



Prodotto realizzato con il contributo dello strumento finanziario LIFE dell'Unione Europea



S.E.POS.S.O.  
life project

Supporting Environmental governance for the POSidonia  
oceanica Sustainable transplanting Operations

LIFE16 GIE/IT/000761

## AZIONE A.3

Final report on *Posidonia  
oceanica* transplanting case  
studies analysis

02 aprile 2019





A cura di:

**Tiziano Bacci (ISPRA – Coordinatore di progetto)**

**Michele Scardi (Università di Roma, Tor Vergata)**

**Sebastiano Calvo (Università di Palermo, DISTeM)**

**Agostino Tomasello (Università di Palermo, DISTeM)**

**Claudia Bulleri (Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno Settentrionale)**

**Fabio Bertasi (ISPRA)**

**Barbara La Porta (ISPRA – Coordinatore di progetto)**



## **ABSTRACT**

### **Action A.3 - Final report on *Posidonia oceanica* transplanting case studies analysis**

Action A.3 "*Posidonia oceanica* transplanting: case studies analysis" of the LIFE SEPOSSO project aims at analyzing and sharing technical-scientific information, related to *P. oceanica* transplant sites analyzed within the Project. This report describes the four main *P. oceanica* transplant sites analyzed, carried out in Tuscany (Piombino), Lazio (Civitavecchia - S. Marinella), Campania (Ischia) and Sicily (Augusta-Priolo).

Analysis of the specific documentation for each study site was carried out, which made it possible to acquire: i) information relating to the context in which the transplantation activities were carried out; ii) information on the transplantation technique used; (iii) approach in which the explant and transplant operations were carried out (site selection, handling of cuttings, transplant surface, bathymetry, substrate, etc.), (iv) previous monitoring data of the transplant; v) site-specific criticalities that may have compromised the transplant; (vi) information of the preliminary survey performed within the SEPOSSO. These information, acquired by office and field activities, were transferred to the whole partnership, allowing to feed the discussion on what has been achieved in the past and on how to approach the integrative monitoring on the transplant sites provided for in action B2 within the SEPOSSO project.

In addition, the involvement of selected stakeholders in a scuba dive for each case study was planned in order to increase the knowledge of what has been achieved in the past about *P. oceanica* transplantation and to increase the transparency of the SEPOSSO project activities.

In three sites (Piombino, Civitavecchia - S. Marinella and Ischia,) the *P. oceanica* transplants were carried out as a measure to compensate for damage caused by coastal works and infrastructures, as indicated in the relevant Decrees of Environmental Impact Assessment (EIA). Differently in Augusta-Priolo site the transplant was carried out in a project of research, as a measure to restore the pre-existing meadow destroyed due to the high industrial pollution deriving from the activities of the Priolo-Augusta-Melilli petrochemical pole.

Table 1 shows the main information of the four study sites analyzed in this report.

|                               | <b>Piombino</b>   | <b>Civitavecchia/Santa Marinella</b>  | <b>Ischia</b>   | <b>Augusta/Priolo</b>   |
|-------------------------------|---|---|---|---|
| <b>CONTEXT</b>                | National EIA  | National EIA  | National EIA  | Project of Research   |
|                               | <b>Funder:</b> Port Authority of Piombino   | <b>Funder:</b> ENEL Produzione Spa  | <b>Funder:</b> CPL CONCORDIA Soc. Coop.   | <b>Funder:</b> Project co-financed by the European Regional Development Fund  |
| <b>IMPACT</b>                 | <b>Tipology:</b> dredging (access channel to the port)  | <b>Tipology:</b> dredging (power plant dock)  | <b>Tipology:</b> trench (methane pipeline)  | <b>Tipology:</b> industrial pollution   |
| <b>P. OCEANICA TRANSPLANT</b> | <b>Year:</b> 2014<br><b>Surface:</b> 1362 m <sup>2</sup><br><b>N. clods:</b> 340<br><b>Technique:</b> clods | <b>Year :</b> 2004<br><b>Surface:</b> 10.000 m <sup>2</sup><br><b>N. shoots:</b> 306.592<br><b>Technique:</b> reinforced concrete frames with wire mesh | <b>Year :</b> 2009<br><b>Surface:</b> 1600 m <sup>2</sup><br><b>N. shoots :</b> 50.032<br><b>Technique:</b> reinforced concrete frames with wire mesh | <b>Year :</b> 2014<br><b>Surface:</b> 2.500 m <sup>2</sup><br><b>N. shoots :</b> 60.000<br><b>Technique:</b> biodegradable modular supports |
| <b>PREVIOUS MONITORING</b>    | 3 years   | 13 years  | 8 years   | 2 years   |

# Sommario

|  |    |
|--|----|
| 1 INTRODUZIONE.....  | 5  |
| 2 APPROCCIO METODOLOGICO.....  | 7  |
| 3 ANALISI DEI CASI STUDIO.....   | 10 |
| 3.1 Caso studio del trapianto di <i>P. oceanica</i> di Civitavecchia - S. Marinella..... | 10 |
| 3.1.1 Contesto.....  | 10 |
| 3.1.2 Tecnica di trapianto.....  | 11 |
| 3.1.3 Attività di trapianto.....   | 11 |
| 3.1.4 Monitoraggio pregresso del trapianto del 2004-2005.....                            | 14 |
| 3.1.5 Criticità sito specifiche.....   | 17 |
| 3.1.6 Attività di prospezioni preliminari nell'ambito del LIFE SEPOSSO.....              | 17 |
| 3.2 Caso studio del trapianto di <i>P. oceanica</i> di Ischia.....                       | 19 |
| 3.2.1 Contesto.....  | 19 |
| 3.2.2 Tecnica di trapianto.....  | 20 |
| 3.2.3 Attività di trapianto.....   | 21 |
| 3.2.4 Monitoraggio pregresso del trapianto del 2008-2009.....                            | 25 |
| 3.2.5 Criticità sito specifiche.....   | 28 |
| 3.2.6 Attività di prospezioni preliminari nell'ambito del LIFE SEPOSSO.....              | 28 |
| 3.3 Caso studio del trapianto di <i>P. oceanica</i> di Augusta-Priolo.....               | 31 |
| 3.3.1 Contesto.....  | 31 |
| 3.3.2 Tecnica di trapianto.....  | 32 |
| 3.3.3 Attività di trapianto.....   | 33 |
| 3.3.4 Monitoraggio pregresso del trapianto del 2014.....                                 | 35 |
| 3.3.5 Criticità sito specifiche.....   | 37 |
| 3.3.6 Attività di prospezioni preliminari nell'ambito del LIFE SEPOSSO.....              | 38 |
| 3.4 Caso studio del trapianto di <i>P. oceanica</i> di Piombino.....                     | 41 |
| 3.4.1 Contesto.....  | 41 |
| 3.4.2 Tecnica di trapianto.....  | 41 |
| 3.4.3 Attività di trapianto.....   | 43 |
| 3.4.4 Monitoraggio pregresso del trapianto del 2014.....                                 | 45 |

|   |    |
|---|----|
| 3.4.5 Criticità sito specifico.....   | 45 |
| 3.4.6 Attività di prospezioni preliminari nell'ambito del LIFE SEPOSSO..... | 47 |
| 4 BIBLIOGRAFIA.....   | 50 |

## 1 INTRODUZIONE

Sebbene l'importanza ecologica ed economica delle praterie di *Posidonia oceanica* (L.) Delile sia riconosciuta a livello internazionale, e siano conseguentemente protette da diverse norme, sia a livello nazionale, sia a livello europeo, le praterie di *P. oceanica* sono oggi in forte regressione in tutti i paesi dell'area mediterranea (Boudouresque et al., 2006). Le praterie, infatti, sono assai vulnerabili agli impatti antropici e la loro regressione è particolarmente accentuata soprattutto in prossimità dei grandi centri urbani, industriali e portuali (Bourcier et al., 1979; Boudouresque e Meinesz, 1982; Meinesz e Lefèvre, 1984; Pérès, 1984; Blanc e Jeudy de Grissac, 1989; Meinesz et al., 1991a; Bianchi e Peirano, 1995; Pasqualini et al., 1999; Boudouresque et al., 2006). Tutto ciò, unitamente alla lentezza dei processi di ricolonizzazione naturale, ha favorito l'affermarsi dell'idea che poteva essere necessario sviluppare tecniche di trapianto come mezzo per favorire e/o accelerare i processi di rigenerazione naturale (Meinesz et al., 1990, 1991b; Molenaar e Meinesz, 1992a, 1992b; Calumpang e Fonseca, 2001; Boudouresque et al., 2006). *P. oceanica* è infatti una delle Magnoliophyte con la più lenta crescita al mondo, pertanto, di fronte a effetti distruttivi, di stress o di disturbo, il trapianto ha il solo scopo di ovviare in parte a questa lentezza, accelerando, per quanto possibile, il processo naturale di recupero. Infatti, la gestione corretta di un intervento di trapianto non può prescindere dalla consapevolezza che il trapianto stesso è un lento processo di ricolonizzazione da parte di talee selezionate che si espandono fino a ricostituire, solamente dopo molti anni, una prateria continua. Un trapianto, quindi, non deve essere immaginato come un rapido rinverdimento, così come avviene per un prato in ambiente terrestre.

Alcune tecniche di reimpianto hanno dimostrato, negli anni, di essere valide per le fanerogame marine pioniere, caratterizzate da un elevato tasso di accrescimento e da una discreta tolleranza a condizioni ambientali avverse. Accanto all'idea di reimpiantare praterie distrutte, danneggiate o sofferenti per effetto delle alterazioni causate nel passato sull'ambiente marino-costiero (ad esempio variazioni della dinamica costiera indotte dalla realizzazione di opere costiere), negli ultimi anni il trapianto di limitati settori di praterie di *P. oceanica*, è sempre più spesso stato individuato, all'interno dei Decreti VIA relativi alla realizzazione di opere costiere, come forma di compensazione degli impatti associati. A tal riguardo, in considerazione sia dell'elevata sensibilità degli habitat a praterie di *P. oceanica*, sia della modesta esperienza nella realizzazione degli interventi di piantumazione, è opportuno fare alcune riflessioni. Da un lato è doveroso sottolineare come oggi esista concretamente il rischio che le operazioni di compensazione si risolvano esclusivamente in un alibi da esibire nei confronti dell'opinione pubblica in quanto "... omissis... non esiste una compensazione reale a un danno e la distruzione di una prateria di *P. oceanica* è un fenomeno irreversibile, perché il biotopo è stato definitivamente distrutto" (Boudouresque et al., 2006).

