origine, sia la coerenza con le correnti di fondo del Golfo dell'Asinara con direzione Ovest-Est che agisce da fattore di trasporto. L'indice di pericolo **ASSENTE** dei campioni di Fiume Santo posti ad ovest della città confermano tali considerazioni.

## Conclusioni

Le maggiori concentrazioni di metalli pesanti, in particolare Mercurio e Cadmio si ritrovano nell'area portuale dove si raggiungono i valori massimi di concentrazione che superano il limite L<sub>1</sub> ed in un caso (PT3) il limite L<sub>2</sub>.

La dispersione dei metalli pesanti segue quella dei sedimenti ovvero da ovest verso est (Porto Torres-Punta Tramontana). In Tab. 13 è possibile osservare il trend delle concentrazioni dei principali metalli pesanti nei diversi siti. La sequenza dei RTR L<sub>i</sub> relativa alle stazioni è infatti coerente con queste considerazioni (*FSp* 0,3 =; *FSG* 0,3 <; *PT1* 4,1; <*PT2* 5,5; <**PT3** 8,7>; *AD1* 5,0>; *ACO* 3,5>; *AC1* 2,7>; *Ptr2* 1,9>; *Ptr1* 1,5). I valori massimi riscontrati nell'area PT3 sono imputabili al forte rimescolamento dei sedimenti dovuto al traffico marittimo e alla turbolenza delle eliche; verso Est le concentrazioni gradualmente diminuiscono. L'area di Fiume Santo non segue il trend di dispersione, perché situata a Nord di Porto Torres.

Vi sono importanti motivazioni per affermare che *Posidonia oceanica* nel Golfo dell'Asinara sia stata interessata da rilevanti fenomeni di alterazione che ne abbiano poi causato il declino nella porzione orientale del Golfo. L'ampia superficie a matte morta situata subito dopo le installazioni industriali, l'area urbana di Porto Torres e la foce del Rio Mannu dimostra la causalità del fenomeno. Rimane incerto il periodo di quando tutto ciò sia accaduto ma sicuramente è ascrivibile al periodo "d'oro" della SIR quando l'attenzione ambientale, come si è detto in precedenza, non aveva certamente una soglia elevata. Tuttavia, sia per l'attuale fortissima riduzione delle attività produttive del polo petrolchimico, sia per una più oculata ed obbligata attenzione per l'ambiente, il quadro ambientale marino è profondamente migliorato. Il depuratore industriale tratta le acque reflue, prodotte dai residui impianti dello stabilimento ENI, dalle altre aziende presenti nell'agglomerato industriale. L'impianto, grazie ad un collettamento realizzato a metà degli anni '90, depura anche le acque reflue provenienti dal centro abitato di Porto Torres, raggiungendo un totale di circa 7 milioni di m<sup>3</sup> all'anno. Inoltre, vengono trattate diverse decine di migliaia di tonnellate all'anno di percolati che vengono prodotti in numerosi impianti di gestione dei rifiuti del

territorio regionale. I vincoli di legge, il passaggio a ENI, Syndial per le bonifiche, la costituzione di Matrica per la riconversione del petrolchimico di Porto Torres in “Chimica Verde” ed infine la sufficiente qualità delle acque della foce del Rio Mannu, confortano sia sull’attuale stato sia sul futuro scenario di discreta qualità delle acque marine e della salute pubblica. Tale scenario è confermato dai risultati dei controlli ambientali operati da enti diversi. Anche le analisi delle patch superficiali della fanerogama indicano come “l’ecosistema a *Posidonia oceanica*” sia in ripresa su tutto il Golfo dell’Asinara poiché quasi tutte le superfici esaminate sono in aumento dimensionale almeno nella fascia batimetrica più prossimale alla riva. I tratti di mare su cui si dovranno effettuare i trapianti di *Posidonia oceanica*, necessariamente da eradicare per la costruzione del prolungamento del molo di sopraflutto del porto civico, possono avere concrete possibilità di successo sia per la qualità delle acque del Golfo sia per l’impiego di nuove tecniche di trapianto in idonee aree marine individuate per sperimentazione in questo report.

La superficie da eradicare stimata è di 0,7 ha con una densità assoluta di 18 fasci per m<sup>2</sup>. In base al tipo di fondale della zona di espanto, l’area con le caratteristiche più simili è quella di Abbacurrente: questa è caratterizzata dalla presenza di un’ampia superficie a matte morta e da una granulometria dei sedimenti simile all’area portuale. Sulla base di queste evidenze riteniamo che la tecnica più idonea al trapianto sia quella delle geostuoie biodegradabili ovvero strutture costituite da materiali geocompositi formati da rete metallica accoppiata con bioreti naturali in agave o cocco (Fig. 69 e 70).



Fig. 69- Preparazione delle geostuoie prima della posa



Fig. 70- Geostuoie posizionate sul fondale di Sant’Amanza (Corsica)

## BIBLIOGRAFIA citata e/o consultata

- Buia, M. C., M. C. Gambi, and M. Dappiano. "I sistemi a fanerogame marine." *Manuale di metodologie di campionamento e studio del benthos marino mediterraneo*. *Biol. Mar. Mediterr* 10 (2003): 145-198.
- Ceccherelli, G., Campo, D., & Milazzo, M. (2007). Short-term response of the slow growing seagrass *Posidonia oceanica* to simulated anchor impact. *Marine Environ. Research*, 63(4), 341-349.
- Cossu A., Pala, D., Ruiu, A., Zanello, A., 2002. Distribuzione di *Caulerpa racemosa* nel Golfo dell'Asinara (Sardegna settentrionale). *Biologia Marina Mediterranea* 10 (2), 542–543.
- 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*. press. ISSN 1123-4245. Articolo.
- Cossu A., Martinez A., Ragazzola F. 2007 - Applicazione dell'analisi d'immagine allo studio della frazione fogliare della comunità epifita di *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *Biol. Mar. Mediterr.* (2007), 14 (2): 298-299
- Crawford G., H., Richardson W" N., 1972 Heterotrophic potential of microscopic Alga *Caulerpa racemosa*. *Proc. of the 7 Int. Seaweeds Symp.* 1971 :262.
- Dumay *et al.*, 2002. Primary productivity and vegetative cycle in *Posidonia oceanica* when in competition with the green algae *Caulerpa taxifolia* and *Caulerpa racemosa*. *Journal of the Marine Biological Association of the UK* 82, 379–387.
- Francour P, Ganteaume A, Poulain M. 1999. Effects of boat anchoring in *Posidonia oceanica* seagrass beds in the Port-Cros National Park (north-western Mediterranean Sea). *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 9:391–400.
- Francour, P. "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 benthos marino mediterraneo. *Biologia Marina Mediterranea* 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.
- Pèrès J.M., 1984 - History of the Mediterranean an 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*, 54pp.
- 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.
- Zanke, U.C.E.,1977. Neuer Ansatz zur Berechnung des Transportbeginns von Sedimenten unter tromungseinfluss, *Mitteilungen Desranzius - Institut, Technical University Hannover, Hannover*, pp. 156–178.



Spett.le

ISPRA

Via Vitaliano Brancati, 48 - 00144 Roma (I)

PEC: [urp.ispra@ispra.legalmail.it](mailto:urp.ispra@ispra.legalmail.it)

[protocollo.ispra@ispra.legalmail.it](mailto:protocollo.ispra@ispra.legalmail.it)

ARPAS – Dipartimento di Sassari

Via Rockefeller n°56/58 - 07100 Sassari

PEC: [arpas@pec.arpa.sardegna.it](mailto:arpas@pec.arpa.sardegna.it)

E.p.c.

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio  
e del Mare

**DIREZIONE GENERALE PER LA CRESCITA  
SOSTENIBILE E LA QUALITÀ DELLO  
SVILUPPO (CRESS)**

Via Cristoforo Colombo 44 - 00147 Roma

PEC: [CRESS@pec.minambiente.it](mailto:CRESS@pec.minambiente.it)

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SASSARI

Dipartimento di Architettura Design e urbanistica

Palazzo del Pou Salit, Piazza Duomo 6

07041 Alghero (SS)

c.a. del Direttore del Dipartimento Prof. Emilio Turco

PEC: [dip.architettura.design.urbanistica@pec.uniss.it](mailto:dip.architettura.design.urbanistica@pec.uniss.it)



**Oggetto:** Appalto per la progettazione definitiva ed esecutiva sulla base del progetto preliminare e per la realizzazione dei lavori per il prolungamento dell'Antemurale di Ponente e della Resecuzione della banchina Alti Fondali del Porto Civico di Porto Torres. CIG 5630866220 – CUP B21G11000040001 – Programmazione Attuativa Regionale FSC 2007/2013. Linea di azione 6.1.2.A.1 Adeguamento delle infrastrutture portuali di rilievo nazionale. HUB portuale di Porto Torres.

A far seguito alle osservazioni esposte dall'ISPRA e dall'ARPAS, relative alla verifica di ottemperanza alle prescrizioni A5, in particolare sull'idoneità del sito di trapianto della posidonia, nonché alla tecnica di trapianto della stessa, si trasmette la relazione finale degli studi effettuati dall'AdSP del Mare di Sardegna e l'Università degli Studi di Sassari – Dipartimento di Architettura Design e Urbanistica per lo svolgimento di un'attività di ricerca e monitoraggio finalizzata all'individuazione del sito più idoneo ai fini del trapianto di matte di posidonia insistenti su un'area interessata dai lavori in oggetto.

Al fine di una razionale organizzazione dei lavori e del monitoraggio, considerato che sono in conclusione anche i procedimenti conclusivi per l'individuazione del sito di prefabbricazione dei cassoni presso il porto di Piombino, in ottemperanza al DM 35/2018, si rimane in attesa per la convocazione di una videoconferenza per l'individuazione del sito e delle tecniche di trapianto della posidonia.

Distinti saluti

Il RUP

Ing. Alessandro Meloni

Firmato digitalmente da

**Alessandro Meloni**

CN = Alessandro Meloni  
O = AUTORITA' DI SISTEMA PORTUALE DEL  
MARE DI SARDEGNA  
C = IT



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

AGENZIA REGIONALE PRO S'AMPARU DE S'AMBIENTE DE SARDIGNA  
AGENZIA REGIONALE PER LA PROTEZIONE DELL'AMBIENTE DELLA SARDEGNA

ARPAS



## **Autorità di Sistema Portuale del mare della Sardegna**

PEC: [adsp@pec.adspmaredisardegna.it](mailto:adsp@pec.adspmaredisardegna.it)

p.c. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare

### **DIREZIONE GENERALE PER LA CRESCITA SOSTENIBILE E LA QUALITÀ DELLO SVILUPPO (CRESS)**

Via Cristoforo Colombo 44 - 00147 Roma

PEC: [CRESS@pec.minambiente.it](mailto:CRESS@pec.minambiente.it)

### **ARPAS - Dipartimento di Sassari**

Via Rockefeller n°56/58 - 07100 Sassari

PEC: [arpas@pec.arpa.sardegna.it](mailto:arpas@pec.arpa.sardegna.it)

**Oggetto: Verifica Ottemperanza condizione ambientale A5) del Decreto Ministeriale n. 35 del 06/02/2018: Adeguamento tecnico funzionale al Piano Regolatore Portuale del porto civico di Porto Torres - Prolungamento dell'antemurale di ponente e resecazione banchina alti fondali.**

**Analisi della documentazione, ulteriori considerazioni tecniche e criticità residue**

In relazione alla trasmissione della documentazione di risposta alle osservazioni ISPRA e ARPAS, inviate con nota prot. ISPRA n.19790 del 20/04/2021, in merito:

- alla tematica Posidonia, per la condizione ambientale A5) inoltrata da codesta Autorità di sistema portuale del mare della Sardegna, acquisite da ISPRA con prot. n. 33759 del 24/06/2021 e da ARPAS con prot. n. 22665 del 24/06/2021.

si trasmette l'analisi di cui all'oggetto.