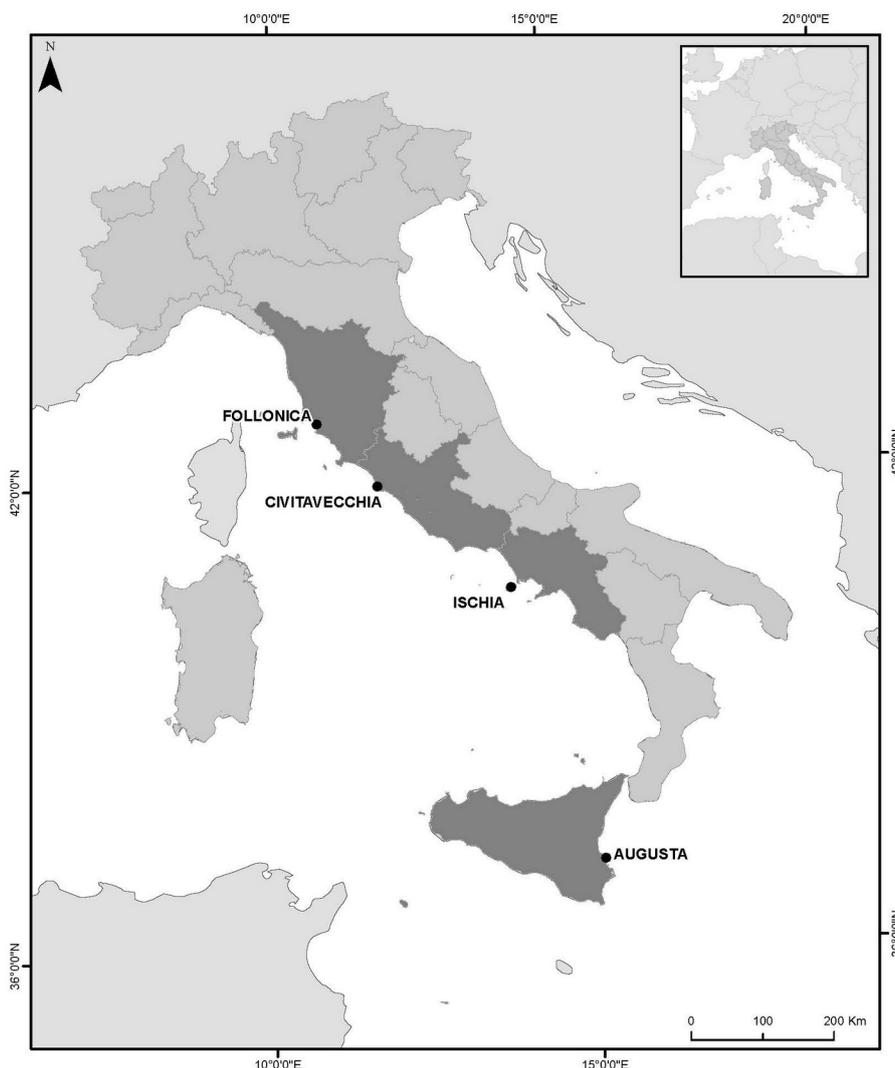
In Mediterraneo sono diversi gli esempi di reimpianti di *P. oceanica*, quale misura di compensazione, realizzati senza tenere conto della necessità che le procedure di trapianto da un lato devono essere sito specifiche dall'altro devono essere inserite in più ampi progetti di gestione integrata della fascia costiera (Boudouresque et al., 2006). Oltretutto, la necessità di una

valutazione delle procedure più idonee da adottare caso per caso deriva non solo dalla complessità che caratterizza tali procedure, ma anche dalla constatazione dell'elevato numero di insuccessi documentati in letteratura. I risultati in termini di successo dei trapianti di fanerogame marine, in base ai dati disponibili su scala mondiale, restano alquanto contrastanti. In Mediterraneo, ad esempio, a più di 25 anni dal primo intervento di trapianto di talee di *P. oceanica* non si è costituita una vera prateria (Boudouresque et al., 2000). Tuttavia, alcune delle esperienze più recenti sembrano indicare risultati incoraggianti in termini di successo delle attività di trapianto, soprattutto nel caso di interventi a piccola scala con talee, semi e giovani plantule di *P. oceanica*, (Borum et al., 2004; Díaz-Almela e Duarte, 2008; Carannante, 2011, Valiante et al., 2010). A tutt'oggi, le tecniche di reimpianto di praterie di fanerogame marine possono essere considerate ancora tecniche innovative, non del tutto consolidate, la cui affidabilità non è comparabile con quella acquisita nelle tecniche di riforestazione condotte sulla terraferma (Boudouresque et al., 2006). Tuttavia, attualmente in Italia sono in corso diversi progetti per la messa a punto e sperimentazione di nuove tecniche di reimpianto, al fine di individuare modalità operative sempre più affidabili, che siano al contempo economicamente sostenibili, tali da poter essere impiegate anche ad una scala spaziale più vasta. E' pertanto auspicabile investire in attività di ricerca volte a testare e sviluppare le tecniche di trapianto soprattutto per conoscere la variabilità delle risposte biologiche associate e selezionare quelle più idonee in funzione sia delle diverse caratteristiche dei siti sia delle specifiche esigenze progettuali.

Secondo alcune stime, il valore dei servizi forniti da un ecosistema a fanerogame marine raggiunge mediamente 15837 euro ha<sup>-1</sup>a<sup>-1</sup>, pari a due ordini di grandezza maggiore di quello stimato per le terre coltivate (Costanza et al., 1997; Terrados e Borum, 2004); questo valore, nel caso di *P. oceanica* è stimato pari a 1720000 euro ha<sup>-1</sup>a<sup>-1</sup> (Vassallo et al., 2013). Pertanto, sia il valore ecologico sia il servizio ecosistemico fornito dalle praterie impongono una scrupolosa valutazione nelle fasi autorizzative di opere la cui realizzazione possa comportare effetti diretti e/o indiretti su settori più o meno ampi di prateria.

## 2 APPROCCIO METODOLOGICO

L'obiettivo del presente Report è la sintesi delle attività del Progetto intraprese nel primo anno nell'ambito dell'azione A3 "*Posidonia oceanica* transplanting: case studies analysis", la cui finalità è stata la condivisione delle informazioni, principalmente di tipo tecnico-scientifico, relativi a quattro siti di trapianto di *Posidonia oceanica* analizzati nell'ambito del Progetto SEPOSSO, realizzati in Toscana (Piombino), Lazio (Civitavecchia - S. Marinella), Campania (Ischia) e Sicilia (Augusta-Priolo).



Siti di trapianto di *Posidonia oceanica* analizzati nell'ambito del progetto Life SEPOSSO

In tre siti (Piombino, Civitavecchia - S. Marinella e Ischia,) il trapianto di *Posidonia* è stato realizzato come misura di compensazione di danni causati da opere e infrastrutture costiere, come indicato nei relativi decreti di Valutazione di Impatto Ambientale (VIA). Nel sito di Augusta, invece, il trapianto è stato realizzato, nell'ambito di un progetto di Ricerca e Formazione del

Programma Operativo Nazionale (PON), come misura di ripristino della preesistente prateria, distrutta a causa dell'elevato inquinamento industriale derivante dalle attività del polo Petrochimico di Priolo-Augusta-Melilli.

I trapianti di *P. oceanica* nei quattro siti selezionati, sono stati realizzati con tecniche diverse, su diverse scale spaziali e in diversi periodi (Tab. 1). Al contempo, i monitoraggi finalizzati alla valutazione dell'esito dei trapianti, anche quando parte integrante delle prescrizioni del relativo decreto VIA, sono stati effettuati, nei quattro siti, a intervalli temporali diversi e con modalità differenti sia in termine di parametri investigati sia di metodi utilizzati.

nell'ambito dell'azione A3 "*Posidonia oceanica* transplanting: case studies analysis", per ogni sito di studio, è stata effettuata l'analisi della documentazione specifica che ha permesso di acquisire, in modo condiviso all'interno del partenariato, le informazioni relative alle attività di trapianto eseguite e alle cause all'origine del danno alle praterie. Le informazioni acquisite relativamente ad ogni caso studio e trasferite a tutti agli operatori subacquei, hanno permesso di alimentare la discussione su quanto è stato realizzato in passato e su come approcciare i sopralluoghi e i futuri monitoraggi nell'ambito del Progetto. La realizzazione di una immersione, in una stazione selezionata come rappresentativa del monitoraggio pregresso, ha avuto la finalità di condividere e programmare al meglio il lavoro in mare, consentendo, inoltre, di realizzare una formazione specifica degli operatori subacquei relativamente alle attività di monitoraggio in programma. Inoltre, le informazioni acquisite, anche di tipo video-fotografico, sono state funzionali all'analisi del caso studio nell'ambito di un *briefing* post-immersione e alla definizione e/o conferma delle successive attività di monitoraggio previste nell'ambito del progetto SEPOSSO (Azione B2). Tali monitoraggi sono stati precedentemente discussi e condivisi dal partenariato nell'ambito dell'azione B2 - "*Monitoring performance of existing Posidonia oceanica transplanting*" e riportato nel *deliverable* "*Monitoring protocol of P. oceanica transplanting*".

Nell'ambito di questa azione è stata prevista la partecipazione ad una immersione sui siti di trapianto da parte degli *stakeholder* individuati per ogni caso specifico al fine di aumentare la conoscenza di quanto è stato realizzato sia in termini di trapianto di *Posidonia* sia di impatto sulle praterie e al fine di aumentare la trasparenza delle attività del progetto SEPOSSO.

Nel presente Report, per ogni sito di studio, verrà presentato il contesto all'interno del quale far risalire le cause all'origine del danno alle praterie di *Posidonia*, informazioni in merito alle diverse tecniche di trapianto utilizzate e agli aspetti tecnici del trapianto stesso, i monitoraggi pregressi e le eventuali criticità che possono aver compromesso i trapianti. Infine, per ogni sito, viene riportato quanto effettuato nell'ambito dell'azione come attività propedeutica ai monitoraggi previsti dal progetto.

Tabella 1: I quattro siti in cui sono stati realizzati i trapianti di *P. oceanica*, sono stati realizzati con tecniche diverse, su diverse scale spaziali e in diversi periodi.

|                            | <b>Piombino</b>   | <b>Civitavecchia/Santa Marinella</b>  | <b>Ischia</b>  | <b>Augusta/Priolo</b>  |
|----------------------------|---|---|--|--|
| <b><u>CONTESTO</u></b>     | VIA nazionale   | VIA nazionale   | VIA nazionale  | Progetto di Ricerca  |
| <b><u>COMMITTENTE</u></b>  | Autorità Portuale di Piombino   | ENEL Produzione Spa   | CPL CONCORDIA Soc. Coop.   | Progetto cofinanziato dal FESR – Fondo Europeo di Sviluppo Regionale   |
| <b><u>IMPATTO</u></b>      | <b>Tipologia:</b> dragaggio canale accesso al porto   | <b>Tipologia:</b> dragaggio per darsena della centrale elettrica  | <b>Tipologia:</b> trincea per posa condotta metano   | <b>Tipologia:</b> diffuso di tipo industriale  |
| <b><u>TRAPIANTO</u></b>    | <b>Anno:</b> 2014<br><b>Sup. tot.:</b> 1362 m <sup>2</sup><br><b>N. zolle:</b> 340<br><b>Tecnica:</b> zolle | <b>Anno:</b> 2004<br><b>Sup. tot.:</b> 10.000 m <sup>2</sup><br><b>N. fasci fogliari:</b> 306.592<br><b>Tecnica:</b> Cornice in cemento | <b>Anno:</b> 2009<br><b>Sup. tot.:</b> 1600 m <sup>2</sup><br><b>N. fasci fogliari:</b> 50.032<br><b>Tecnica:</b> Cornice in cemento | <b>Anno:</b> 2014<br><b>Sup. tot.:</b> 2.500 m <sup>2</sup><br><b>N. fasci fogliari:</b> 60.000<br><b>Tecnica:</b> Stella biodegradabile |
| <b><u>MONITORAGGIO</u></b> | 3 anni  | 13 anni   | 8 anni   | 2 anni   |

### 3 ANALISI DEI CASI STUDIO

#### 3.1 Caso studio del trapianto di *P. oceanica* di Civitavecchia - S. Marinella

##### 3.1.1 Contesto

Nell'ambito del progetto di conversione a carbone della centrale termoelettrica dell'ENEL di Torrevaldaliga, a nord di Civitavecchia, è stato previsto la realizzazione di alcune banchine attrezzate per lo scarico del carbone. Queste hanno richiesto il dragaggio dei fondi antistanti la centrale e la conseguente rimozione di una vasta porzione, pari a un ettaro della prateria di *Posidonia oceanica* nell'area della Mattonara (Sito di Interesse Comunitario SICIT6000005), designata nel 2016 come Zona Speciale di Conservazione (ZSC IT6000005), a nord del porto di Civitavecchia (RM) (mar Tirreno centrale). Le attività dell'ENEL sono state assoggettate a Valutazione di Impatto Ambientale (VIA 6923/2002) e nell'ambito del relativo decreto VIA è stato prescritto dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) che ENEL Spa realizzasse, come misura di compensazione del danno alla prateria, un trapianto di *P. oceanica*.

Il trapianto è stato realizzato prima delle attività di dragaggio, tra agosto 2004 e marzo 2005, in aree, individuate come idonee, all'interno dell'attuale Zona Speciale di Conservazione (ZSC IT6000007) situata tra il comune di S. Marinella e l'abitato di S. Severa (Fig.2).

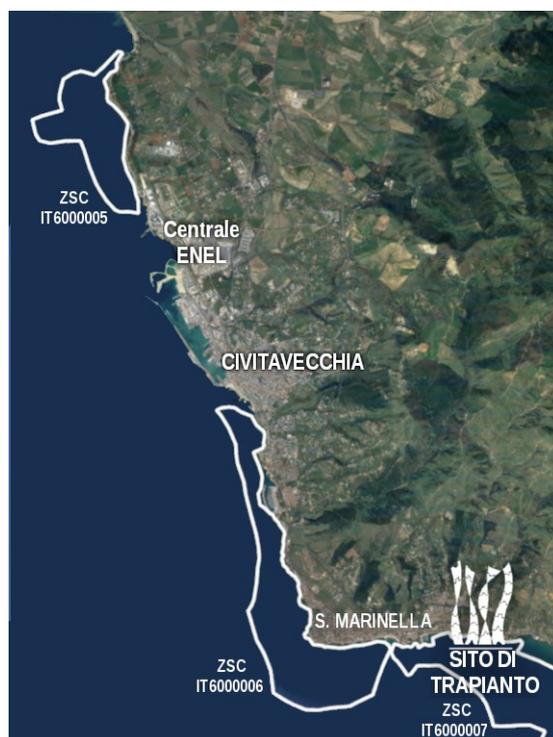


Figura 1: Area interessata dal trapianto con le delimitazioni delle attuali Zone Speciali di Conservazione (ZSC)

### 3.1.2 *Tecnica di trapianto*

Per ancorare le talee al substrato sono state utilizzate cornici in cemento di 50x50 cm (Figura 1), con lume interno 40x40, per una superficie utile pari a 1600 cm<sup>2</sup>. Lo spessore delle cornici è di 6-8 cm. Esse sono armate con rete di ferro zincato a maglia poligonale, di luce adatta a trattenere le talee (circa 1,5-2 cm). La messa a dimora delle talee avviene a mano in immersione subacquea (Fig. 2), semplicemente infilando i rizomi nelle maglie della rete poligonale, in modo che il rizoma stesso o le radici siano a contatto con il sedimento. Le maglie della rete metallica impiegata è sufficientemente duttile, da poter essere schiacciata e assicurare saldamente la talea al modulo di ancoraggio. La tecnica è stata utilizzata su un fondo sabbioso.



Figura 2: Modulo di ancoraggio delle talee

### 3.1.3 *Attività di trapianto*

All'interno della prateria donatrice, situata oggi nella Zona Speciale di Conservazione (ZSC IT6000005) "Fondali tra Punta S. Agostino e Punta della Mattonara", sono state condotte prospezioni subacquee in 23 stazioni tra i 7 ed i 17 metri di profondità allo scopo di identificare le migliori aree in cui effettuare l'espianto dei fasci di *Posidonia* da destinare successivamente alla preparazione delle talee da reimpiantare. Per quanto riguarda l'identificazione delle aree idonee all'espianto delle talee, furono prese in considerazione sia la qualità dei fasci, sia la loro densità, cercando di privilegiare siti di espianto che non fossero più superficiali di quelli in cui era previsto il reimpianto, poiché questa condizione non sembra essere favorevole in termini di probabilità di successo del trapianto (Molenaar e Meinesz, 1992; Genot et al., 1994; Piazzini et al., 1998). Delle 23 stazioni ispezionate, 9 risultarono idonee ed erano comprese fra i 9 ed i 14 metri di profondità. Coerentemente con quanto appena affermato, l'espianto è stato effettuato preferenzialmente nelle aree più profonde dal 31 agosto 2004 al 3 marzo 2005. In generale, va sottolineato il fatto che la necessità di espiantare in aree relativamente più profonde aumenta tempi e costi delle operazioni.

Per quanto riguarda la prateria di S. Marinella (prateria ricevente), si sottolinea che l'area designata per ricevere il trapianto era stata scelta in precedenza dal Committente (ENEL), che

l'aveva ottenuta in concessione. In base all'acquisizione di dati batimetrici e morfologici del fondo, è stata effettuata un'ampia prospezione dell'intera prateria ricevente, mediante 70 stazioni di osservazione allo scopo di identificare i siti più idonei al reimpianto di *Posidonia*: è stato stimato lo stato di salute apparente della prateria al contorno, rilevando le seguenti caratteristiche: litologia, presenza di detrito, *ripple marks*, *matte* morta, macroalghe e, se le radure si trovavano al margine della prateria, è stato definito il tipo di limite. E' stata rilevata, inoltre, la stima della densità fogliare, nonché la presenza di "marcatori" di pressione antropica quali: reti abbandonate, segni di ancoraggi ripetuti, corpi morti, detriti e rifiuti. Ciò ha permesso di selezionare le radure ottimali di cui ne è stata stimata la dimensione. Nel caso in cui le radure non fossero interamente contornate dalla prateria naturale, ne è stata valutata la superficie disponibile. Complessivamente è stata data preferenza alle radure sabbiose situate intorno ai 10-12 m di profondità. Nella scelta delle radure sono state privilegiate quelle di dimensioni pari a circa 200-300 m<sup>2</sup>, protette dalla prateria circostante ed esenti da evidenti fenomeni erosivi e di mobilità del sedimento. Al contrario, non sono state prese in considerazione radure di superficie più piccola (es. 10-20 m<sup>2</sup>), per evitare di parcellizzare eccessivamente l'intervento e di rendere quindi impossibile un efficace monitoraggio. La scelta di radure più ampie è avvenuta solo nei casi in cui non esistevano alternative. In particolare, sono state identificate 13 radure sabbiose poste tra i 7 ed i 13 metri di profondità. All'interno di ciascuna radura, relativamente alla loro estensione, sono state identificate due o più stazioni, (complessivamente 40 stazioni) (Fig. 3). La distanza tra le radure varia da poche decine a circa 1500 metri, mentre la loro superficie è compresa tra i 224 e i 1748 m<sup>2</sup>.

Nella fase di espianto delle talee dalla prateria donatrice, le singole talee sono state prelevate avendo cautela di non rovinarle durante la raccolta. In alcuni casi sono state prelevate "zolle" (più fasci fogliari con i rispettivi rizomi e radici, insieme con i sedimenti intrappolati nel loro intreccio), di dimensioni diverse, che sono poi state disgregate al fine di produrre singole talee. La selezione delle talee ha tenuto in considerazione numerosi fattori, che riguardano non solo lo stato generale di ogni fascio, ma anche lo stato delle foglie, la presenza di radici e lo spessore del rizoma. I fasci espantati dalla prateria donatrice portati a terra, selezionati e preparati al reimpianto, sono stati trasferiti verso il sito di trapianto sia via mare sia via terra, in funzione delle condizioni meteorologiche. Il trasporto delle talee è stato eseguito in appositi contenitori rigidi di rete (Fig. 4a) avendo cura che le talee, con l'esclusione di alcune brevissime fasi del trasporto e della manipolazione, rimanessero costantemente immerse in acqua di mare ed esposte a temperature il più possibile vicine a quelle della quota di prelievo e comunque non inferiori a 15°C e non superiori a 25°C.

Nella fase di trapianto sono stati posizionati complessivamente, nelle diverse radure individuate (10.000 m<sup>2</sup> in totale), circa 40.000 moduli di cemento destinati al reimpianto delle talee, (Fig. 4b). Dopo una fase iniziale, in cui si è operato con mezzi navali maggiori (traghetti per il trasporto di automezzi opportunamente attrezzati), si è optato per mezzi leggeri (gommoni), a parte un piccolo pontone autopropulso (quindi senza necessità di ancoraggio) per la posa sul fondale dei moduli dei pallet contenenti i moduli di reimpianto. La messa a dimora di circa 306.000 talee è stata effettuata a mano in immersione subacquea con una densità di 32 talee m<sup>-2</sup> (Fig. 4c-4d).

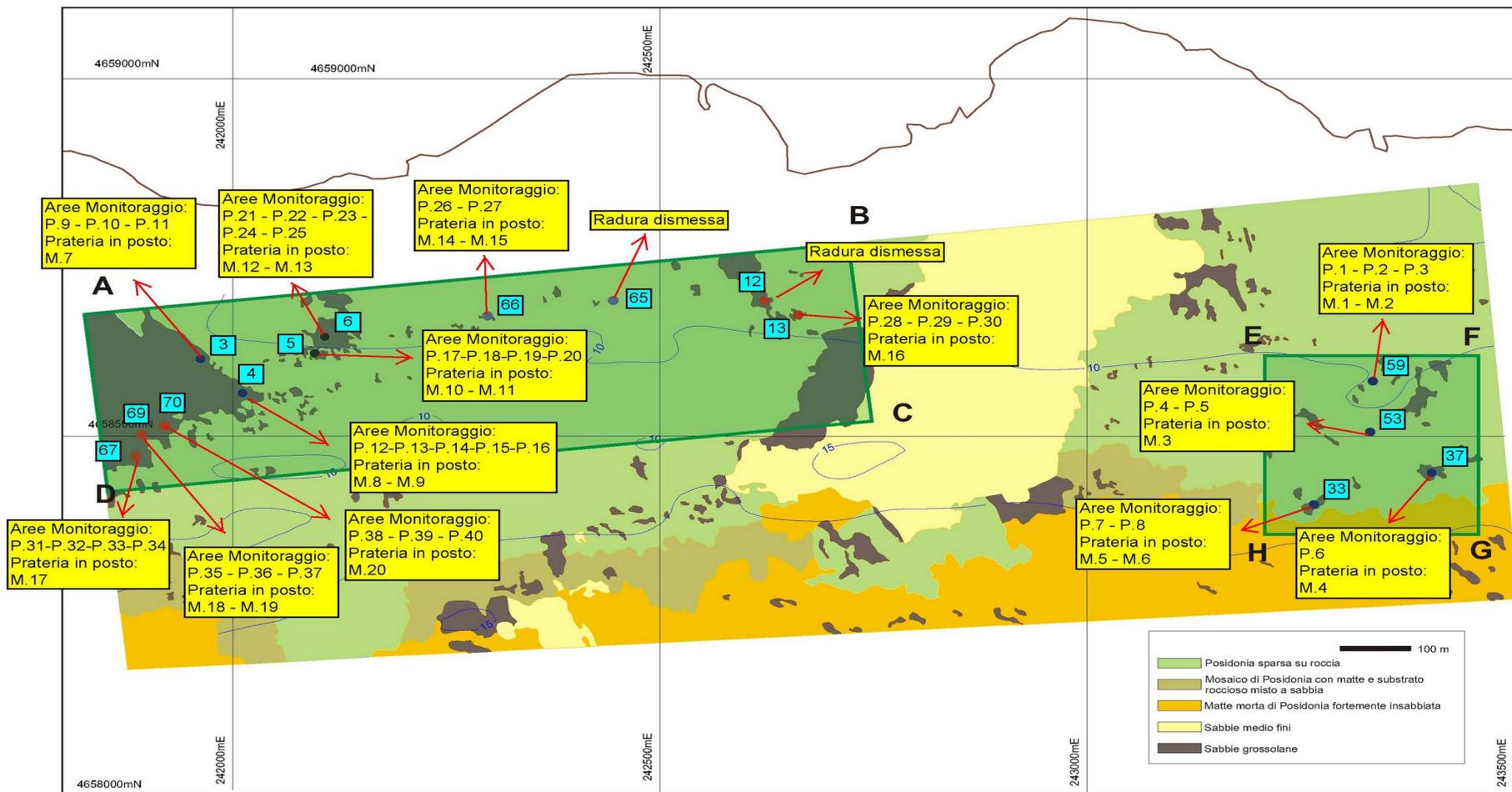


Figura 3: Radure di trapianto e aree (stazioni) di monitoraggio.