Cordiali saluti,

**ARPAS**  
**Direttrice del Dipartimento**  
**di Sassari e Gallura**

Dott.ssa Rosina Anedda



**ISPRA**  
**Responsabile del Servizio per le**  
**valutazioni ambientali, integrate e**  
**strategiche, e per le relazioni tra**  
**ambiente e salute**

Dott. Massimo Gabellini



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA  
AGENZIA REGIONALE PRO S'AMPARU DE S'AMBIENTE DE SARDIGNA  
AGENZIA REGIONALE PER LA PROTEZIONE DELL'AMBIENTE DELLA SARDEGNA  
ARPAS  
DIPARTIMENTO DI SASSARI E GALLURA

## **VERIFICA OTTEMPERANZA**

### **ANALISI DOCUMENTAZIONE E CONSIDERAZIONI TECNICHE CRITICITA' RESIDUE**

**(CONDIZIONE AMBIENTALE A5  
DECRETO MINISTERIALE N. 35 DEL 06/02/2018)**

#### **PROGETTO**

**“Adeguamento tecnico funzionale al Piano Regolatore Portuale del porto civico di  
Porto Torres - Prolungamento dell'antemurale di ponente e resecazione banchina  
alti fondali”**

**Decreto Ministeriale n. 35 del 06/02/2018  
Condizione Ambientale A5**

#### **PROPONENTE**

**AUTORITÀ DI SISTEMA PORTUALE DEL MARE DELLA SARDEGNA**

**Roma, 13/09/2021**

Doc. ISPRA:

V.O.: condizione ambientale A5 DM 35/2018 “Adeguamento tecnico funzionale al Piano Regolatore Portuale del porto civico di Porto Torres - Prolungamento dell'antemurale di ponente e resecazione banchina alti fondali”

.....

## INDICE

	<b>Pag.</b>
<b>1 VERIFICA DEL LIVELLO DI OTTEMPERANZA ALLA CONDIZIONE AMBIENTALE A5) DEL D.M. N. 35 DEL 06/02/2018 .....</b>	<b>1</b>
1.1 CONDIZIONE AMBIENTALE A5) .....	1
1.2 PREMessa .....	1
1.3 CONSIDERAZIONI TECNICHE E CRITICITÀ RESIDUE .....	3

## **1 VERIFICA DEL LIVELLO DI OTTEMPERANZA ALLA CONDIZIONE AMBIENTALE A5) DEL D.M. N. 35 DEL 06/02/2018**

### **1.1 CONDIZIONE AMBIENTALE A5)**

*Come già proposto dall'Autorità Portuale e richiesto dall'ARPAS, occorre presentare al MATTM uno studio di dettaglio sia per l'esatta definizione delle aree di reimpianto della Posidonia sia per chiarire le modalità di gestione del materiale asportato (contenente talli di Caulerpa) e la compatibilità del sedimento contenuto nelle matte asportate con il sito di destinazione. Il controllo sull'attuazione di tale studio dovrà essere effettuato dall'ARPAS.”*

### **1.2 PREMESSA**

La tecnica dell'espianto e trapianto di zolle dalle aree interessate dai lavori, stile Piombino, è stata proposta dalla Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sardegna in fase istruttoria, nell'ambito dello studio specialistico contenuto nel SIA: *Mappatura e analisi della prateria di Posidonia oceanica nelle acque antistanti la diga di sopraflutto del Porto civico di Porto Torres. Progetto degli interventi di trapianto (QRPE S3).*

In tale fase l'ARPAS non si è espressa in modo specifico sulla tecnica proposta, rimandando alle competenze specialistiche del MATTM supportato da ISPRA, ma ha comunque espresso una valutazione in merito nel documento di osservazioni prot. Arpas 10549 del 29/03/2017 di cui si riporta il testo: *..... gli interventi di trapianto di posidonieto risultano ancora sperimentali e con risultati contrastanti. Al fine di valutare la fattibilità dell'intervento il Proponente richiama la necessità di effettuare uno studio di approfondimento tecnico che consenta di verificare i presupposti tecnici e il rapporto costi/benefici alla base dell'intervento. Tale studio non è stato tuttavia prodotto, pertanto si ritiene la proposta di reimpianto allo stato attuale non condivisibile, non avendo garanzia del successo degli interventi. Tra gli approfondimenti tecnici richiesti deve essere approfondita in maniera specifica la compatibilità del materiale terrigeno che la matte trascinerrebbe con se rispetto a quello presente nel sito di impianto e le condizioni morfologiche dei fondali a seguito degli espianti.*

Tale osservazione non è stata recepita dalla CTVA MATTM, in fase di richiesta di integrazioni (ID Documento: CTVA-6741\_2017-0013 del 05/05/2017), ma è stato richiesto esclusivamente di: *“documentare la scelta dell'area indicata per il reimpianto della Posidonia oceanica”* (punto 6). Si è ritenuto pertanto che il MATTM condividesse la metodologia di trapianto proposta.

A seguito della richiesta di integrazioni, l'Autorità portuale ha chiesto un incontro tecnico con ARPAS per rispondere alle richieste del MATTM, ed in merito al punto 6, il Prof. Cossu dell'Università di Sassari, consulente di SALES S.p.A., illustrando le problematiche relative al trapianto di *Posidonia*, ha dichiarato di *.... dover comunque procedere verso questa sperimentazione, dietro indicazione del Ministero, e verrà prodotta una cartografia dettagliata sulle aree di destinazione che dovranno comunque essere prossime al sito di espianto. L'ubicazione precisa verrà stabilita in corso d'opera* (verbale del 25 maggio 2017

V.O.: condizione ambientale A5 DM 35/2018“Adeguamento tecnico funzionale al Piano Regolatore Portuale del porto civico di Porto Torres - Prolungamento dell'antemurale di ponente e resecazione banchina alti fondali”

prot. ARPAS n. 18457/2017).

Nel parere CTVA del 2018, (pag. 23-38, 40-42), si fa riferimento a tale studio per quanto riguarda le misure di compensazione da mettere in atto. In particolare a pag. 42 si riporta: ... *durante l'istruttoria è stata tuttavia stabilita anche un'attività di trapianto a zolle delle piante di posidonia in salute, interessata dai lavori del molo di sopraflutto, in aree immediatamente adiacenti all'area di espianto, ed in seguito: l'intervento compensativo di trapianto della Posidonia ...prevede una metodologia di trapianto, già impiegata con successo in prossimità del porto di Piombino nel 2014, che consiste nell'espianto di zolle tramite apposita benna e posa in radure prossimali con condizioni ambientali identiche all'area d'espianto, per la creazione di un habitat di pari estensione.*

Da quanto sopra riportato emerge come nella fase istruttoria del Procedimento sia mancato il coinvolgimento di ISPRA quale Ente di riferimento scientifico nell'ambito di tali studi. L'Istituto si è espresso con la relazione trasmessa all'Autorità di sistema portuale del mare della Sardegna con prot. ISPRA 34134 del 30/07/2020. A questa, di risposta alle considerazioni tecniche, riportate nel paragrafo 3.1.1, la stessa Autorità ha inviato la seguente documentazione:

- *allegato 1: documento di risposta alla richiesta inoltrata dalla Autorità di sistema portuale del mare della Sardegna ad ISPRA per la condizione ambientale a5;*
- *allegato 2: quadro di sintesi per le attività preliminari da realizzarsi ai fini del trapianto di zolle di mattoni 2x2 m e a talee di posidonia.*

A seguito della trasmissione da parte dell'Autorità di sistema portuale del mare della Sardegna della documentazione di risposta alle considerazioni tecniche formulate, ISPRA ha espresso ulteriori considerazioni tecniche/criticità, riportate nel documento congiunto ISPRA-ARPAS prot. ISPRA 2021/19790 del 20/04/2021 che vengono di seguito richiamate:

.....  
Le considerazioni riportate come "confortanti" e provenienti da " *recenti controlli ambientali operati da enti diversi*" non consentono effettivamente di valutare se e quanto " *il tratto di mare su cui si dovrà effettuare il trapianto di Posidonia con zolle possa avere concrete possibilità di successo così come anche sia lecito attendere positivi risultati dalla esperienza di nuove tecniche di trapianto*". Sebbene le condizioni ambientali descritte riportino una " *discreta qualità delle acque marine*", si ritiene che non siano sufficienti a superare le criticità già esposte nella precedente nota ISPRA a partire dal compromesso stato di conservazione del Posidonieto residuo della zona descritto dal Proponente. Questa condizione, unitamente al posizionamento di zolle che potrebbero non avere la compattezza necessaria al trasferimento, come descritto dal proponente, rende la proposta di trapianto fatta assai poco concreta e poco garantita.

Al fine di poter garantire il buon esito del trapianto ai fini compensatori, se quanto rappresentato dal Proponente dovesse rimanere l'unica opzione di compensazione, **si rende necessario suggerire fortemente, lo sviluppo e la proposta da parte del Proponente stesso di un piano di sostituzione delle fallanze del trapianto, almeno nei primi 5 anni di vita del trapianto, da rendere operativo non appena i monitoraggi del trapianto mostrino che le condizioni ambientali ritenute attualmente "confortanti" si dimostrino nel tempo invece avverse alla sua riuscita o se le zolle trasferite mostrino una tendenza allo sfaldamento e alla conseguente perdita. Ovviamente, la sostituzione delle fallanze, nel caso si scelga come tecnica di trapianto quella del trasferimento di zolle di Posidonia, non potrà essere realizzata con la medesima tecnica e nel medesimo luogo, bensì occorrerà realizzarla con un'altra tecnica di trasferimento di fasci o talee di Posidonia e in altro luogo, emerso come idoneo a ricevere un trapianto attraverso opportuni studi pilota progressivi.** Si sottolinea che un piano di sostituzione delle fallanze minore di 5 anni non avrebbe efficacia poiché le recenti evidenze scientifiche hanno dimostrato che l'esito del trasferimento di zolle è apprezzabile nel primo quinquennio dalla realizzazione, proprio per la dinamica di assestamento delle zolle stesse.

.....permanono perplessità sulla scelta del sito di reimpianto dovute alla ubicazione nella zona adiacente il canale di entrata al porto. In termini di sicurezza e controllo delle attività di trapianto e di monitoraggio del trapianto nelle diverse fasi non si ritiene essere una garanzia che la posizione del sito di trapianto sia, " *.....ben visibile dalla palazzina della locale Capitaneria di Porto e che a nostro avviso, nulla osta a che l'area di reimpianto sia opportunamente segnalata da*

V.O.: condizione ambientale A5 DM 35/2018 "Adeguamento tecnico funzionale al Piano Regolatore Portuale del porto civico di Porto Torres - Prolungamento dell'antemurale di ponente e resecazione banchina alti fondali"

boe."

Le valutazioni correntometriche fatte al fine di valutare il rischio di erosione delle zolle trasferite sembra non trovare un buon livello di affidabilità a fronte dell'espressione dello stesso Proponente " *Le correnti che possiedono una certa energia su un fondale con le caratteristiche della st. Pt1 si manifestano quindi solo in presenza di burrasche ma va valutata quale sia loro capacità di sfaldamento sulle zolle di Posidonia in rapporto alle energie registrate. Va dunque verificata prima della posa la compattezza della zolla che deve possedere un intreccio di rizomi tali da garantire una sufficiente coesione, compattezza e resistenza allo stress meccanico operato dalla benna sia durante l'eradicazione e sia nella successiva posa sul fondale*". Verificare la mancata compattezza delle zolle durante la realizzazione del trasferimento renderebbe vano il trasferimento stesso. Si sottolinea inoltre, che esperienze pregresse di trasferimento zolle in aree isolate o non molto prossime ad una prateria naturale in buona salute condanna le zolle ad uno sfaldamento certo. Sul sito [www.lifese posso.eu](http://www.lifese posso.eu) sono disponibili informazioni aggiornate sui trapianti di *Posidonia*.

Si accoglie positivamente la proposta di effettuare un approfondimento sulla contaminazione chimica dei siti di espianto. "**N.B.:** *Si ritiene che siano quindi necessarie ulteriori analisi chimiche del sedimento da effettuarsi nelle zone sottoposte al prelievo delle zolle così come nelle aree ritenute idonee al reimpianto e si ribadisce come sia comunque necessaria la posa in aree limitrofe con caratteristiche oltre che batimetriche e granulometriche compatibili, anche chimico-fisiche simili a quelle di prelievo onde evitare ove vi fosse, qualsiasi forma di stravolgimento dell'assetto complessivo dei fondali dell'area ricevente.*"

Tuttavia, si ritiene che la programmazione di tali analisi sarebbe dovuta essere propedeutica alla scelta del trasferimento delle zolle e non da effettuarsi nelle fasi appena precedenti al trasferimento stesso. Un esito negativo delle analisi bloccherebbe conseguentemente ogni attività.