Figura 4a - Trasporto delle talee.

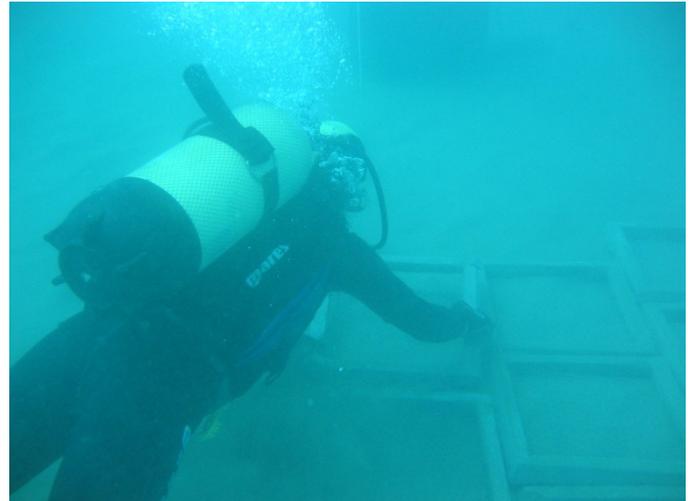


Figura 4b - Posa dei moduli di trapianto.



Figura 4c - Trapianto delle talee.

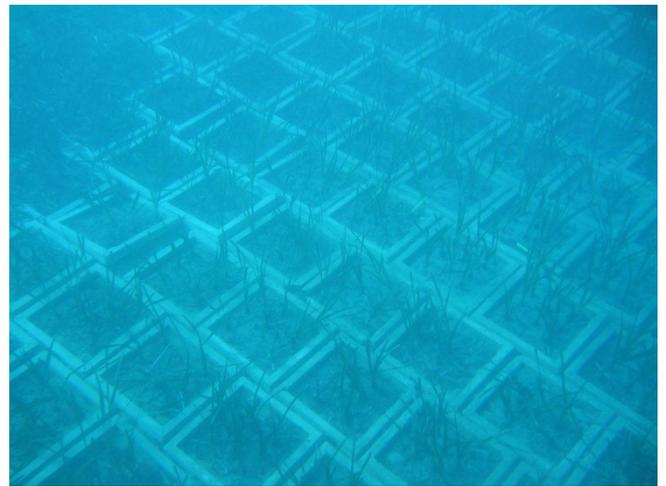


Figura 4d - Area di trapianto subito dopo le operazioni.

#### **3.1.4 Monitoraggio pregresso del trapianto del 2004-2005**

Dopo tre mesi dal termine delle operazioni di trapianto delle talee, si è proceduto all'avvio delle attività di monitoraggio, che ha avuto inizialmente durata di cinque anni. Le attività eseguite nel corso della fase di monitoraggio sono state di tipo non distruttivo e distruttivo.

Ai fini del monitoraggio non distruttivo sono state eseguite esclusivamente misure *in situ*, sia per le aree di trapianto, sia per la prateria al contorno. Quattro volte all'anno, per cinque anni, sono state effettuate le seguenti misure in immersione:

- conta delle talee residue e/o numeri fasci per modulo;
- determinazione dell'accrescimento fogliare attraverso il metodo di Zieman (1974), secondo quanto preconizzato da Ott (1980), con l'esclusione del tempo 0, al quale viene eseguita la sola punzonatura delle foglie;
- determinazione del rango e della lunghezza/larghezza della foglia più lunga;
- determinazione dello stato degli apici e stima del tessuto bruno;
- valutazione qualitativa della comunità epifita delle foglie.

Il monitoraggio distruttivo è stato realizzato, invece, su campagne annuali effettuate nei cinque anni, basate sul prelievo di talee appositamente piantate in cornici "riservate" e di analoghe attività nelle stazioni di controllo, poste nella prateria naturale. In ciascuna stazione del monitoraggio distruttivo sono state prelevati fasci per le seguenti determinazioni:

- analisi della comunità epifita;
- misurazione dei parametri fenologici delle foglie: larghezza, lunghezza totale, presenza della ligula, lunghezza del tessuto verde o del lembo, lunghezza del tessuto bruno e del tessuto bianco (ove presenti) e stato dell'apice;
- calcolo dei seguenti parametri fenologici *sensu* Giraud, 1977: numero medio di foglie per ciuffo delle varie categorie e in totale; lunghezza media delle foglie per categoria e in totale; larghezza media delle foglie per categoria e in totale; indice fogliare per fascio e per m<sup>2</sup>; coefficiente "A";
- analisi lepidocronologiche (Pergent, 1990).

In particolare, per le attività di monitoraggio non distruttivo, all'interno di ciascuna radura sono state individuate 40 stazioni (identificate dalla lettera P in Figura 3), distribuite nelle aree di reimpianto in funzione della loro estensione. In ciascuna stazione è stato identificato un modulo campione per le misure non distruttive (contrassegnato con un galleggiante rosso posto a 2 metri dal fondo e una lettera identificativa (Figura 5a) e nel suo intorno sono stati marcati casualmente 20 moduli (cornici di cemento) per la stima della sopravvivenza delle talee e crescita di nuovi fasci e altri moduli "riservati" per il prelievo distruttivo dei fasci su base annuale. Nelle immediate vicinanze della metà delle suddette stazioni è stata inoltre posizionata una stazione di campionamento anche nella prateria naturale (20 in totale, identificate dalla lettera M in Figura 3), allo scopo di monitorare anche l'andamento delle condizioni della prateria "naturale". Su tali stazioni, sono state eseguite le stesse determinazioni sopra descritte, con la medesima cadenza temporale. Le 20 stazioni nella prateria limitrofa alle aree di reimpianto sono state marcate mediante galleggianti gialli posti a 2 metri dal fondo (Figura 5b).



Figura 5a - Segnale delle stazioni di monitoraggio nelle aree di reimpianto.

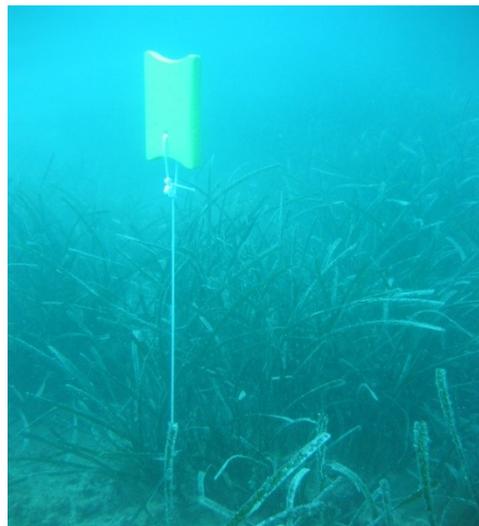


Figura 5b - Segnale delle stazioni di monitoraggio nella prateria naturale.

Dopo i primi 5 anni (giugno 2005 – marzo 2010) il monitoraggio è stato interrotto come da prescrizione ai sensi del Decreto di Valutazione di Impatto Ambientale (VIA 6923/2002), ma dal 2014 è ripreso a cura di Enel Produzione S.p.a. Dal 2014 al 2017 sono state effettuate tre campagne di monitoraggio, in continuità con il protocollo di monitoraggio sopra descritto, riducendo di circa la metà lo sforzo di campionamento sia nel monitoraggio distruttivo che nelle indagini sulla prateria naturale

Il monitoraggio degli 800 moduli campione (20 per ciascuna delle 40 stazioni) nelle 24 campagne di monitoraggio complessive, realizzate in 13 anni, hanno permesso di valutare lo stato del trapianto. La *performance* del trapianto al 2017, è stata valutata tenendo conto sia della mortalità dei fasci fogliari trapiantati, sia dalla crescita di nuovi fasci. Nel monitoraggio si evidenziano danni al trapianto con una perdita di superficie reimpiantata rilevante, specialmente in alcune radure superficiali, alcune delle quali sono state completamente perse.

Per una disamina più esaustiva dei risultati pregressi delle attività di trapianto del presente caso studio, si rimanda ai Report forniti come da prescrizione (VIA 6923/2002), nonché dal Report finale previsto dal LIFE SEPOSSO nell'ambito dell'azione B2 (*Monitoring performance of existing Posidonia oceanica transplanting*), dove tali dati verranno confrontati con quelli acquisiti dal monitoraggio del Progetto.

### 3.1.5 Criticità sito specifiche

L'andamento delle sopravvivenze delle talee trapiantate nell'area di S. Marinella è stato influenzato in maniera determinante dai diversi fattori ambientali che caratterizzano la prateria ricevente. In particolare, l'elevatissima torbidità della colonna d'acqua ha certamente rallentato l'accrescimento e la propagazione dei fasci trapiantati soprattutto in quelle radure al di sotto dei 12 metri di profondità, mentre l'elevata instabilità dei sedimenti e le intense mareggiate registrate nel corso dei cinque anni di monitoraggio hanno causato danni meccanici rilevanti sia ai trapianti sia alla prateria naturale. Inoltre si sottolinea come le temperature particolarmente rigide nella fase di trasferimento e la distanza fra il sito di espianto e quello di trattamento delle talee, e fra quest'ultimo e l'area di reimpianto, possano aver giocato un ruolo, peraltro non quantificabile, nel ridurre la vitalità di alcune talee.

### 3.1.6 Attività di prospezioni preliminari nell'ambito del LIFE SEPOSSO

Tra il 25 e il 29 Giugno 2018 il Partenariato SEPOSSO ha partecipato alle attività di campo sul sito di trapianto di S. Marinella. Nello specifico hanno partecipato alle attività complessivamente 9 subacquei afferenti all'Università di Roma "Tor Vergata", ISPRA, ARPAT, AdSP-MTS e Università di Palermo. Nell'ambito di queste attività è stato effettuato un *briefing* pre-immersione, dove l'Università di Roma "Tor Vergata", sulla base dell'esperienza maturata nelle precedenti fasi di trapianto e monitoraggio sul sito, ha coordinato le attività. Le informazioni già acquisite da parte dei subacquei relativamente al caso studio, derivano dall'analisi di sintesi effettuata, nell'ambito del progetto, precedentemente all'attività di campo e riportate nella prima parte della seguente sezione. Ciò ha permesso di facilitare la discussione e il prosieguo delle attività previste. Successivamente, è stata eseguita un'immersione in una delle stazioni oggetto di monitoraggio, con la finalità di condividere e programmare al meglio il lavoro in acqua, mediante una formazione specifica degli operatori subacquei relativamente alle tipiche attività di monitoraggio programmate (fig. 6a-b). Le informazioni acquisite, anche di tipo video-fotografico, sono state funzionali all'analisi del caso studio nell'ambito di un *briefing* post-immersione e alla definizione delle successive attività di monitoraggio in programma, confermando nella maggior parte dei casi quanto discusso, condiviso e pianificato dal Partenariato nell'ambito dell'azione B2 - "*Monitoring performance of existing Posidonia oceanica transplanting*" e riportato nel *deliverable* "*Monitoring protocol of P. oceanica transplanting*".

Inoltre, al fine di portare a conoscenza dei diversi *stakeholder* coinvolti il sito di trapianto e il suo attuale stato di "conservazione" è stata effettuata una immersione aperta agli *stakeholder* interessati. Nello specifico hanno partecipato due subacquei, rispettivamente dell'Università di Roma "La Sapienza" e dell'Università di Viterbo "La Tuscia".



Figura 6a – Area di trapianto (Radura 59) durante l'attività di condivisione delle metodologie di monitoraggio .



Figura 6b – Operatori subacquei del LIFE SEPOSSO nell'ambito delle attività dell'azione A3.

Si riporta di seguito il protocollo di monitoraggio pianificato per il caso studio di Civitavecchia - S. Marinella nell'ambito del progetto SEPOSSO, così come condiviso da tutti nel *briefing* post-immersione:

Il monitoraggio, non distruttivo, è stato effettuato su un sub-campione delle stazioni di monitoraggio presenti nel sito di S. Marinella per poter confrontare i dati con quelli pregressi, considerando l'enorme estensione del trapianto oggetto di studio. Tali stazioni sono state individuate sulla base dei dati esistenti rappresentando le diverse tipologie di stazioni, da quelle in cui sono state raggiunte le migliori *performance* di trapianto, a quelle con peggiori performance.

Sono state previste due campagne di monitoraggio (estate 2018 e estate 2019). La prima campagna è stata eseguita in seguito alle attività di campo per la condivisione del caso studio all'interno del Partenariato, oggetto della presente Relazione. Sono state eseguite le seguenti attività:

- conta dei numeri fasci per modulo (in stazioni di trapianto);
- stima di densità fogliare (in stazioni di controllo);
- determinazione del rango e della lunghezza/larghezza della foglia più lunga;
- determinazione dello stato degli apici e stima del tessuto bruno;
- valutazione qualitativa della comunità epifita delle foglie;
- Prelievo fasci per lepidocronologia su area di trapianto e su prateria naturale

## 3.2 Caso studio del trapianto di *P. oceanica* di Ischia

### 3.2.1 Contesto

Nell'ambito del progetto di metanizzazione dell'isola di Ischia (NA), che prevedeva la realizzazione di un gasdotto che collegasse la terraferma, ovvero il litorale del Lago Fusaro nel comune di Bacoli (NA), a Punta San Pietro, nel comune di Ischia (NA), nel 2009 è stata eseguita la posa del gasdotto. Lo scavo della trincea per l'interro della condotta è stato pianificato attraverso la prateria di *Posidonia oceanica* antistante l'area di approdo. Nell'ambito del relativo decreto di Valutazione di Impatto Ambientale (VIA 10/2008) è stato prescritto dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) a CPL CONCORDIA Soc. Coop, responsabile della posa del gasdotto Bacoli-Ischia (parte della rete di distribuzione Ischiagas S.r.l.), un trapianto di *P. oceanica*, come misura di compensazione del danno causato dalla trincea della condotta. Il tratto interessato dal corridoio di escavo del gasdotto, che ricade all'interno della prateria inclusa nel Sito di Importanza Comunitaria (SIC IT8030010) "Fondali marini di Ischia, Procida e Vivara", aveva una lunghezza di circa 400 m e una superficie complessiva pari a quella prescritta per il trapianto, a una profondità compresa tra i 7 e i 12 metri.

Il trapianto, di 1600 m<sup>2</sup>, è stato realizzato prima dello scavo della trincea, tra novembre 2008 e febbraio 2009, in aree individuate come idonee, in un'area collocata immediatamente a Sud-Est dal tracciato del gasdotto (Fig.1). Si sottolinea che nell'ambito dello stesso decreto è stato prescritto il ricoprimento della trincea con lo stesso materiale scavato, integrato se necessario da rottami di roccia grossolani al fine di favorire la colonizzazione spontanea del tracciato dello scavo da parte della prateria di *Posidonia* adiacente e di monitorare l'evoluzione della potenziale ricolonizzazione per 10 anni.



Figura 1- Area interessata dal trapianto all'interno del SIC IT8030010

### 3.2.2 *Tecnica di trapianto*

Per ancorare le talee al substrato sono state utilizzate cornici in cemento di 50x50 cm (Figura 1), con lume interno 40x40, per una superficie utile pari a 1600 cm<sup>2</sup>. Lo spessore delle cornici è di 6-8 cm. Esse sono armate con rete di ferro zincato a maglia poligonale, di luce adatta a trattenere le talee (circa 1,5-2 cm). La messa a dimora delle talee avviene a mano in immersione subacquea (Fig. 2), semplicemente infilando i rizomi nelle maglie della rete poligonale, in modo che il rizoma stesso o le radici siano a contatto con il sedimento. Le maglie della rete metallica impiegata è sufficientemente duttile, da poter essere schiacciata e assicurare saldamente la talea al modulo di ancoraggio. La tecnica è stata utilizzata su un fondo sabbioso.



Figura 2- Modulo di ancoraggio delle talee.

Inoltre, poiché il decreto VIA prevedeva la possibilità di realizzare 100 m<sup>2</sup> di trapianto con tecniche sperimentali, su una superficie limitata pari a 100 m<sup>2</sup> sono stati sperimentati ulteriori tre diversi approcci:

- trapianto su picchetti metallici (Figura 3a), sia su substrato sabbioso sia su matite morta; Le talee sono state ancorate ai picchetti direttamente durante la fase di preparazione a terra, utilizzando un elastico in gomma. I picchetti metallici così predisposti possono essere conficcati sia nel substrato sabbioso, sia nella matite.
- trapianto mediante croci in cemento semplici (Figura 3b) o con anima in legno (Figura 3c) su sabbia;  
Per questo tipo di supporto sono state sperimentate due diverse soluzioni: una totalmente realizzata in cemento e un'altra dotata di un'anima in legno. Ciascuna tipologia è stata sperimentata con sedi per le talee, sia pervie, che chiuse al fondo. In ogni caso, i fori hanno diametri differenti (da 1,5 a 2,5 cm) e ciò ha permesso di utilizzare talee con rizoma di diverso spessore.
- trapianto su rete metallica fissata sul fondo sabbioso per mezzo di picchetti in alluminio (Figura 3d).  
La rete metallica è stata impiegata su una superficie rettangolare di 15 metri in lunghezza per 1 metro di larghezza. La rete è stata posizionata direttamente sul fondo sabbioso e fis-

sata con picchetti metallici. Per quanto riguarda la tecnica di messa a dimora delle talee, questa è molto simile a quella in uso per i moduli in cemento tradizionali: la talea viene infilata all'interno della maglia della rete avendo cura di stringerla leggermente in modo da assicurare che il rizoma rimanga fissato alla rete. Anche la densità adottata per il riempimento segue lo schema applicato ai moduli in cemento e cioè 32 talee m<sup>-2</sup>.



Figura 3a- Picchetti metallici.

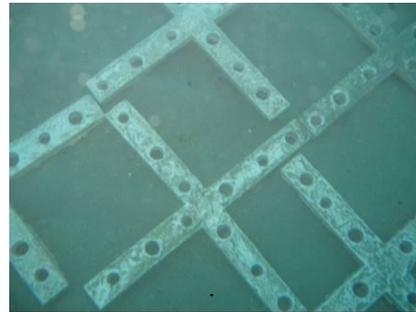


Figura 3b- Croci in cemento semplici

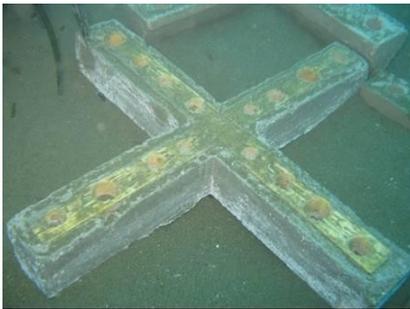


Figura 3c- Croci in cemento con anima in legno.



Figura 3d- rete metallica.

### 3.2.3 Attività di trapianto

All'interno della prateria donatrice, situata nel Sito di Interesse Comunitario (SIC IT8030010) "Fondali marini di Ischia, Procida e Vivara," in cui era previsto lo scavo della trincea, sono state eseguite prospezioni subacquee allo scopo di individuare i siti di espianto più idonei, da destinare successivamente alla preparazione delle talee da reimpiantare. I siti potenzialmente utili erano quelli strettamente corrispondenti al tracciato della trincea, ovvero quelli che sarebbero stati dragati per la posa della condotta. Si trattava, quindi, di una superficie complessiva piuttosto modesta. Per quanto riguarda l'identificazione delle aree idonee all'espianto delle talee di *Posidonia*, sono state prese in considerazione sia la qualità dei fasci, sia la loro densità, cercando di privilegiare siti di espianto che non fossero più superficiali di quelli in cui è previsto il trapianto, poiché questa condizione pare non essere favorevole in termini di probabilità di successo del trapianto (Molenaar e Meinesz, 1992; Genot et al., 1994; Piazzini et al., 1998).

Le indagini per l'identificazione delle aree idonee al trapianto (prateria ricevente) sono state eseguite in un'area collocata immediatamente a Sud-Est dal tracciato del gasdotto, entro una distanza di circa 400 m dallo stesso. Durante le prospezioni sono state individuate diverse aree candidate, fra le quali sono state selezionate 5 radure sabbiose idonee ad ospitare trapianti poste tra i 7 ed i 9 metri di profondità per una superficie complessiva di trapianto di 1600 m<sup>2</sup>. Il decreto VIA prevedeva, inoltre, la possibilità di realizzare 100 m<sup>2</sup> di trapianto con tecniche sperimentali.

All'interno di ciascuna radura (Figura 4), relativamente alla loro estensione, sono state identificate una o più stazioni (complessivamente 6 stazioni). La distanza tra le radure varia da poche decine a circa 300 metri, mentre la loro superficie è compresa tra i 110 e i 636 m<sup>2</sup>.