La proposta del Proponente di individuare due aree per il reimpianto a zolle sempre nel rispetto dell'assetto batimetrico, idrodinamico, di struttura sedimentaria e chimico-fisica del fondale ricevente, verrà valutata previa presentazione di un progetto di dettaglio per l'individuazione della nuova area per il trapianto a zolle. Si accoglie positivamente la proposta di favorire il trapianto a talee rispetto quello a zolle attraverso lo sviluppo di trapianti sperimentali pilota.

.....

Di risposta alle considerazioni tecniche/criticità sopra riportate, l'Autorità di sistema portuale del mare della Sardegna ha trasmesso con nota prot. 13459 del 23/06/2021 il documento "*Attività di ricerca e monitoraggio finalizzata all'individuazione del sito più idoneo per il trapianto di matte di Posidonia oceanica presenti su un'area interessata dai lavori di prolungamento dell'antemurale di ponente e della resecazione della banchina alti fondali del porto civico di Porto Torres. CIG 5630866220 – CUP b21g11000040001 – Programmazione attuativa regionale FSC 2007/2013. linea di azione 6.1.2.a.1 Adeguamento delle infrastrutture portuali di rilievo nazionale. Hub portuale di Porto Torres*".

Il capitolo seguente contiene una valutazione tecnica della proposta progettuale del Proponente.

### 1.3 CONSIDERAZIONI TECNICHE E CRITICITÀ RESIDUE

Dall'analisi della documentazione presentata dall'Autorità di sistema portuale del mare della Sardegna con nota prot. 13459 del 23.06.2021 si evince che l'obiettivo dell'attività svolta dal Dipartimento Di Architettura, Design e Urbanistica (DADU) e l'Autorità di Sistema Portuale del mare di Sardegna (AdSP) è stato quello di individuare aree di trapianto alternative a quelle proposte e scegliere la tecnica di trapianto di *Posidonia oceanica* più idonea per tali nuove aree.

Inoltre, un ulteriore obiettivo proposto è stato quello di collaborare alla formazione e divulgazione tecnico-scientifica riguardo le tematiche ambientali connesse alle attività di ricerca.

**Per questo ultimo obiettivo non vengono fornite informazioni di dettaglio sulla**

V.O.: condizione ambientale A5 DM 35/2018“Adeguamento tecnico funzionale al Piano Regolatore Portuale del porto civico di Porto Torres - Prolungamento dell'antemurale di ponente e resecazione banchina alti fondali”

### **sua realizzazione.**

Per quanto riguarda la **scelta di aree alternative** a quelle precedentemente proposte e idonee al trapianto di *Posidonia*, gli studi hanno riguardato principalmente delle zone site nel Golfo dell'Asinara, rispettivamente in prossimità di Stagno di Pilo, Abbacurrente, Punta Tramontana.

A valle della comparazione tra le zone di indagine, il proponente indica come sito idoneo al trapianto quello di Abbacurrente.

Il proponente riporta infatti che "*In base al tipo di fondale della zona di espianto, l'area con le caratteristiche più simili è quella di Abbacurrente: questa è caratterizzata dalla presenza di un'ampia superficie a matite morta e da una granulometria dei sedimenti simile all'area portuale*". Si riporta inoltre, a pag 27 del documento in esame, che "*L'area individuata si inserisce in un'ampia zona pressoché priva di *Posidonia oceanica* costituita da un vasto caulerpeto. L'area è caratterizzata da una cresta semicircolare (Fig. 19-a) indicata dalla freccia rossa in figura. Il crinale che ne segue può offrire riparo dalle correnti di fondo che hanno andamento da ovest e può quindi costituire una protezione a una possibile piantumazione. Si scorgono diverse piccole patch nella porzione in basso a destra (freccie gialle). *Posidonia oceanica* appare più abbondante verso la porzione più settentrionale (Fig. 19-b) a maggiore profondità.*"

Si segnala che nel sito di Abbacurrente rispetto agli altri, vi è assenza di prateria in prossimità dell'area di trapianto individuata mentre si rileva la presenza esclusiva di matite morta e di un Caulerpeto (Associazione a *Caulerpa prolifera: Caulerpetum proliferae*), che indicherebbe la presenza di una biocenosi delle sabbie fangose superficiali di ambiente calmo.

Sebbene gli studi effettuati dal Proponente relativi alla valutazione della qualità dell'ambiente marino e delle pressioni insistenti in questa zona, anche se nella loro genericità, non descrivano particolari criticità, sarebbe stato opportuno, come già indicato in premessa, per la corretta scelta del sito di reimpianto, redigere ed effettuare uno studio pilota per verificare l'idoneità dell'area al trapianto.

Per quanto riguarda la **tecnica di trapianto** il Proponente afferma che in base alle caratteristiche ambientali dell'area di Abbacurrente "*..... la tecnica più idonea al trapianto sia quella delle geostuoie biodegradabili ovvero strutture costituite da materiali geocompositi formati da rete metallica accoppiata con bioreti naturali in agave o cocco*".

Tale tecnica, già testata in precedenti interventi su territorio nazionale ([www.lifesepposso.eu](http://www.lifesepposso.eu)) ben si adatta a fondi caratterizzati prevalentemente da matite morta.

Per quanto riguarda la superficie di trapianto il proponente afferma che "*Considerando che la superficie interessata da *Posidonia oceanica*, stimata dalla cartografia è pari a 0,7 ha e che il valore di densità assoluta è di 18 fasci per m<sup>2</sup>, risulta che il numero di plantule da trapiantare è di circa 127.000.*" Inoltre, afferma che "*Se si impiegasse la tecnica delle stuoie per il trapianto di tutte le talee, le indicazioni prevedrebbero una media di 20 piante per m<sup>2</sup>. Si dovrebbe quindi disporre quindi di una superficie di 6300 m<sup>2</sup> con limiti di probabilità (95%) da 5700 a 7000 m<sup>2</sup>. La tecnica di trapianto, tuttavia, permette di incrementare la densità della piantumazione che ovviamente riduce la superficie d'impianto.*"

A tal riguardo si ribadisce che l'Art. 6 par. 3 e 4 *sensu* Direttiva Habitat (92/43/CEE)

prevede che la struttura e la funzione della prateria, perse a seguito della realizzazione di opere legate ad imperanti motivi di interesse nazionale e pubblico, dovranno essere recuperate e garantite **almeno in eguale proporzione** attraverso misure compensative, tra le quali viene considerato il trapianto.

**Pertanto, il trapianto di *Posidonia* dovrà essere realizzato su una superficie di estensione almeno pari a quella danneggiata, stimata di 0,7 ha, sfruttando la massima densità di piante trasferite consentita dalla tecnica di trapianto scelta dal Proponente.** Per il raggiungimento di tale densità massima consentita dalla tecnica scelta, si indica di utilizzare *in primis* le piante di *Posidonia* provenienti dall'area di cantiere in progetto nella quale si manifesteranno gli impatti sulla prateria. **Solo nel caso in cui**, nella fase di selezione delle piante per il trasferimento, **ci fosse un elevato scarto a causa del compromesso stato vitale delle piante stesse** e pertanto le piante selezionate non risultassero numericamente sufficienti al raggiungimento della massima densità richiesta, **si indica la necessità di specificare nel piano di trapianto dove e come individuare eventuali ulteriori fasci o talee da trapiantare necessari per raggiungere la massima densità di piante trapiantate consentita dalla tecnica scelta.** Tali indicazioni vengono date a garanzia del buon esito del trapianto, che deve sempre rispettare i fini compensatori della prescrizione, a prescindere dallo stato di conservazione attuale della prateria soggetta al danno.

Accanto al **progetto di reimpianto della *Posidonia oceanica***, e al **progetto di Monitoraggio del reimpianto** che il Proponente deve fornire, deve essere contestualmente sviluppato e presentato anche un **Progetto di sostituzione delle eventuali fallanze**, come riportato in Premessa. Si specifica che, per un trapianto di *Posidonia* attraverso geostuoie, il Progetto di sostituzione delle eventuali fallanze deve essere posto in essere **per non meno di 3 anni**, prevedendo la sostituzione dei fasci deteriorati/mancanti non appena gli esiti dei monitoraggi, contemplati nel Progetto, mostrino perdite tali da compromettere le iniziali fasi di attecchimento e stabilizzazione delle piante. Nel progetto di recupero delle eventuali fallanze il Proponente dovrà indicare dove e come prelevare eventuali ulteriori fasci o talee da trapiantare, necessari al recupero delle perdite rilevate.

#### 1.4 CONCLUSIONI

Preso atto che lo “studio di dettaglio” presentato dal proponente, richiesto dalla condizione ambientale A5) del DEC/VIA n. 35 del 06/02/2018 ed il cui controllo sull’attuazione è stato verificato da ARPAS sin dalla prima stesura, individua:

- il sito di reimpianto idoneo: Abbacurrente;
- la tecnica di trapianto: geostuoie biodegradabili;

per dare piena e compiuta attuazione a quanto sotteso dalla condizione ambientale A5), ossia il ripristino del danno arrecato all’habitat 1120\* (Praterie a *Posidonia oceanica*), è necessario che il proponente, **in tempi brevi**, fornisca contemporaneamente:

1. il progetto esecutivo del reimpianto della *Posidonia oceanica*, da eseguirsi con la tecnica scelta;
2. il relativo progetto di Monitoraggio del reimpianto;
3. il progetto di sostituzione delle eventuali fallanze.



## **OTTEMPERANZA**

**ANALISI DOCUMENTAZIONE E CONSIDERAZIONI TECNICHE CRITICITA' RESIDUE  
(CONDIZIONE AMBIENTALE A5 DECRETO MINISTERIALE N. 35 DEL 6/02/2018)**

### **PROGETTO**

**“Adeguamento tecnico funzionale al Piano Regolatore Portuale del porto civico di Porto Torres - Prolungamento dell'antemurale di ponente e resecazione banchina alti fondali”**

**Decreto Ministeriale n. 35 del 06/02/2018  
Condizione Ambientale A5**

**PROPONENTE  
AUTORITÀ DI SISTEMA PORTUALE DEL MARE DELLA SARDEGNA**

**Oggetto: Risposta alle considerazioni tecniche/criticità trasmesse da ISPRA all'Autorità di Sistema Portuale del Mare della Sardegna relative a: 1. Il progetto esecutivo del reimpianto della Posidonia oceanica, da eseguirsi con la tecnica scelta; 2. Il relativo progetto di Monitoraggio del reimpianto; 3. Il progetto di sostituzione delle eventuali fallanze.**

## **PREMESSA**

L'attuale documento si riferisce alle indicazioni di risposta e alle considerazioni tecniche/criticità trasmesse da ISPRA all'Autorità di sistema portuale del mare della Sardegna, a seguito del precedente nostro documento trasmesso con nota prot. 13459 del 23/06/2021 "*Attività di ricerca e monitoraggio finalizzata all'individuazione del sito più idoneo per il trapianto di matte di Posidonia oceanica presenti su un'area interessata dai lavori di prolungamento dell'antemurale di ponente e della resecazione della banchina alti fondali del porto civico di Porto Torres. CIG 5630866220 – CUP b21g11000040001 – Programmazione attuativa regionale FSC 2007/2013. linea di azione 6.1.2.a.1 Adeguamento delle infrastrutture portuali di rilievo nazionale. Hub portuale di Porto Torres*".

Nelle considerazioni tecniche e criticità residue del documento si richiedevano informazioni di dettaglio sulla realizzazione di una collaborazione per la formazione e divulgazione tecnico-scientifica riguardo le tematiche ambientali connesse alle attività di ricerca. Il documento concludeva che per dare piena e compiuta attuazione a quanto sotteso dalla condizione ambientale A5), ossia il ripristino del danno arrecato all'habitat 1120 (Praterie a *Posidonia oceanica*), asserendo che l'Autorità di Sistema Portuale del Mare della Sardegna, in tempi brevi, fornisca contemporaneamente il progetto esecutivo del reimpianto di *Posidonia oceanica* da eseguirsi con la tecnica scelta, il relativo progetto di Monitoraggio del reimpianto e il progetto di sostituzione delle eventuali fallanze.

# **PROGETTO ESECUTIVO DEL REIMPIANTO DI *POSIDONIA OCEANICA***

## **(Tecnica di trapianto: geostuoie biodegradabili)**

Sulla base dei risultati delle indagini preliminari poste in essere dall'Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sardegna (sede di Olbia) e DADU (Dip. di Architettura, Design e Urbanistica dell'Università agli Studi di Sassari), il posidonieto insistente sul futuro prolungamento dell'antemurale di Porto Torres sarà trapiantato nei fondali dell'area Abbacurrente del Golfo dell'Asinara, ritenuta l'area che possa massimizzare il successo della piantumazione.