Relativamente all'individuazione dei siti adatti al reimpianto, sulla base dell'acquisizione di dati bati-morfologici, sono state eseguite diverse prospezioni subacquee in 24 stazioni, finalizzate alle misure di densità, stime di copertura e raccolta di fasci fogliari per la determinazione dei parametri fenologici. E' stata data preferenza alle radure sabbiose meno superficiali. Nelle radure candidate è stato stimato lo stato di salute apparente della prateria naturale, rilevando: litologia, presenza di detrito, *ripple marks*, *matte* morta, macroalghe e, se le radure si trovavano al margine della prateria, ne è stato definito il tipo di limite. E' stata rilevata, inoltre, anche la presenza di "marcatori" di pressione antropica quali: reti abbandonate, segni di ancoraggi ripetuti, corpi morti, detriti e rifiuti. Ciò ha permesso di selezionare le radure ottimali di cui ne è stata stimata la dimensione. Nel caso in cui le radure non fossero interamente contornate dalla prateria naturale, ne è stata valutata la superficie disponibile. Nella scelta delle radure sono state privilegiate quelle di dimensioni pari a circa 200-300 m<sup>2</sup>, protette dalla prateria circostante ed esenti da evidenti fenomeni erosivi e di mobilità del sedimento. Al contrario, non sono state prese in considerazione radure di superficie più piccola (es. 10-20 m<sup>2</sup>), per evitare di parcellizzare eccessivamente l'intervento e di rendere quindi impossibile un efficace monitoraggio. La scelta di radure più ampie ( Fig. 4) è avvenuta solo nel caso in cui non esistevano alternative.

La fase di espianto delle talee è stata realizzata avendo particolare cautela nella fase la raccolta per evitare che si danneggiassero. In alcuni casi sono state prelevate "zolle" (più fasci fogliari con i rispettivi rizomi e radici, insieme con i sedimenti intrappolati nel loro intreccio), di dimensioni diverse, che sono poi state disgregate al fine di produrre singole talee. La selezione delle talee ha tenuto in considerazione numerosi fattori, che riguardano non solo lo stato generale di ogni fascio, ma anche lo stato delle foglie, la presenza di radici e lo spessore del rizoma. Il trasporto delle talee è stato eseguito in appositi contenitori rigidi di rete curando che le talee, con l'esclusione di alcune brevissime fasi del trasporto e della manipolazione, rimanessero costantemente immerse in acqua di mare ed esposte a temperature il più possibile vicine a quelle della quota di prelievo e comunque non inferiori a 15°C e non superiori a 25°C. La vicinanza tra le aree di espianto, quelle di trapianto e quella a terra, utilizzata per la preparazione delle talee, ha favorito le operazioni e i fasci di *Posidonia* espantati sono stati predisposti per il reimpianto in tempi molto stretti e senza sbalzi termici rilevanti.

All'interno delle radure selezionate per il trapianto sono stati collocati a mano in immersione subacquea 6400 moduli destinati al reimpianto di 51.200 talee (su una superficie totale di 1600

m<sup>2</sup>), per una densità di 32 talee m<sup>-2</sup> (Fig. 5a,b,c,d). I lavori sono stati svolti con mezzi leggeri (gommoni), a parte un piccolo pontone autopropulso (quindi senza necessità di ancoraggio) per la posa sul fondale dei moduli dei pallet contenenti i moduli di reimpianto. Come previsto nel decreto VIA, il trapianto doveva essere completato prima dell'inizio dei lavori di posa della condotta e quindi, tenendo anche in considerazione la necessità di operare comunque nella stagione autunno-invernale per la minore attività vegetativa delle piante, i tempi di esecuzione sono stati compressi entro circa tre mesi da questa esigenza del committente.

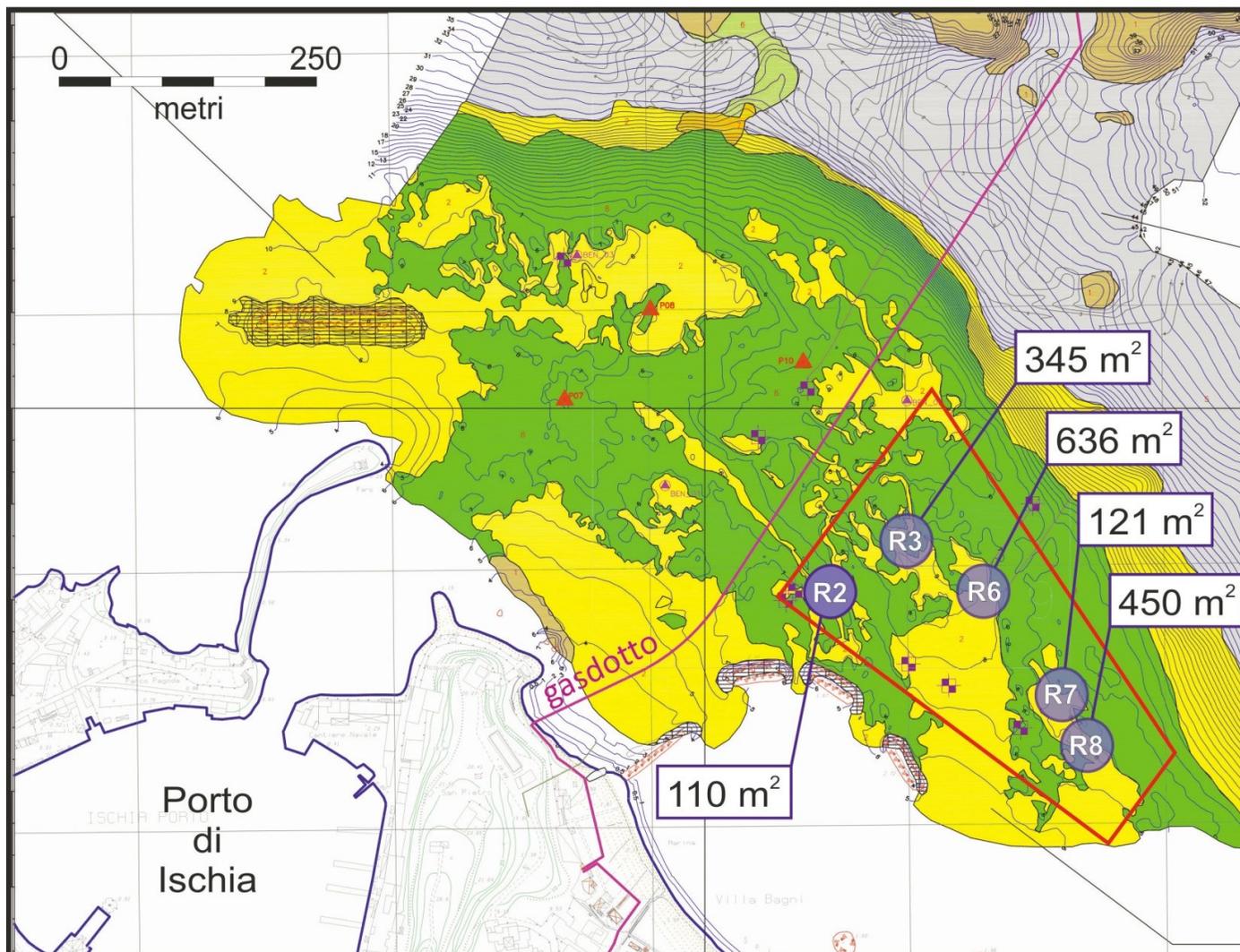


Figura 4 - Radure di trapianto.

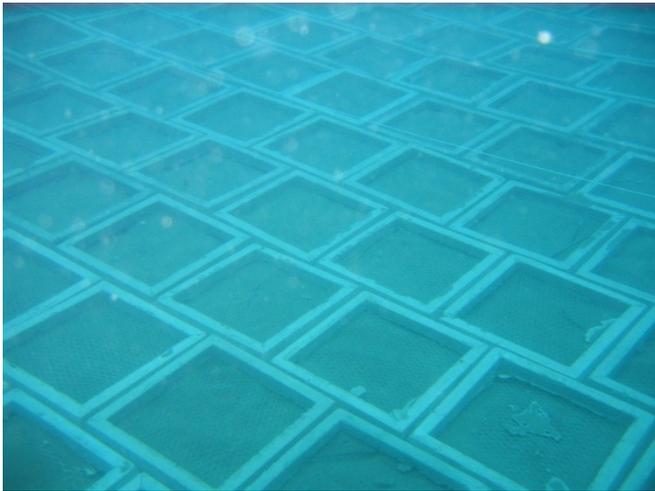


Figura 5a - Moduli di trapianto appena posati.



Figura 5b – Lavorazione delle talee.



Figura 5c - Trapianto delle talee.



Figura 5d - Trapianto poco dopo la fine dei lavori

#### **3.2.4 Monitoraggio pregresso del trapianto del 2008-2009**

Dopo tre mesi dal termine delle operazioni di trapianto delle talee, si è proceduto all'avvio delle attività di monitoraggio, che ha avuto durata di cinque anni. Le attività eseguite nel corso della fase di monitoraggio sono state di tipo distruttivo e non distruttivo.

Ai fini del monitoraggio non distruttivo sono state eseguite solo misure *in situ*, sia per le aree di trapianto, sia per la prateria al contorno. Quattro volte l'anno, per cinque anni, sono state effettuate le seguenti misure in immersione:

- conta delle talee residue e/o numeri fasci per modulo;
- determinazione dell'accrescimento fogliare attraverso il metodo di Zieman (1974), secondo quanto preconizzato da Ott (1980), con l'esclusione del tempo 0, al quale viene eseguita la sola punzonatura delle foglie;
- determinazione del rango e della lunghezza/larghezza della foglia più lunga;
- determinazione dello stato degli apici e stima del tessuto bruno;
- valutazione qualitativa della comunità epifita delle foglie.

Il monitoraggio distruttivo è stato realizzato, invece, su campagne annuali effettuate nei cinque anni, basate sul prelievo di talee appositamente piantate in cornici "riservate" e di analoghe attività nelle stazioni poste nella prateria naturale. In ciascuna stazione sono state prelevate fasci per le seguenti determinazioni:

- analisi della comunità epifita;
- misurazione dei parametri fenologici delle foglie: larghezza, lunghezza totale, presenza della ligula, lunghezza del tessuto verde o del lembo, lunghezza del tessuto bruno e del tessuto bianco (ove presenti) e stato dell'apice;
- calcolo dei seguenti parametri fenologici *sensu* Giraud, 1977: numero medio di foglie per ciuffo delle varie categorie e in totale; lunghezza media delle foglie per categoria e in totale; larghezza media delle foglie per categoria e in totale; indice fogliare per fascio e per m<sup>2</sup>; coefficiente "A";
- analisi lepidocronologiche (Pergent, 1990).

In particolare per le attività di monitoraggio non distruttivo, all'interno delle radura sono state individuate 6 stazioni, distribuite nelle aree di reimpianto in funzione della loro estensione. In ciascuna stazione è stato identificato un modulo campione per le misure non distruttive (contrassegnato con un galleggiante rosso posto a 2 metri dal fondo e una lettera identificativa (Figura 6) e nel suo intorno sono stati marcati casualmente 20 moduli (cornici di cemento) per la stima della sopravvivenza delle talee e crescita di nuovi fasci e altri moduli "riservati" per il prelievo distruttivo dei fasci su base annuale. Nelle immediate vicinanze della metà delle suddette stazioni è stata inoltre posizionata una stazione di campionamento anche nella prateria preesistente (3 in totale), allo scopo di monitorare anche l'andamento delle condizioni della prateria "naturale". Su tali stazioni, sono state eseguite le stesse determinazioni sopra descritte, con la medesima cadenza temporale. Le 3 stazioni nella prateria limitrofa alle aree di reimpianto sono state marcate mediante galleggianti gialli posti a 2 metri dal fondo (Figura 6).



Figura 6a - Segnale delle stazioni di monitoraggio nelle aree di reimpianto.

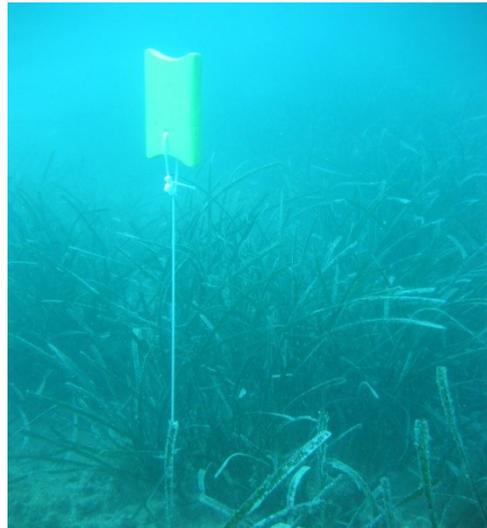


Figura 6b - Segnale delle stazioni di monitoraggio nella prateria naturale.

Dopo un monitoraggio di 5 anni (maggio 2009 – marzo 2014) con cadenza trimestrale, come da prescrizione ai sensi del Decreto di Valutazione di Impatto Ambientale (VIA 10/2008), il monitoraggio è stato replicato su base volontaria nel settembre 2015 ed ottobre 2017 eseguendo solamente le conte delle talee residue in continuità con il protocollo di monitoraggio sopra descritto.

Per quanto concerne il trapianto eseguito con cornici in cemento (superficie di trapianto pari a 1500 m<sup>2</sup>), le attività di monitoraggio nei 120 moduli campione (20 per ciascuna delle 6 stazioni) nelle 22 campagne di monitoraggio, realizzate in 8 anni, hanno permesso di valutare lo stato del trapianto. La *performance* del trapianto al 2017, è stata valutata tenendo conto sia della mortalità dei fasci fogliari trapiantati, sia dalla crescita di nuovi fasci. Nel monitoraggio si evidenziano danni al trapianto con una perdita di superficie reimpiantata rilevante, specialmente nella radura 8, la quale è stata completamente persa.

Per quanto concerne i risultati osservati per i trapianti sperimentali con approcci alternativi, i picchetti sembrano rappresentare una soluzione interessante per il trapianto su *matte*, mentre su fondi mobili dovrà essere ulteriormente sperimentato il trapianto con croci di solo cemento munite di fori pervi. Infine, l'uso della sola rete metallica, cioè come tale e non supportata da una cornice in cemento, sembra essere decisamente poco efficiente.

Per una disamina più esaustiva dei risultati pregressi delle attività di trapianto del presente caso studio, si rimanda ai Report forniti come da prescrizione (VIA 10/2008), nonché al Report finale previsto dal LIFE SEPOSSO nell'ambito dell'azione B2 (Monitoring performance of existing *Posidonia oceanica* transplanting), dove tali dati verranno confrontati con quelli acquisiti dal monitoraggio del Progetto.

### 3.2.5 Criticità sito specifiche

Tra le criticità rilevate si evidenziano danni al trapianto dovuti principalmente all'impatto del moto ondoso sul fondo delle aree trapiantate più superficiali, che hanno determinato la rimozione, l'insabbiamento o il distacco delle cornici in cemento e della rete metallica impiegata per trattenere le talee, con la conseguente perdita dei fasci fogliari. Danni minori sono stati dovuti agli ancoraggi.

### 3.2.6 Attività di prospezioni preliminari nell'ambito del LIFE SEPOSSO

Tra il 17 e il 20 Settembre 2018 il Partenariato SEPOSSO ha partecipato alle attività di campo sul sito di trapianto di Ischia. Nello specifico hanno partecipato alle attività complessivamente 8 subacquei afferenti all'Università di Roma "Tor Vergata", ISPRA, ARPAT, AdSP-MTS e Università di Palermo. Nell'ambito di queste attività è stato effettuato un *briefing* pre-immersione, dove l'Università di Roma "Tor Vergata", sulla base dell'esperienza maturata nelle precedenti fasi di trapianto e monitoraggio sul sito, ha coordinato le attività. Le informazioni già acquisite da parte dei subacquei relativamente al caso studio, derivano dall'analisi di sintesi effettuata, nell'ambito del progetto, precedentemente all'attività di campo e riportate nella prima parte della seguente sezione. Ciò ha permesso di facilitare la discussione e il prosieguo delle attività previste. Successivamente, è stata eseguita un'immersione in una delle stazioni oggetto di monitoraggio, con la finalità di condividere e programmare al meglio il lavoro in acqua, mediante una formazione specifica degli operatori subacquei relativamente alle tipiche attività di monitoraggio programmate (fig. 6a-b). Le informazioni acquisite, anche di tipo video-fotografico, sono state funzionali all'analisi del caso studio nell'ambito di un *briefing* post-immersione e alla definizione delle successive attività di monitoraggio in programma, confermando nella maggior parte dei casi quanto discusso, condiviso e pianificato dal Partenariato nell'ambito dell'azione B2 – "*Monitoring performance of existing Posidonia oceanica transplanting*" e riportato nel *deliverable* "*Monitoring protocol of P. oceanica transplanting*".

Inoltre, al fine di portare a conoscenza dei diversi *stakeholder* coinvolti il sito di trapianto e il suo attuale stato di "conservazione" è stata effettuata una immersione aperta agli *stakeholder* interessati. Nello specifico hanno partecipato due subacquei della Stazione Zoologica di Napoli "Anton Dohrn".



Figura 7a – Area di trapianto (radura R3) oggetto di survey nell'ambito delle prospezioni preliminari.



Figura 7b – Operatori subacquei del LIFE SEPOSSO nell'ambito delle attività dell'azione A3.

Nell'ambito di questa attività di condivisione è stata effettuata una seconda immersione lungo il tracciato del gasdotto, nella ex area di espianto. L'immersione è stata guidata dalla Dr.ssa Maria Cristina Buia che, come responsabile della Stazione Zoologica di Napoli "Anton Dohrn", ha coordinato nel tempo le attività di indagine ai sensi del Decreto di Valutazione di Impatto Ambientale (VIA 10/2008), relativamente alla ricolonizzazione naturale di *P. oceanica* lungo il tracciato dalla batimetria dai 7 ai 12 metri. L'immersione effettuata il 20/09/2018 ha evidenziato l'esistenza di numerose patch di *P. oceanica* lungo l'area oggetto di studio, soprattutto a batimetrie più profonde (Fig. 8). Il substrato, coperto come da prescrizione da pietrame, ha favorito l'attecchimento delle piante disponibili naturalmente *in loco*; ciò conferma quanto evidenziato nella letteratura scientifica più recente, relativamente alla elevata capacità di attecchimento della pianta su substrati rocciosi (e.g. Badalamenti *et al.*, 2015).



Figura 8a – Tracciato del gasdotto con patch di *P. oceanica* mediante ricolonizzazione naturale.



Figura 8b – patch di *P. oceanica* in fase di ricolonizzazione naturale.

Si riporta di seguito il monitoraggio pianificato per il caso studio di Ischia nell'ambito del LIFE SEPOSSO, così come condiviso da tutti nel *briefing* post-immersione.

Il monitoraggio, non distruttivo, è stato effettuato su tutte le stazioni di monitoraggio presenti nel sito di Ischia. Sono state previste due campagne di monitoraggio (estate 2018 e estate 2019); la prima campagna è stata eseguita in seguito alle attività di condivisione tra il Partenariato, oggetto della presente Relazione. Sono state eseguite le seguenti attività:

- conta del numeri fasci per modulo (in stazioni di trapianto);
- stima di densità fogliare (in stazioni di controllo);
- determinazione del rango e della lunghezza/larghezza della foglia più lunga;
- determinazione dello stato degli apici e stima del tessuto bruno;
- valutazione qualitativa della comunità epifita delle foglie;
- Prelievo fasci per lepidocronologia su area di trapianto e su prateria naturale

### 3.3 Caso studio del trapianto di *P. oceanica* di Augusta-Priolo

#### 3.3.1 Contesto

L'intervento di riforestazione con *Posidonia oceanica* è stato condotto dal 2012 al 2015 nell'ambito del Progetto di Ricerca e Formazione PONo1\_03112 "Tecnologie avanzate eco-sostenibili finalizzate alla bonifica ed al ripristino di aree marine costiere degradate (TETIDE)" (PON R&C 2007-2013, [www.progettotetide.it](http://www.progettotetide.it)).

L'area di intervento si trova all'interno del Sito di Importanza Nazionale (SIN) di Priolo Gargallo (SR), compreso nella fascia costiera interessata dalle attività del Polo Petrolchimico di Priolo-Melilli-Augusta e dichiarato nel 1990 dal Ministero dell'Ambiente "Area di elevato rischio di crisi ambientale".

In particolare, i fondali dello specchio di mare antistante il SIN mostrano oggi i segni evidenti dell'impatto ambientale provocato da decenni di scarichi industriali incontrollati, che hanno determinato la scomparsa di circa 1.200 ettari di *P. oceanica*. Tenuto conto dei beni e servizi forniti dalla prateria di *P. oceanica* in termini economici è stato stimato un danno valutabile in circa 2 miliardi di euro l'anno (Vassallo et al., 2013).

Il trapianto è stato realizzato su *matte* morta su una superficie totale di 2.500 m<sup>2</sup> alla profondità di circa 12 m in località "Seno di Priolo" (Fig.1), in aree individuate come idonee al trapianto (Pirrotta et al., 2015).



Figura 1 - Area interessata dal trapianto

### 3.3.2 Tecnica di trapianto

La presente tecnica ha previsto l'utilizzo di un dispositivo innovativo (brevetto depositato da Biosurvey S.r.l., Spin-off dell'Università di Palermo e IDEA S.r.l.) costituito da un sistema realizzato in plastica biodegradabile (bioplastica MaterBi) per il posizionamento in forma rapida ed efficace di talee di *Posidonia oceanica* sul fondo marino.

Tale sistema consiste in una struttura a raggiera, ancorabile sul fondo tramite un picchetto a fissaggio rapido (Figure 2).

La struttura a raggiera è modulare con un nodo centrale, bloccato al picchetto mediante un opportuno sistema di attacco rapido a baionetta, e cinque braccetti su cui sono presenti un numero variabile di supporti (pinzette) per l'ottimale fissaggio delle talee (Figure 2). In particolare, tenuto conto che *P. oceanica* presenta rizomi con sezione ellittica, la pinzetta è stata configurata in forma ovale così da ottenere un migliore inserimento del rizoma. Inoltre, le pinzette sono disposte con un'inclinazione di circa 40° allo scopo di mimare l'angolo di espansione clonale con cui la pianta in natura colonizza il fondale (Marbà & Duarte, 1998). Tale sistema potrebbe consentire di fissare anche plantule di *Posidonia*, attraverso sistemi di aggancio opportunamente dimensionati.