## **Riforestazione con tecniche sperimentali con utilizzo dei rizomi**

Il progetto si colloca nell'ambito dello sviluppo di tecniche innovative di trapianto di *Posidonia oceanica* ed è finalizzato all'utilizzo dei rizomi prelevati dall'area portuale d'espanto.

Avrà come obiettivi specifici:

1. Valutare l'idoneità all'accrescimento di *Posidonia oceanica* proveniente da aree situate in prossimità del porto civico di Porto Torres, nell'ottica del programma di ripristino ambientale, in opportune aree del Golfo dell'Asinara;
2. Testare l'efficacia del trapianto nell'attecchimento di talee provenienti da aree non sottoposte a stress da comparare a quelle dell'area portuale di Porto Torres;
3. Comparare l'efficacia del trapianto lungo un gradiente di distanza dalla città di Porto Torres.

## ***Descrizione dell'intervento***

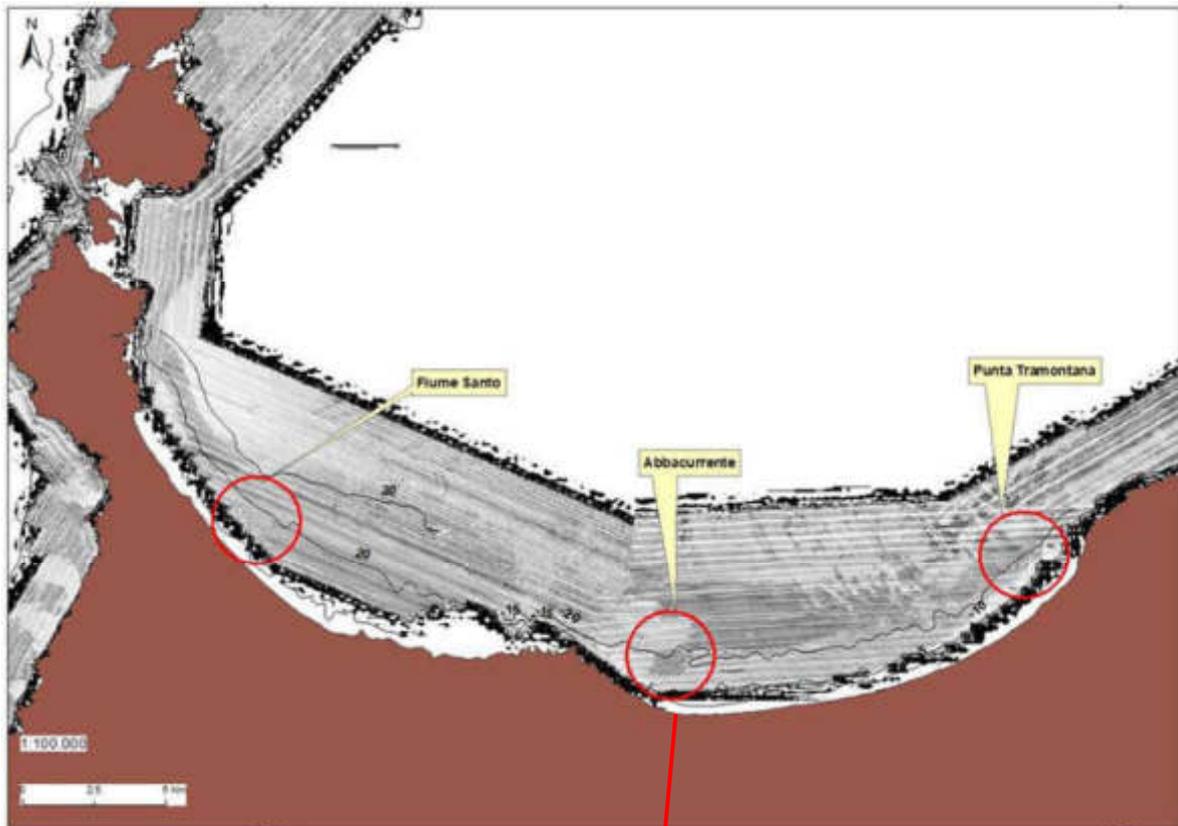
### **Obiettivo 1**

Si prevede di effettuare il trapianto principale in aree situate alla profondità tra 15 e 20 m nell'area di Abbacurrente distante 2,8 miglia nautiche ad Est dal centro abitato di Porto Torres. L'attività di ricerca permetterà di valutare l'efficacia dei metodi scelti in relazione alla

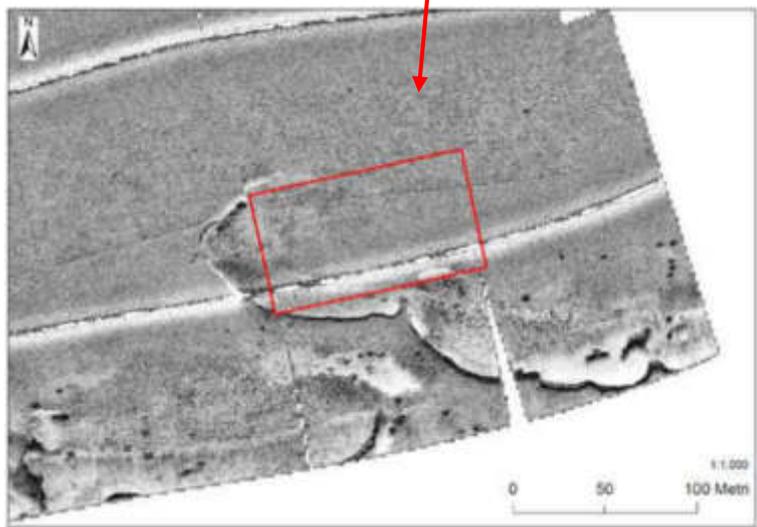
particolare situazione ambientale dell'area e valutare la tecnica in relazione alla capacità di attecchimento e crescita. Nell'area scelta sono presenti ampie superficie a matite morta, che indica la scomparsa di una prateria di Posidonia avvenuta nel passato recente; dati relativi a chiazze di Posidonia acquisiti in questi ultimissimi anni tuttavia indicano una ripresa dell'habitat e suggeriscono un miglioramento del quadro ambientale complessivo del Golfo; queste indicazioni sono in accordo con i risultati delle verifiche delle condizioni ambientali effettuate recentemente, riportate nel report di attività di ricerca e monitoraggio finalizzata all'individuazione del sito più idoneo per il trapianto di *Posidonia oceanica* recentemente effettuato. Lo stesso indica Abbacurrente come il sito con migliori requisiti d'idoneità tra le aree esaminate nel Golfo per l'azione di ripristino della prateria tali da garantire buone possibilità di successo della piantumazione.



Foto satellitare dell'area. Particolare di Abbacurrente. Il punto giallo indica la posizione dell'area da piantumare.



Geomosaico SSS del MATTM(2000) del golfo dell'Asinara con le potenziali aree di reimpianto.



Particolare del SSS di Abbacurrente. Il rettangolo rosso indica l'area di 0,7 ha da piantumare.

## Metodo

Sarà utilizzata la tecnica di ancoraggio dei rizomi al substrato con geostuoie biodegradabili col sistema **R.E.C.S.®** (Reinforced Erosion Control System).

Il sistema **R.E.C.S.®** (Reinforced Erosion Control System) è costituito da geocompositi costituiti da rete metallica a doppia torsione a maglia esagonale pre-acoppiata in fase di produzione con bioreti biodegradabili 100% naturali in cocco o agave.



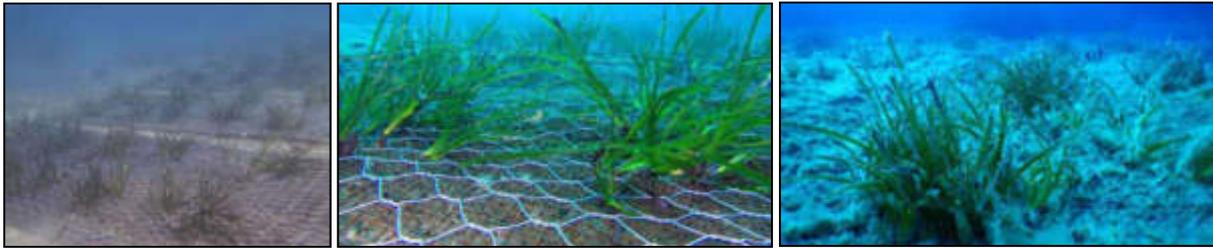
Geocomposito in rete metallica a doppia torsione preaccoppiato meccanicamente con biorete in cocco da 700 g/m<sup>2</sup>, biodegradabile al 100%.



Preparazione delle geostuoie prima della posa Sant'Amanza (Corsica)



Geostuoie posizionate sul fondale Sant'Amanza (Corsica)



Esempi di piantumazione mediante tecniche di ingegneria naturalistica con geostuoie (Isola d'Elba, International School for Scientific Diving)

### Procedura:

1. Preparazione a terra delle geostuoie delle dimensioni prestabilite;
2. Scelta di superfici idonee all'interno dell'area destinata al trapianto;
3. Stesura per file parallele dei teli di geostuoia;
4. Fissaggio della geostuoia sopraflutto e lungo i lati mediante picchetti in acciaio. Il numero di picchetti può essere variabile in base alle condizioni ambientali, ma non meno di uno per m<sup>2</sup> di stuoia;
5. Messa a dimora delle talee di *Posidonia oceanica* precedentemente preparate, per intrusione manuale all'interno delle maglie della stuoia. Per ogni m<sup>2</sup> si prevede di posizionare una patch di 20 talee. Ogni talea sarà costituita da un rizoma (plagiotropo o ortotropo) portante uno o più fasci fogliari.

### Mezzi e operatori

#### Mezzi:

**a) Imbarcazione** idonea al trasporto delle stuoie, delle piante da piantumare e all'assistenza della squadra operativa a bordo (2OTS e 2OSS); un assistente nautico; un assistente ausiliario, ROV.

**b) Imbarcazione** veloce d'appoggio.

**c) Gommone** veloce d'appoggio.

#### Operatori:

- **N°5 OTS** - Operatore Tecnico Subacqueo (di cui due laureati in discipline scientifiche con competenze di biologia marina, ovvero OTS laureati). Tutti gli OTS dovranno essere regolarmente iscritti agli appositi registri dei sommozzatori dalle Capitanerie di Porto ed in possesso del Libretto di Ricognizione. Si richiede la specializzazione per operazioni della subacquea professionale in ambiti dove sia necessaria comprovata competenza per tutte quelle attività che comportino rischi e lunghe immersioni

- **N°10 OSS** - Operatori scientifici subacquei muniti di opportuno brevetto di cui almeno 6 con comprovata esperienza sul monitoraggio di elementi biologici anche con l'utilizzo di strumentazione foto, video, ecc.; mappatura dei fondali; osservazione e misura di particolari situazioni ambientali; posizionamento e manutenzione di attrezzature specialistiche per studi mirati dell'ambiente marino; prelievi di campioni; valutazione specialistica dello stato marino

- **N° 2 Operai generici**

Tempistica

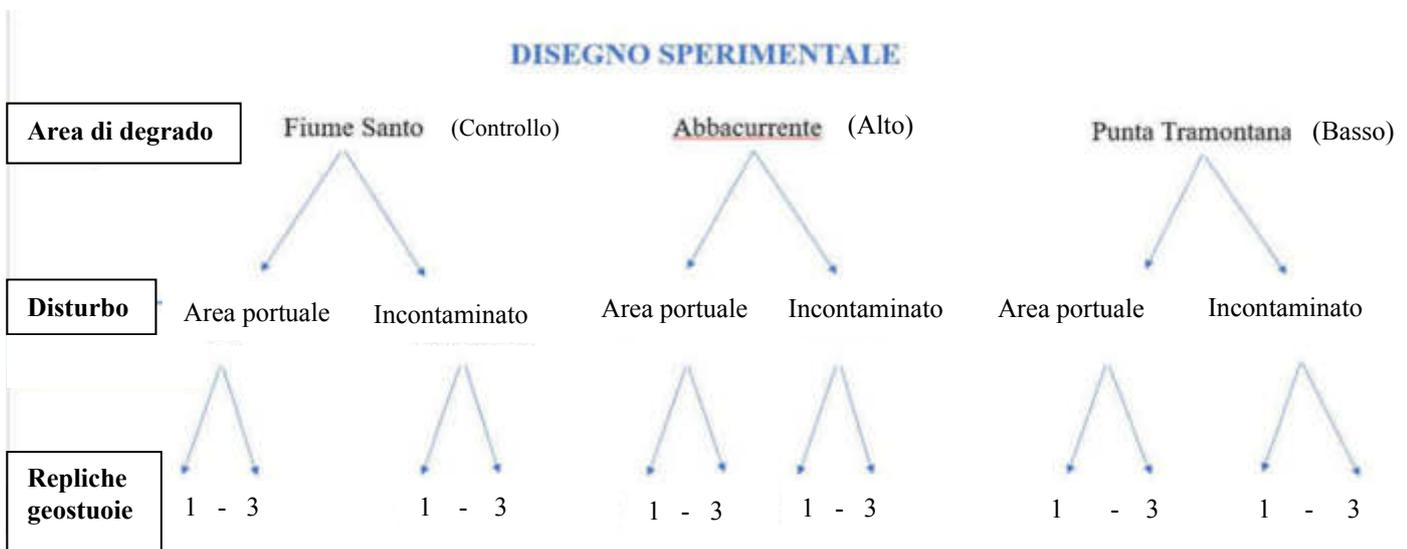
Per una copertura pari a 7000 m<sup>2</sup> sarebbero necessari 40/50 gg lavorativi impiegando al completo il personale sopraindicato.

## Obbiettivi 2 e 3

Al fine di valutare se vi siano influenze di tipo ambientale nell'attecchimento delle talee provenienti da Porto Torres, si intende avviare un progetto sperimentale che prevede l'impianto di talee provenienti da un Posidonieto sicuramente in buone condizioni impiantate su le stesse geostuoie descritte.

Su alcune geostuoie, nella postazione a fianco di quella preposta per le talee provenienti dall'area portuale, verranno poste 3 patches provenienti dal sito donatore. Il numero sarà limitato ma tale da sostenere una valida analisi statistica dei risultati. Il metodo di reimpianto e il relativo protocollo di monitoraggio sarà lo stesso di quello utilizzato per il progetto esecutivo (v. di seguito).

Di seguito si riporta il disegno sperimentale e i siti dove s'intende svolgere le attività:



Il fine è quello di verificare la ripresa e la crescita di *P. oceanica* in siti con diverso grado di disturbo ambientale, lungo un gradiente di degrado da Abbacurrente (Posidonia più degradata) a Punta Tramontana (Posidonia meno degradata), dove Fiume Santo rappresenta il sito di non degrado. Inoltre, sarà possibile indagare l'effetto dell'origine delle talee sulla performance del ripristino: talee che vengono dal sito portuale di PT in confronto a quelle che provengono da siti incontaminati.

Il disegno sperimentale dunque prevede 3 fattori: il fattore fisso "area" con tre livelli (Fiume Santo, considerato l'area di controllo per il livello di degrado nullo, Abbacurrente con un livello alto, Punta Tramontana con un livello basso), il fattore fisso "disturbo" con due livelli ("Area portuale" e "Incontaminato" inteso come talee provenienti da ambiente disturbato e non) e il fattore random "geostuoia" con 3 livelli gerarchizzato nell'interazione area di trapianto x origine; in ogni geostuoia verranno considerate 3 repliche (intese come patches di 20 talee).

Studi precedenti dimostrano che l'impatto derivante dall'area portuale di Porto Torres va a ridursi gradualmente da ovest verso est, seguendo l'andamento delle principali correnti presenti nel golfo ed è per questo che Fiume Santo, trovandosi a ovest dalla città risulta a monte rispetto all'andamento delle masse d'acqua, viene considerata area di controllo per il degrado.

Ogni geostuoia, in ciascuna delle tre aree, conterrà circa 160 talee di *P. oceanica* (20 per metro quadro). Esse saranno di due tipi: una costituita da talee derivanti dal sito di espianto (sito portuale) e l'altra dal sito locale ma incontaminato. Verranno poste una accanto all'altra in modo che le piante si trovino alle stesse condizioni sperimentali di correnti, granulometria e profondità.

## Progetto di Monitoraggio del reimpianto

Si prevede di effettuare il monitoraggio attraverso tre campagne il primo anno e due campagne per i 4 anni successivi (piano quinquennale).

Per ogni data di monitoraggio verranno svolte le seguenti attività:

1. Ricognizione video/fotografica completa delle aree di trapianto;
2. Conta delle patches presenti su ciascuna stuoia (stima di copertura);
3. Su una superficie pari al 25% dell'intero impianto saranno effettuate le seguenti misure *in situ*:
  - a. per ogni patch sarà contato il numero delle talee presenti e dei fasci e sarà valutato dello stato di vitalità delle piante;
  - b. su un fascio scelto in modo casuale per patch, sarà misurata la lunghezza/larghezza della foglia più lunga, sarà determinato lo stato degli apici e la misura del tessuto bruno, sarà stimato il ricoprimento epifita, la formazione di nuovi fasci e lo sviluppo di radici.
4. Determinazione del tasso di sedimentazione. In ciascuna data di monitoraggio, verranno posizionate delle trappole di sedimento (5 trappole per area) e dopo una permanenza di 10 giorni saranno ritirate per procedere alla determinazione della qualità e quantità del sedimento.

Per ogni monitoraggio, sarà quindi stimato:

1. la percentuale di patches ancora in situ
2. il tasso di sopravvivenza delle talee
3. la densità media dei fasci per patch

Inoltre, verrà stimata la densità dei fasci e saranno effettuate le misure fenologiche *in situ* anche nella prateria naturale più vicina alle aree riforestate. Il monitoraggio sarà effettuato alla stessa profondità dei trapianti su 12 m<sup>2</sup> di prateria.

## Mezzi e operatori

### Mezzi:

Imbarcazione uso conto proprio idonea all'assistenza della squadra operativa (1OTS e 2OSS v. seguito); un assistente nautico; un assistente ausiliario, ROV.

### Operatori:

**N°2 Squadre operative** (1 OTS + 2 OSS a bordo) costituite a rotazione dal personale:

- **N° 2 OTS** - Operatore Tecnico Subacqueo laureato in discipline scientifiche con competenze di biologia marina, ovvero laureato OTS). Gli OTS dovranno essere regolarmente iscritti agli appositi registri dei sommozzatori dalle Capitanerie di Porto ed in possesso del Libretto di Ricognizione. Si richiede la specializzazione per operazioni della subacquea professionale in ambiti dove sia necessaria comprovata competenza per tutte quelle attività che comportino rischi e lunghe immersioni
- **N°6 OSS** - Operatori scientifici subacquei muniti di opportuno brevetto di comprovata esperienza sul monitoraggio di elementi biologici anche con l'utilizzo di strumentazione foto, video, ecc; mappatura dei fondali; osservazione e misura di particolari situazioni ambientali; posizionamento e manutenzione di attrezzature specialistiche per studi mirati dell'ambiente marino; prelievi di campioni; valutazione specialistica dello stato marino.

### Tempistica

Da ripetere ogni quadrimestre per il 1° anno e ogni semestre per il 2°,3°,4°,5° anno per ogni area reimpiantata.

## Progetto di sostituzione delle eventuali fallanze

### Scelta della prateria donatrice incontaminata

La scelta della prateria donatrice incontaminata è stata effettuata sulla base dei seguenti criteri:

- qualità della prateria definita sulla base di parametri strutturali, fenologici e lepidocronologici;
- rapporto rizomi plagiotropi/ortotropi;
- distanza dal sito ricevente;
- profondità dei siti riceventi.

Sulla base dei suddetti criteri, è stata individuata una prateria donatrice localizzata a Fiume Santo ad ovest dell'area portuale, nella quale sono stati collocati i dissuasori antistrascico.



Area di Fiume Santo scelta per la prateria donatrice

Le attività di prelievo di talee nel sito donatore saranno eseguite secondo criteri di sostenibilità, riducendo al minimo l'impatto sulla popolazione naturale. Il taglio delle talee sarà infatti limitato alle piante che colonizzano i margini dei gradini di erosione delle matte ed in ogni caso ogni prelievo sarà adeguatamente distanziato l'uno dall'altro anche per enfatizzare la variabilità genetica delle plantule.

Metodo:

Operativamente si intende sostituire le talee che dovessero non sopravvivere con nuove talee secondo le modalità già indicate nel processo di riforestazione. Tale operazione sarà svolta una volta, ogni anno di monitoraggio.

Si è consapevoli che l'operazione di reimpianto costituisce un successo se, sia il tasso di sopravvivenza delle talee trapiantate sia la vitalità dei rizomi, in termini di allungamento e divisione dei fasci, sono maggiori del 50%. Tale valore è spesso preso come riferimento (valore soglia) per la valutazione del buon esito dei trapianti condotti nell'ambito delle prescrizioni riportate nei decreti VIA, relativi alla realizzazione di opere costiere che individuano il trapianto come misura compensativa degli impatti di tali opere. Riteniamo pertanto che, alla conclusione del ciclo quinquennale di monitoraggio, possa ritenersi vincente il raggiungimento questa soglia e pertanto la sostituzione delle fallanze possa avvenire secondo modalità che permettano il raggiungimento di tale obiettivo.

Collaborazione tra il Dipartimento di Architettura Design e Urbanistica (DADU) e l'Autorità di Sistema Portuale del Mare della Sardegna (ASPMS) alla formazione e divulgazione tecnico-scientifica riguardo le tematiche ambientali connesse alle attività di ricerca.

Il DADU è abilitato a promuovere e attivare tirocini "curricolari" e tirocini "formativi e di orientamento" ed ha siglato accordi di tirocinio con numerosi studi professionali, enti pubblici e privati sia in Italia che all'estero.

È in tale ambito che s'intende formalizzare il rapporto tra DADU e ASPMS relativamente alla formazione e divulgazione tecnico-scientifica di tale progetto.

Si precisa che il tirocinio è un periodo di formazione presso un'azienda o un ente privato o pubblico e ha lo scopo di "realizzare momenti di alternanza fra studio e lavoro nell'ambito dei processi formativi e di agevolare le scelte professionali mediante la conoscenza diretta del mondo del lavoro" (art. 1 D.M. 142/1998).

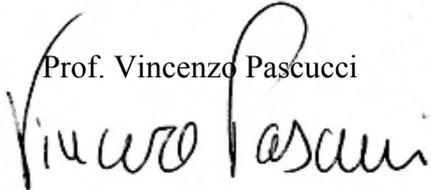
Il tirocinio curricolare è rivolto agli studenti intenzionati a completare il percorso di studio per il conseguimento del titolo finale, con attività formative pratiche svolte in strutture preferibilmente esterne all'Ateneo, favorendo anche un primo incontro con il mondo del lavoro. Il riconoscimento dei crediti è subordinato alla verifica, da parte del Dipartimento, della compatibilità tra esperienza di tirocinio e corso di studio seguito, in conformità a quanto previsto dal Regolamento del Dipartimento. Il tirocinio formativo e di orientamento (previsto dall'art. 18 della legge 196/1997) è facoltativo e rivolto ai laureandi e ai laureati da non più di dodici mesi, finalizzati alla conoscenza diretta del mondo del lavoro e consentono di realizzare un'esperienza lavorativa parallela o successiva al periodo di studio.

Si intende coinvolgere inoltre il Dottorato in Architettura e Ambiente, afferente al DADU e nel quale sono coinvolti ricercatori di altri dipartimenti quali quello di Chimica e Farmacia dove hanno sede alcuni degli ecologi marini che saranno coinvolti nel progetto. Gli obiettivi del corso infatti riguardano la questione ambientale che impone di ripensare forme e modi dell'abitare attorno a concetti di sostenibilità ambientale e alle varie scale, dalla pianificazione del territorio e dei sistemi di trasporto, di gestione delle risorse biotiche e abiotiche e degli ecosistemi, dell'energia, dell'acqua e del suolo, della progettazione sostenibile, della filosofia dell'architettura e metodologia del progetto, del recupero e della rigenerazione urbana fino al design degli oggetti e della comunicazione.

Si precisa che DADU offrirà tutti i supporti didattici e di ricerca scientifica mentre ASPMS darà i supporti materiali, logistici e di esperienza lavorativa agli allievi e dottorandi che intenderanno partecipare al progetto

Saranno inoltre effettuati seminari e incontri in abiti e tempi prestabiliti per l'ideale divulgazione delle attività e dei risultati, rivolta agli operatori di settore e a tutti coloro fossero interessati a questi temi ambientali attraverso gli opportuni media.

Alghero, 28 settembre 2021

Prof. Vincenzo Pascucci  




Autorità di Sistema Portuale  
del Mare di Sardegna

Porti di: Cagliari | Olbia | Porto Torres | Oristano | Golfo Aranci | Portovesme | Santa Teresa Gallura | Arbatax

Spett.le

ISPRA

Via Vitaliano Brancati, 48 - 00144 Roma (I)

PEC: [urp.ispra@ispra.legalmail.it](mailto:urp.ispra@ispra.legalmail.it)

[protocollo.ispra@ispra.legalmail.it](mailto:protocollo.ispra@ispra.legalmail.it)

ARPAS – Dipartimento di Sassari

Via Rockefeller n°56/58 - 07100 Sassari

PEC: [arpas@pec.arpa.sardegna.it](mailto:arpas@pec.arpa.sardegna.it)

E.p.c.

Ministero dell' Ambiente e della Tutela del Territorio  
e del Mare

**DIREZIONE GENERALE PER LA CRESCITA  
SOSTENIBILE E LA QUALITÀ DELLO  
SVILUPPO (CRESS)**

Via Cristoforo Colombo 44 - 00147 Roma

PEC: [CRESS@pec.minambiente.it](mailto:CRESS@pec.minambiente.it)

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SASSARI

Dipartimento di Architettura Desin e urbanistica

Palazzo del Pou Salit, Piazza Duomo 6

07041 Alghero (SS)

c.a. del Direttore del Dipartimento Prof. Emilio Turco

PEC: [dip.architettura.desing.urbanistica@pec.uniss.it](mailto:dip.architettura.desing.urbanistica@pec.uniss.it)



Autorità di Sistema Portuale  
del Mare di Sardegna

Porti di: Cagliari | Olbia | Porto Torres | Oristano | Golfo Aranci | Portovesme | Santa Teresa Gallura | Arbatax

**Oggetto:** Appalto per la progettazione definitiva ed esecutiva sulla base del progetto preliminare e per la realizzazione dei lavori per il prolungamento dell'Antemurale di Ponente e della Resezione della banchina Alti Fondali del Porto Civico di Porto Torres. CIG 5630866220 – CUP B21G11000040001 – Programmazione Attuativa Regionale FSC 2007/2013. Linea di azione 6.1.2.A.1 Adeguamento delle infrastrutture portuali di rilievo nazionale. HUB portuale di Porto Torres.

A far seguito alle considerazioni tecniche/criticità trasmesse da ISPRA e ARPAS all'Autorità di Sistema Portuale del Mare della Sardegna, acquisite agli atti al prot. 19786 del 17.09.2021, relative a: 1. Il progetto esecutivo del reimpianto della Posidonia oceanica, da eseguirsi con la tecnica scelta; 2. Il relativo progetto di Monitoraggio del reimpianto; 3. Il progetto di sostituzione delle eventuali fallanze, relative alla verifica di ottemperanza alle prescrizioni A5, si trasmette la relazione alle considerazioni tecniche e criticità residue evidenziate dall'analisi della documentazione.

Distinti saluti

Il RUP

Ing. Alessandro Meloni

Firmato digitalmente da

**Alessandro Meloni**

CN = Alessandro Meloni

O = AUTORITA' DI SISTEMA PORTUALE DEL

MARE DI SARDEGNA

C = IT



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

AGENZIA REGIONALE PRO S'AMPARU DE S'AMBIENTE DE SARDIGNA  
AGENZIA REGIONALE PER LA PROTEZIONE DELL'AMBIENTE DELLA SARDEGNA

ARPAS



## **Autorità di Sistema Portuale del mare della Sardegna**

PEC: [adsp@pec.adspmaredisardegna.it](mailto:adsp@pec.adspmaredisardegna.it)

p.c. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare

### **DIREZIONE GENERALE PER LA CRESCITA SOSTENIBILE E LA QUALITÀ DELLO SVILUPPO (CRESS)**

Via Cristoforo Colombo 44 - 00147 Roma

PEC: [CRESS@pec.minambiente.it](mailto:CRESS@pec.minambiente.it)

### **ARPAS - Dipartimento di Sassari**

Via Rockefeller n°56/58 - 07100 Sassari

PEC: [arpas@pec.arpa.sardegna.it](mailto:arpas@pec.arpa.sardegna.it)

**Oggetto: Verifica Ottemperanza condizione ambientale A5) del Decreto Ministeriale n. 35 del 06/02/2018: Adeguamento tecnico funzionale al Piano Regolatore Portuale del porto civico di Porto Torres - Prolungamento dell'antemurale di ponente e resecazione banchina alti fondali.  
Analisi della documentazione, ulteriori considerazioni tecniche e criticità residue**

In relazione alla trasmissione della documentazione di risposta alle osservazioni ISPRA E ARPAS, inviate con nota prot. ISPRA n. 48698 del 17/09/2021, in merito:

- alla tematica Posidonia, per la condizione ambientale A5) inoltrata da codesta Autorità di sistema portuale del mare della Sardegna, acquisite da ISPRA con prot. n. 51145 del 29/09/2021 e da ARPAS con prot. n. 33823 del 28/09/2021, si trasmette l'analisi di cui all'oggetto.

Cordiali saluti,

**ARPAS**  
**Direttrice del Dipartimento**  
**di Sassari e Gallura**

**ISPRA**  
**Responsabile del Servizio per le**  
**valutazioni ambientali, integrate e**  
**strategiche, e per le relazioni tra**  
**ambiente e salute**

Dott.ssa Rosina Anedda



ROSINA ANEDDA  
ARPA SARDEGNA  
DIRIGENTE  
17.11.2021  
12:48:55  
GMT+01:00

Dott. Massimo Gabellini ([documento informatico firmato digitalmente ai sensi dell'art. 24 D.Lgs. 82/2005](#))



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA  
AGENZIA REGIONALE PRO S'AMPARU DE S'AMBIENTE DE SARDIGNA  
AGENZIA REGIONALE PER LA PROTEZIONE DELL'AMBIENTE DELLA SARDEGNA  
ARPAS  
DIPARTIMENTO DI SASSARIE GALLURA

## **VERIFICA OTTEMPERANZA**

### **ANALISI DOCUMENTAZIONE E CONSIDERAZIONI TECNICHE CRITICITA' RESIDUE**

**(CONDIZIONE AMBIENTALE A5  
DECRETO MINISTERIALE N. 35 DEL 06/02/2018)**

#### **PROGETTO**

**“Adeguamento tecnico funzionale al Piano Regolatore Portuale del porto civico di Porto Torres - Prolungamento dell'antemurale di ponente e resecazione banchina alti fondali”**

**Decreto Ministeriale n. 35 del 06/02/2018  
Condizione Ambientale A5**

#### **PROPONENTE**

**AUTORITÀ DI SISTEMA PORTUALE DEL MARE DELLA SARDEGNA**

**Roma, 16/11/2021**

Doc. ISPRA:

V.O.: condizione ambientale A5 DM 35/2018 “Adeguamento tecnico funzionale al Piano Regolatore Portuale del porto civico di Porto Torres - Prolungamento dell'antemurale di ponente e resecazione banchina alti fondali”

.....

## INDICE

	<b>Pag.</b>
<b>1 VERIFICA DEL LIVELLO DI OTTEMPERANZA ALLA CONDIZIONE AMBIENTALE A5) DEL D.M. N. 35 DEL 06/02/2018.....</b>	<b>1</b>
1.1 CONDIZIONE AMBIENTALE A5) .....	1
1.2 ULTERIORI CRITITA ' RESIDUE.....	1
1.3 APPROFONDIMENTI TEMATICO.....	3
1.4 CONCLUSIONI .....	4
1.5 BIBLIOGRAFIA .....	4

## **1 VERIFICA DEL LIVELLO DI OTTEMPERANZA ALLA CONDIZIONE AMBIENTALE A5) DEL D.M. N. 35 DEL 06/02/2018**

### **1.1 CONDIZIONE AMBIENTALE A5)**

*Come già proposto dall'Autorità Portuale e richiesto dall'ARPAS, occorre presentare al MATTM uno studio di dettaglio sia per l'esatta definizione delle aree di reimpianto della Posidonia sia per chiarire le modalità di gestione del materiale asportato (contenente talli di Caulerpa) e la compatibilità del sedimento contenuto nelle matte asportate con il sito di destinazione. Il controllo sull'attuazione di tale studio dovrà essere effettuato dall'ARPAS.”*

### **1.2 ULTERIORI CRITICITÀ RESIDUE**

Nella relazione trasmessa a codesta Autorità di Sistema Portuale del mare della Sardegna con prot. ISPRA n. 48698 del 17/09/2021 ISPRA ed ARPAS evidenziavano nel paragrafo 1.4 “Conclusioni” che **“Preso atto che lo “studio di dettaglio” presentato dal proponente, richiesto dalla condizione ambientale A5) del DEC/VIA n. 35 del 06/02/2018 ed il cui controllo sull'attuazione è stato verificato da ARPAS sin dalla prima stesura, individua:**

- **il sito di reimpianto idoneo: Abbacurrente;**
  - **la tecnica di trapianto: geostuoie biodegradabili;**
- per dare piena e compiuta attuazione a quanto sotteso dalla condizione ambientale A5), ossia il ripristino del danno arrecato all'habitat 1120\* (Praterie a Posidonia oceanica), è necessario che il proponente, in tempi brevi, fornisca contemporaneamente:**
- 1. il progetto esecutivo del reimpianto della Posidonia oceanica, da eseguirsi con la tecnica scelta;**
  - 2. il relativo progetto di Monitoraggio del reimpianto;**
  - 3. il progetto di sostituzione delle eventuali fallanze.”**

Dall'analisi della documentazione presentata dall'Autorità di Sistema Portuale del mare della Sardegna con nota prot. 20547 del 28/09/2021 (prot. ISPRA n. 51145 del 29/09/2021) si riporta quanto di seguito.

Il progetto esecutivo del reimpianto di *Posidonia oceanica* descritto nei paragrafi “Obiettivo 1” e “Obiettivo 2-3” del documento esaminato risulta descritto, per quanto in modo stringato. **Il cronoprogramma delle attività di realizzazione del trapianto è assente**, viene definito soltanto un intervallo temporale pari a circa 40/50 giorni lavorativi senza alcun riferimento alle date di inizio delle attività di compensazione rispetto alle attività di realizzazione delle opere previste dal Piano Regolatore Portuale del porto civico di Porto Torres. **Si ricorda che le attività di trapianto di Posidonia devono essere realizzate e portate a termine prima dell'inizio dei lavori portuali in oggetto.**

**“Il progetto di monitoraggio del reimpianto”** descritto e proposto dal proponente

V.O.: condizione ambientale A5 DM 35/2018“Adeguamento tecnico funzionale al Piano Regolatore Portuale del porto civico di Porto Torres - Prolungamento dell'antemurale di ponente e resecazione banchina alti fondali”

prevede “..... di effettuare il monitoraggio attraverso tre campagne il primo anno e due campagne per i 4 anni successivi (piano quinquennale).” **Non è stato presentato il cronoprogramma dettagliato delle attività di monitoraggio a partire dalla presunta data di fine attività di trapianto.**

**Si evidenzia che il cronoprogramma integrato delle attività di trapianto e di monitoraggio deve essere ricompreso nella pianificazione del PMA dell’opera portuale in oggetto.**

Nella documentazione fornita il proponente dichiara che “Al fine di valutare se vi siano influenze di tipo ambientale nell’attecchimento delle talee provenienti da Porto Torres, si intende avviare un progetto sperimentale che prevede l’impianto di talee provenienti da un Posidonieta sicuramente in buone condizioni impiantate su le stesse geostuoie descritte”. Tale progetto prevede che “Su alcune geostuoie, nella postazione a fianco di quella preposta per le talee provenienti dall’area portuale, verranno poste 3 patches provenienti dal sito donatore in 3 diverse zone di trapianto seguendo un gradiente di allontanamento dal Porto di Porto Torres (fonte di pressione): Fiume Santo, Abbacurrente e Punta Tramontana. In questi trapianti sperimentali con talee derivanti dal dragaggio e non, non è stata specificata la superficie totale di prateria che verrà trapiantata ma solo il numero di talee totale (160 divise in 20 al metro quadro).

Si specifica che nella zona di Abbacurrente, **il trapianto di Posidonia dovrà comunque essere realizzato su una superficie di estensione almeno pari a quella danneggiata, stimata di 0,7 ha, sfruttando la massima densità di piante trasferite consentita dalla tecnica di trapianto (geostuoie biodegradabili) scelta dal Proponente, così come indicato nel precedente parere ISPRA-ARPAS e che le superfici trapiantate nelle altre zone di sperimentazione proposte (Fiume Santo e Punta Tramontana) non contribuiscono alla superficie da compensare.**

**Si sottolinea inoltre l’importanza di prevedere il prelievo di talee nelle praterie naturali seguendo criteri di sostenibilità e garantendo di minimizzare l’impatto del prelievo.**

**Si raccomanda che sulla superficie pari al 25% dell’intero trapianto, proposta come superficie campionaria per il monitoraggio, i parametri proposti vengano completati, laddove necessario, con quelli indicati nel documento A.A.V.V. LIFE SEPOSSO Report B2, 2020 – ([Report | LIFE SEPOSSO](#)) e per eventuali ulteriori approfondimenti in merito ai parametri e alle metodiche di misura dei descrittori strutturali e funzionali si rimanda a Buia *et al.* (2003).**

**Si sottolinea anche la valutazione della presenza in termini di copertura di alghe invasive (es *C. Cylindracea*) ed altri fattori di pressione, come l’eccessiva attività di grazing da parte di *Sarpa salpa* attraverso osservazioni qualitative in situ.**

Per quanto riguarda il **progetto di sostituzione delle eventuali fallanze**, si ribadisce che deve essere reso operativo non appena i monitoraggi del trapianto mostrino che le condizioni ambientali o eventuali azioni dell’uomo abbiano incidenze negative sul trapianto nei primi tre anni di vita, come da precedente parere ISPRA. **Si raccomanda (come espresso dal proponente) di prevedere il prelievo di talee nelle praterie naturali seguendo criteri**

### **di sostenibilità e garantendo di minimizzare l'impatto del prelievo.**

Inoltre, a garanzia della riuscita dell'intervento di trapianto si suggerisce **l'interdizione temporanea delle aree di trapianto alla pesca, navigazione e ancoraggi**, mediante specifiche ordinanze delle Capitanerie di Porto e controlli periodici da parte delle Autorità competenti.

Anche **l'adozione di misure di protezione del trapianto** come strutture anti-strascico e boe per l'ormeggio in prossimità dell'area di trapianto servono a garantire l'integrità dei moduli di trapianto nel tempo.

Per quanto riguarda l'obiettivo proposto di collaborare alla formazione e divulgazione tecnico-scientifica riguardo le tematiche ambientali connesse alle attività di ricerca da sviluppare mediante la collaborazione tra Dipartimento di Architettura Design e Urbanistica (DADU) e l'Autorità di Sistema Portuale del Mare della Sardegna (ASPMS), in merito alle quali, nel parere ISPRA-ARPAS prot. n. 48698 del 17/09/2021 al paragrafo 1.3 "Considerazioni tecniche e criticità residue", si indicava che non venivano fornite informazioni di dettaglio sulla sua realizzazione, **si evidenzia che nel presente documento viene specificato soltanto che gli strumenti formativi saranno il tirocinio extracurricolare e il dottorato di ricerca.**

In tale contesto si sottolinea che la **valorizzazione del trapianto** è una attività essenziale a garanzia del buon esito del trapianto. A tal fine, ad esempio, la redazione e la realizzazione di un piano di informazione e comunicazione, sviluppato anche in sinergia con le realtà territoriali potenzialmente coinvolte a vario titolo nell'intervento di trapianto, prima, durante e dopo la realizzazione dei trapianti potrà assicurare trasparenza e partecipazione pubblica, requisiti essenziali di una "buona" *governance* dei trapianti ([Report | LIFE SEPOSSO](#)).

### **1.3 APPROFONDIMENTI TEMATICO**

Un intervento di trapianto può essere considerato riuscito soltanto quando le talee si sono stabilizzate e mostrano una crescita buona e persistente e un attivo processo di ricolonizzazione (Fonseca *et al.*, 1998). Inoltre, le talee si possono ritenere consolidate soltanto quando sono giudicate in grado di garantire le funzioni di base dell'ecosistema: stabilizzazione del sedimento, supportare il ciclo dei nutrienti, produzione di biomassa, produzione secondaria. Pertanto, il monitoraggio a lungo termine (> di 5 anni, meglio se almeno fino a 10 anni) di un trapianto di talee rappresenta, quindi, il migliore strumento di verifica di tali funzioni. Ciò è in accordo con quanto osservato nel monitoraggio di diversi trapianti realizzati in Italia e raccomandato da diversi Autori (Fonseca *et al.*, 1998; Pirrotta *et al.*, 2015). Infatti, un buon risultato nelle fasi iniziali di un trapianto non corrisponde necessariamente ad un reale successo così come una bassa performance iniziale non compromette necessariamente il suo risultato positivo in futuro. Inoltre, l'acquisizione di dati relativi alla copertura delle praterie trapiantate è ritenuta prioritaria; l'acquisizione di tali dati nell'area ricevente prima e dopo dell'attività di trapianto permette nel tempo di

V.O.: condizione ambientale A5 DM 35/2018 "Adeguamento tecnico funzionale al Piano Regolatore Portuale del porto civico di Porto Torres - Prolungamento dell'antemurale di ponente e resecazione banchina alti fondali"

quantificare al meglio le superfici di trapianto vitali e di quelle andate perse (A.A.V.V. LIFE SEPOSSO Report B2, 2020).

L'intero arco temporale del monitoraggio consente nel breve termine (< 2 anni) di valutare l'attecchimento del materiale biologico e le eventuali fallanze dovute a morte naturale del materiale biologico o a danni meccanici (es mareggiate, pesca, ancoraggi, ecc.), nel medio termine (tra 2 e 5 anni) valutare il trend di crescita del trapianto come bilancio tra le eventuali perdite iniziali e le successiva la fase di crescita ed espansione-per il raggiungimento della fase di stabilità e nel lungo termine (almeno fino a 10 anni) di valutare il raggiungimento della maturità del trapianto e l'acquisizione di caratteristiche strutturali e funzionali assimilabili ad una prateria naturale.

#### 1.4 CONCLUSIONI

Stante quanto sopra esplicitato e tenendo conto delle specifiche richieste si chiede:

- 1. Cronoprogramma del Progetto esecutivo del trapianto e del Progetto di monitoraggio del trapianto che andranno integrati nel Progetto di Monitoraggio Ambientale complessivo dell'opera.**

#### 1.5 BIBLIOGRAFIA

- Fonseca M.S., Kenworthy W.J., Thayer G.W. (1998) - Guideline for the conservation and restoration of seagrasses in the United States and adjacent waters. NOAA coastal ocean decision analysis series no. 12. NOAA Coastal Ocean Office, Silver Spring, Maryland 20910. 222 pp.
- Pirrotta, M., Tomasello, A, Scannavino, A, Di Maida, G, Luzzu, F., Bellissimo, G., Bellavia, C., Costantini, C., Orestano, C., Sclafani, G., Calvo, S., 2015. Transplantation assessment of degraded *Posidonia oceanica* habitats: site selection and long-term monitoring. *Mediterranean Marine Science* 16/3, 591-604
- Buia M.C., Gambi M.C., Dappiano M. (2003) - *I sistemi a Fanerogame marine*. *Biologia Marina Mediterranea*, 10: 145-198.



Spett.le

ISPRA

Via Vitaliano Brancati, 48 - 00144 Roma (I)

PEC: [urp.ispra@ispra.legalmail.it](mailto:urp.ispra@ispra.legalmail.it)

[protocollo.ispra@ispra.legalmail.it](mailto:protocollo.ispra@ispra.legalmail.it)

ARPAS – Dipartimento di Sassari

Via Rockefeller n°56/58 - 07100 Sassari

PEC: [arpas@pec.arpa.sardegna.it](mailto:arpas@pec.arpa.sardegna.it)

E.p.c.

Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio  
e del Mare

**DIREZIONE GENERALE PER LA CRESCITA  
SOSTENIBILE E LA QUALITÀ DELLO  
SVILUPPO (CRESS)**

Via Cristoforo Colombo 44 - 00147 Roma

PEC: [CRESS@pec.minambiente.it](mailto:CRESS@pec.minambiente.it)

**Oggetto: Verifica di ottemperanza del Decreto Ministeriale n. 35 del 06/02/2018.** Appalto per la progettazione definitiva ed esecutiva sulla base del progetto preliminare e per la realizzazione dei lavori per il prolungamento dell’Antemurale di Ponente e della Rescazione della banchina Alti Fondali del Porto Civico di Porto Torres. CIG 5630866220 – CUP B21G11000040001 – Programmazione Attuativa Regionale FSC 2007/2013. Linea di azione 6.1.2.A.1 Adeguamento delle infrastrutture portuali di rilievo nazionale. HUB portuale di Porto Torres.

A far seguito alla Vostra nota del 16/11/2021 dal titolo “ANALISI DOCUMENTAZIONE E CONSIDERAZIONI TECNICHE, CRITICITÀ RESIDUE (CONDIZIONE AMBIENTALE A5 DECRETO MINISTERIALE N. 35 DEL 06/02/2018)”, acquisita al protocollo prot. 24818 del 18/11/2021, e a quanto discusso durante la videoconferenza del 29.09.2021, si trasmette, per la

prescrizione A5 il cronoprogramma del progetto esecutivo del reimpianto della posidonia oceanica e del progetto di monitoraggio del trapianto, progetto trasmesso con nota protocollo 20711 del 30.09.2021, e per la prescrizione A8 la nota in risposta alla Vostra nota del 13/4/2021 dal titolo “VERIFICA OTTEMPERANZA - ANALISI DOCUMENTAZIONE CONSIDERAZIONI TECNICHE CRITICITA’ RESIDUE (CONDIZIONE AMBIENTALE A8 DECRETO MINISTERIALE N. 35 DEL 06/02/2018)” del 13/04/2021 discussa durante la videoconferenza del 29.09.2021.

Riguardo le ulteriori prescrizioni del DM 35/2018 discusse durante la videoconferenza del 29.09.2021 si comunica che:

### **Prescrizione A.2)**

Soggetto individuato per la verifica di ottemperanza: MATTM

Enti coinvolti: ARPAS – ISPRA

Oggetto: Attività di dragaggio e rimozione dei massi di scogliera (ex. Art. 109 D.lgs. 152/06)

Tutte le caratterizzazioni ANTE OPERAM nell’area di resecazione (rimozione dei massi da scogliera) e di dragaggio saranno ripetute ed implementate a valle della consegna delle attività di Monitoraggio Ambientale (come previsto dal decreto DM 35/2018) prevedendo di concerto con ISPRA ed ARPAS una specifica riprogrammazione di tutte quelle prove eccedenti i limiti temporali previsti dal DM 173/2016 ed una mirata integrazione delle caratterizzazioni non eseguite perché richieste successivamente dagli Enti coinvolti.

Per le sole attività AO di cui sopra, da effettuarsi prima della consegna dei lavori veri e propri, si stima una durata complessiva di mesi 3, comprendente la redazione documentale, l’esecuzione delle attività, e la redazione del dossier finale con i report analitici che saranno a loro volta trasmessi agli enti coinvolti per la necessaria verifica di ottemperanza.

### **Prescrizione A.3)**

Soggetto individuato per la verifica di ottemperanza: MATTM

Enti coinvolti: ARPAS – ISPRA

Oggetto: indagini ambientali sul punto P1 ricadente in area SIN

Preliminarmente alla consegna dei lavori si procederà all’affidamento delle specifiche indagini ambientali sul punto P1 ricadente in area SIN, preliminarmente condotte nel corso di istruttoria del procedimento VIA e trasmesse ufficialmente al MATTM in risposta alla richiesta di integrazioni prot.

10569/DVA del 05.05.2017, e dagli esiti delle cui analisi è risultata assenza di tossicità e valori chimici nella norma per quanto riguarda i metalli e gli IPA.

Per le sole attività AO di cui sopra, da effettuarsi prima della consegna dei lavori veri e propri, si stima una durata complessiva di mesi 3, comprendente la redazione documentale, l'esecuzione delle attività, e la redazione del dossier finale con i report analitici che saranno a loro volta trasmessi agli enti coinvolti per la necessaria verifica di ottemperanza.

### **Prescrizione A.7)**

Soggetto individuato per la verifica: MATTM

Enti coinvolti: ARPAS – ISPRA

Oggetto: stesura concordata del piano di caratterizzazione e delle attività di recupero dei rifiuti da demolizione.

Nella fase di avvio delle attività di monitoraggio AO e preliminarmente alla consegna dei lavori, si procederà alla stesura concordata del Piano di Cantierizzazione delle attività di recupero dei rifiuti da demolizione con gli enti coinvolti ARPAS e ISPRA. Il documento sarà quindi sottoposto a verifica di ottemperanza.

L'attività di cui sopra sarà condotta in ombra alle attività di monitoraggio AO.

Preso atto delle risposte alle osservazioni ISPRA e ARPAS su monitoraggio Cetacei, prescrizione A8a), trasmesse con nota prot. 10038 del 18.01.2021, al fine di determinare definitivamente le eventuali modifiche richieste sul PMA esecutivo, si chiede di indicare una presunta data per un incontro tecnico, in videoconferenza, con gli Enti in indirizzo per discutere dell'ottemperanza alle prescrizioni ambientali di cui al Decreto Ministeriale n. 35 del 06/02/2018 ed in particolare delle prescrizioni A8), A5) e A8a).

Cordiali saluti

Il Dirigente della DTN  
Ing. Alessandro Meloni

Firmato digitalmente da

**Alessandro Meloni**

CN = Alessandro Meloni  
O = AUTORITA' DI SISTEMA PORTUALE DEL  
MARE DI SARDEGNA  
C = IT



## **AUTORITA DI SISTEMA PORTUALE DEL MARE DI SARDEGNA**

(ex AUTORITÀ PORTUALE NORD SARDEGNA)

**APPALTO DELLA PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA SULLA BASE DEL PROGETTO PRELIMINARE E PER LA REALIZZAZIONE DEI LAVORI PER IL PROLUNGAMENTO DELL'ANTEMURALE DI PONENTE E DELLA RESECAZIONE DELLA BANCHINA ALTI FONDALI DEL PORTO CIVICO DI PORTO TORRES. CIG 5630886220 – CUP B21G11000040001**



### **VERIFICA OTTEMPERANZA**

Analisi documentazione considerazioni tecniche criticità residue (condizione ambientale A5 DECRETO MINISTERIALE N. 35 DEL 06/02/2018) del 13/04/2021 evidenziate nella nota ISPRA, ARPAS del 16/11/2021



## **RISPOSTA**

**(CONDIZIONE AMBIENTALE A5**

**DECRETO MINISTERIALE N. 35 DEL 06/02/2018)**

**PROGETTO**

**“Adeguamento tecnico funzionale al Piano Regolatore Portuale del porto civico di Porto Torres - Prolungamento dell'antemurale di ponente e resecazione banchina alti fondali”**

**Decreto Ministeriale n. 35 del 06/02/2018  
Condizione Ambientale A5**

**PROPONENTE**

**AUTORITÀ DI SISTEMA PORTUALE DEL MARE DELLA SARDEGNA**

***CRONOPROGRAMMA DEL PROGETTO ESECUTIVO DEL TRAPIANTO E DEL PROGETTO DI MONITORAGGIO. AREA DI ESPIANTO: PORTO TORRES; REIMPIANTO: ABBACURRENTE, FIUME SANTO E P.TA TRAMONTANA***



## SOMMARIO

PREMESSA.....	4
1. CRONOPROGRAMMA DELLE ATTIVITÀ PER LA REALIZZAZIONE DEL TRAPIANTO .....	5
1.2 MEZZI E OPERATORI .....	6
2 CRONOPROGRAMMA DELLE ATTIVITÀ PER LA REALIZZAZIONE DEL MONITORAGGIO .....	7
2.1 MEZZI E OPERATORI .....	8



## PREMESSA

Nell'ambito del procedimento di verifica di ottemperanza alla condizione ambientale A5) del Decreto Ministeriale n° 35 del 06/12/2018, l'Autorità di Sistema Portuale del mare di Sardegna insieme al Dipartimento di Architettura, Design e Urbanistica (DADU), dell'Università degli Studi di Sassari ha predisposto la seguente nota in risposta al vs. documento del 16/11/2021 dal titolo "ANALISI DOCUMENTAZIONE E CONSIDERAZIONI TECNICHE, CRITICITÀ RESIDUE (CONDIZIONE AMBIENTALE A5 DECRETO MINISTERIALE N. 35 DEL 06/02/2018)" con il quale si chiedeva la realizzazione del cronoprogramma del progetto esecutivo del reimpianto della posidonia oceanica e del progetto di monitoraggio del trapianto trasmesso con nota protocollo 20711 del 30.09.2021.

Si precisa che l'arco temporale indicato nel cronoprogramma "trapianto" (60 gg operativi) si riferisce alla somma delle giornate utili agli interventi a mare che devono essere svolti in condizioni di mare calmo sia per motivi di massima sicurezza per il personale impiegato nelle operazioni sia per le modalità di posa delle geostuoie sia per il prelievo delle talee e loro piantumazione. Ne segue che il tempo complessivo dipenderà anche dall'incidenza degli avversi eventi meteo per le operazioni a mare.

Per ciò che attiene al cronoprogramma "monitoraggio" si prevede di completarne ciascuno di essi in dieci giorni lavorativi tenendo presenti le stesse riserve enunciate per il crono "meteo".

Si rimarca che le superfici trapiantate nelle altre zone proposte (Fiume Santo e Punta Tramontana) per il trapianto sperimentale non contribuiscono alla superficie da compensare e che queste ammontano complessivamente a 24 mq ovvero 8mq per area indipendenti dai 7000 mq compensati di Abbacurrente.



## 1. CRONOPROGRAMMA DELLE ATTIVITÀ PER LA REALIZZAZIONE DEL TRAPIANTO

		settimane operative						settimane documentali e comunicazione	
		1	2	3	4	5	7	8	9
	<b>Obiettivo: trapianto di Posidonia a Abbacurrente (superficie di 7000 m<sup>2</sup>), Fiume santo e P.ta Tramontana</b>								
Attività operative	1	-							
	2	-							
		-							
	3			-----					
	4				-----				
	5					-----			
	6					-----			
	7							-	
8							-		
a.documentali	9							-----	
	10							-----	
a.comunicative	11								
	12								-----



## 1.2 MEZZI E OPERATORI

1 Coordinatore scientifico

1 Vice-coordinatore scientifico

### Mezzi:

a) **Imbarcazione** idonea al trasporto delle stuoie, delle piante da piantumare e all'assistenza della squadra operativa a bordo (2OTS e 2OSS); un assistente nautico; un assistente ausiliario, ROV.

b) **Imbarcazione** veloce d'appoggio.

c) **Gommone** veloce d'appoggio.

### Operatori:

- **N°5 OTS** - Operatori Tecnici Subacquei di cui due laureati e con PhD in discipline scientifiche ovvero OTS laureati e specializzati in tematiche di scienze marine.

Tutti gli OTS dovranno essere regolarmente iscritti agli appositi registri dei sommozzatori dalle Capitanerie di Porto ed in possesso del Libretto di Ricognizione. Si richiede la specializzazione per operazioni della subacquea professionale in ambiti dove sia necessaria comprovata competenza per tutte quelle attività che comportino rischi e lunghe immersioni.

- **N°10 OSS** - Operatori scientifici subacquei muniti di opportuno brevetto di cui almeno 6 con comprovata esperienza sul monitoraggio di elementi biologici anche con l'utilizzo di strumentazione foto, video, ecc.; mappatura dei fondali; osservazione e misura di particolari situazioni ambientali; posizionamento e manutenzione di attrezzature specialistiche per studi mirati dell'ambiente marino; prelievi di campioni; valutazione specialistica dello stato marino

- **N° 10** Ricercatori, Dottorandi e/o Tirocinanti universitari che intendono partecipare al progetto preferibilmente muniti di opportuno brevetto per le immersioni subacquee.

- **N° 2 Operai generici**

- **N° 1** Operatore Tecnico Subacqueo esperto in riprese fotografiche e televisive sottomarine di comprovata esperienza e dotato delle attrezzature professionali necessarie al compimento del lavoro di documentazione



## 2 CRONOPROGRAMMA DELLE ATTIVITÀ PER LA REALIZZAZIONE DEL MONITORAGGIO

		1° anno			2° anno		3° anno		4° anno		5° anno	
		1°q.	2	3	1°s.	2	1°	2	1°	2	1°	2
	<b>Obiettivo: Monitoraggio del trapianto di Posidonia a Abbacurrente (superficie di 7000 m<sup>2</sup>), Fiume Santo e P.ta Tramontana</b>	1	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12
1	Ricognizione video/fotografica completa delle aree di trapianto;	-----										
2	Conta delle patches presenti su ciascuna stuoia (stima di copertura);	-----										
3	Su una superficie pari al 25% dell'intero impianto per ogni patch: conta del numero delle talee presenti e dei fasci e stato di vitalità delle piante;*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Su un fascio scelto in modo casuale per patch: misura della lunghezza/larghezza della foglia più lunga; determinazione dello stato degli apici; misura del tessuto bruno; ricoprimento epifita, controllo della formazione di nuovi fasci e sviluppo di radici, stima dell'attività di grazing;	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Determinazione del tasso di sedimentazione in 5 trappole di sedimento per area; permanenza di 10 giorni;	-----										
6	Determinazione della qualità e quantità del sedimento (analisi lab. campioni del punto 5);	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	Misurazione della percentuale di patches ancora in situ, del tasso di sopravvivenza delle talee e della densità media dei fasci per patch;	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	Stima della densità dei fasci e misure fenologiche in situ della prateria naturale più vicina alle aree di reimpianto (12 m <sup>2</sup> );	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	Valutazione delle fallanze e stima delle talee necessarie per il ripristino delle condizioni di partenza **	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	Raccolta delle talee dalla prateria donatrice e reimpianto nelle stuoie con fallanze**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	Immagini fotografiche di un numero significativo di patch e registrazione nella banca dati insieme ai dati fenologici	-----										
12	Registrazione delle diverse fasi dei lavori attraverso immagini fotografiche e video finalizzate alla comunicazione, ai media e stakeholder	-----										
13	Presentazione delle attività svolte e della progressione del reimpianto agli Enti Locali, Parchi e Aree marine protette, Capitanerie, Maestranze locali interessate, Scuole, Università, Enti di ricerca e controllo, media ecc.. (a mezzo: comunicato stampa e/o convegno e/o tavola rotonda e/o documentario)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

\*Su tutta la superficie nei siti P.ta Tramontana e Fiume Santo

\*\* Solo nel sito di Abbacurrente.



## 2.1 MEZZI E OPERATORI

1 Coordinatore scientifico

1 Vice-coordinatore scientifico

### Mezzi:

a) **Imbarcazione** uso conto proprio idonea all'assistenza della squadra operativa (1OTS e 2OSS v. seguito); un assistente nautico; un assistente ausiliario, ROV.

b) **2 Imbarcazioni** veloci d'appoggio

### Operatori

- N°2 Squadre operative (1 OTS + 2 OSS a bordo) costituite a rotazione dal personale:

- N° 2 OTS - Operatori Tecnici Subacquei laureati e con PhD in discipline scientifiche (ovvero OTS laureati e specializzati in tematiche di scienze marine).

Gli OTS dovranno essere regolarmente iscritti agli appositi registri dei sommozzatori dalle Capitanerie di Porto ed in possesso del Libretto di Ricognizione. Si richiede la specializzazione per operazioni della subacquea professionale in ambiti dove sia necessaria comprovata competenza per tutte quelle attività che comportino rischi e lunghe immersioni

- N°4 OSS - Operatori scientifici subacquei muniti di opportuno brevetto di comprovata esperienza sul monitoraggio di elementi biologici anche con l'utilizzo di strumentazione foto, video, ecc; mappatura dei fondali; osservazione e misura di particolari situazioni ambientali; posizionamento e manutenzione di attrezzature specialistiche per studi mirati dell'ambiente marino; prelievi di campioni; valutazione specialistica dello stato marino.

- N° 10 Ricercatori, Dottorandi e/o Tirocinanti universitari che intendono partecipare al progetto preferibilmente muniti di opportuno brevetto per le immersioni subacquee.

- N° 1 Operatore Tecnico Subacqueo esperto in riprese fotografiche e televisive sottomarine di comprovata esperienza e dotato delle attrezzature professionali necessarie al compimento del lavoro di documentazione.

Il RUP

Dirigente della DTN

Ing. Alessandro Meloni

Firmato digitalmente da

**Alessandro Meloni**

CN = Alessandro Meloni  
O = AUTORITA' DI SISTEMA PORTUALE DEL  
MARE DI SARDEGNA  
C = IT