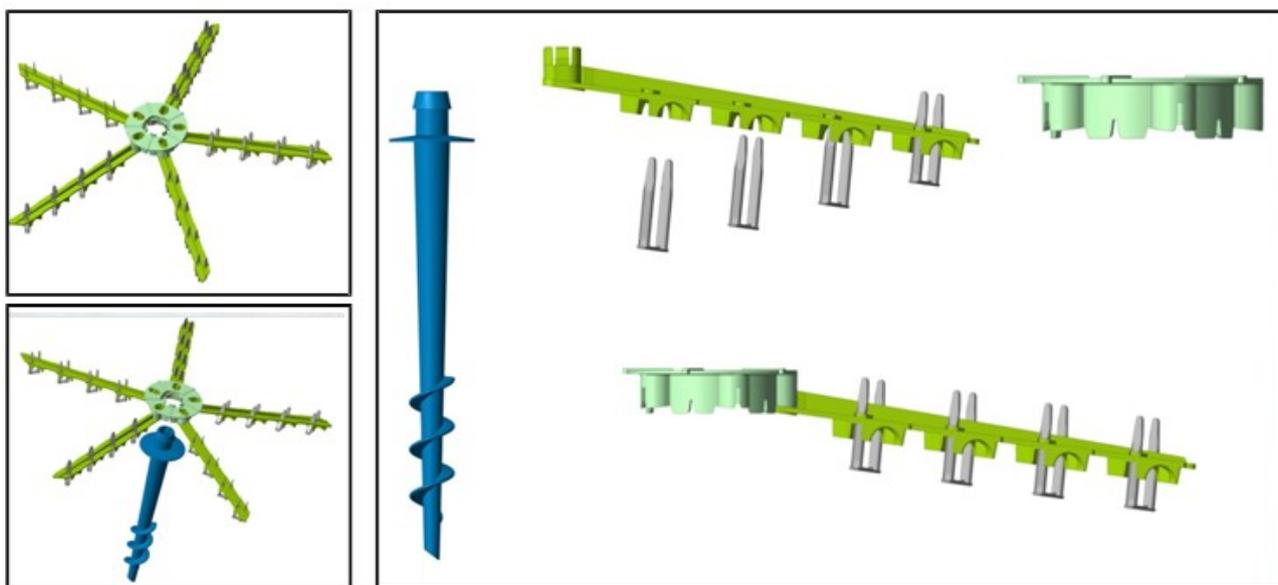


Figura 2 – Modalità di montaggio del supporto biodegradabile in Mater-Bi assemblato a raggiera e particolari dei singoli moduli.

Le talee prelevate per il trapianto vengono inserite nelle pinzette dei braccetti, caratterizzate da un profilo adatto alla specie vegetale da trapiantare e da fascette antistrappo opportunamente sagomate. La struttura a raggiera viene preparata fuori dall'acqua bloccando i braccetti con le

talee al nodo centrale. L'operatore subacqueo, dopo avere poggiato il puntale sul fondale, utilizzando un apposito avvitatore (manuale o ad aria compressa) introduce tutto il picchetto nel substrato. Successivamente la struttura a raggiera precedentemente predisposta viene bloccata alla testa del picchetto mediante un sistema rapito a baionetta. La densità e la forma dei braccetti di impianto dipendono dalla condizione specifica del fondale.

### 3.3.3 Attività di trapianto

La scelta della prateria donatrice è stata effettuata sulla base dei seguenti criteri: distanza dal sito ricevente; profondità, rapporto rizomi plagiotropi/ortotropi, qualità della prateria definita sulla base di parametri strutturali e fenologici rilevati da dati raccolti, informazioni bibliografiche. La prateria scelta si trova in località Cala Madonna (Augusta), ad una distanza di circa 8,5 Km dal sito di intervento della sperimentazione e ad una profondità di 13 m, la stessa del sito di impianto. La prateria di Cala Madonna è caratterizzata da una distribuzione a radure e si impianta prevalentemente su *matte* con una percentuale di ricoprimento del 75% e di rizomi plagiotropi dell'80%. Una tale percentuale di plagiotropi risulta vantaggiosa per il reclutamento di materiale vegetativo idoneo alla riforestazione, aumentando, quindi, le percentuali di successo dell'intervento. Il sedimento della zona di confine è costituito da massi, ghiaia, sabbia e sabbia organogena. *Ripple marks* sono presenti con un'altezza inferiore ai 10 cm a testimoniare una modesta attività idrodinamica, ma che comunque dà origine a formazioni erosive circolari (marmitte) o lineari (canali intermatte) presenti nella prateria. La densità misurata è stata di  $363,1 \pm 20,4$  n. fasci/m<sup>2</sup> che identifica la prateria, secondo la classificazione di Pergent et al. (1995), nella classe a "densità normale". I valori delle variabili fenologiche indicano uno stato di vitalità della prateria donatrice che rientra negli intervalli di normalità relativi alle praterie siciliane.

Per quanto riguarda l'individuazione dell'area oggetto di trapianto (prateria ricevente), sono state condotte indagini acustiche ad alta risoluzione e di caratterizzazione delle comunità fitobentoniche dell'area marina compresa tra la Rada di Augusta e la Penisola Magnisi in località "Seno di Priolo". Nello specifico, sono stati effettuati rilievi bati-morfologici (mediante *Multibeam Echosounder* e *Side Scan Sonar*) su una superficie di circa 132 ha, tra le batimetriche dei 3 m e dei 25 m in prossimità della Penisola Magnisi. All'interno di quest'area sono state condotte, inoltre, le indagini sismo-acustiche di dettaglio mediante *Sub-Bottom Profiler* su circa 4200 m di rilievi tra le batimetriche dei 10 m e dei 15 m. Successivamente si è provveduto mediante numerose immersioni con A.R.A. ad avviare indagini *in situ* volte a descrivere e a caratterizzare, sia mediante *visual census*, sia con prelievi di campioni (sia su substrati mobili, caratterizzati da sabbia organogena e *matte* morta di *P. oceanica* sia su substrati duri), i popolamenti fitobentonici presenti nell'area oggetto di studio.

I dati batimetrici e morfometrici raccolti, sono stati analizzati ed integrati mediante piattaforma GIS. La selezione dell'area di trapianto, individuata mediante il PTSI (Indice Preliminare d'Idoneità al Trapianto) (Pirrota et al., 2015) è stata oggetto nel 2012 di impianti pilota, volti a verificare l'effettiva idoneità al trapianto. L'indice TSI (Indice d'Idoneità al Trapianto) (Pirrota et al., 2015) è

stato, quindi, calcolato nel 2014, individuando 4 sotto-aree (*a, b, c, d*) alla profondità di 14 m su un substrato omogeneo costituito da *matte* morta. La distanza tra le aree varia è in media di 100 metri, ognuna di circa 600 m<sup>2</sup> per una superficie totale pari a 2500 m<sup>2</sup>.

Le talee utilizzate per il trapianto di Priolo sono state prelevate da 2 aree (A e B) aventi una profondità maggiore o uguale rispetto al sito ricevente. Per minimizzare l'impatto sulla prateria donatrice, è stato raccolto un numero massimo di talee corrispondente a circa l'1% della densità dei fasci della prateria di prelievo. Ogni talea comprende un rizoma plagiotropo, lungo almeno 10 cm, con un numero di fasci ortotropi che va da 1 a 5. Le talee sono state raccolte in sacchi di iuta e portate fino ad un mezzo nautico dove sono state poste in contenitori di plastica contenenti acqua di mare, in modo da evitare il più possibile la disidratazione delle foglie, e poi trasportate a terra per le successive operazioni.

Le talee raccolte dal sito donatore, una volta portate a terra, sono state fissate ai bracci del supporto, mediante delle fascette in bio-plastica, in modo tale che le foglie fossero rivolte verso l'alto. Sono state sistemate 2 talee per ciascun braccio, per un totale di 10 talee (circa 30 fasci) per ogni supporto (Figura 3a). Per tutta la durata delle attività di fissaggio delle talee ai braccetti della supporto, il materiale vegetale è stato tenuto costantemente sommerso per evitarne la disidratazione. Una volta terminato il fissaggio delle talee, i supporti sono stati assemblati bloccando al nodo centrale i 5 braccetti portanti le talee. Le strutture a raggiera completate sono state impilate, generalmente in numero di 15, lungo un tubo, detto caricatore, per facilitarne il trasporto e poste all'interno di contenitori di plastica, contenenti acqua di mare, per evitarne la disidratazione. Prodotto un numero sufficiente di caricatori (5-7) si è proceduto al loro trasporto, attraverso l'ausilio di un gommone, verso il sito ricevente dove sono stati immersi per le successive operazioni di fissaggio al picchetto. A tal proposito, delimitato il campo di lavoro nell'area di trapianto, si è proceduto al posizionamento dei picchetti del supporto in bioplastica sul fondo marino ad una distanza minima di 1 m gli uni dagli altri, mediante l'utilizzo di squadrette di lato 1 metro. Successivamente i picchetti sono stati fissati al substrato utilizzando un apposito avvitatore (Figura 3b). Le strutture a raggiera sono state quindi fissate alle teste dei picchetti, mediante delle *clips* per l'aggancio rapido (Figura 3c).

Complessivamente sono state posizionate 2.000 supporti, 500 per ciascuna sotto-area, per un totale di 20.000 talee portanti almeno 3 fasci, per un totale di circa e circa 60.000 fasci (Figura 3d).



Figura 3a – Struttura a raggiera del supporto completata.



Figura 3b – Fase di fissaggio del picchetto.



Figura 3c - Fase di fissaggio della struttura a raggiera del supporto.



Figura 3d - Panoramica dell'impianto di talee di *P. oceanica* di Priolo Gargallo.

#### **3.3.4 Monitoraggio progressivo del trapianto del 2014**

Le attività di monitoraggio sono state condotte a partire dalla realizzazione dell'impianto ed hanno previsto osservazioni e misure effettuate *in situ* sia nelle aree in cui è stata effettuata la riforestazione che nella prateria donatrice (Figura 4a).

In particolare, per il monitoraggio degli attecchimenti e delle caratteristiche biometriche della pianta, sono state individuate sotto-aree di replicazione spaziale (*a* e *b*, *c* e *d*) nidificate dentro la prateria di trapianto (Figura 4b).

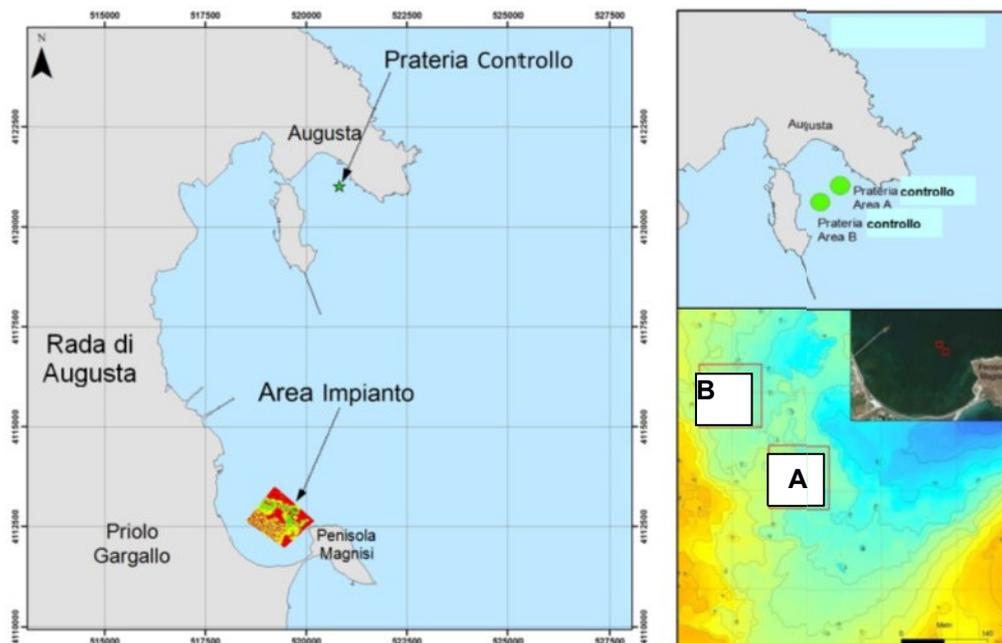


Figura 4a - Mappe delle aree di Controllo (Prateria donatrice) e di Trapianto

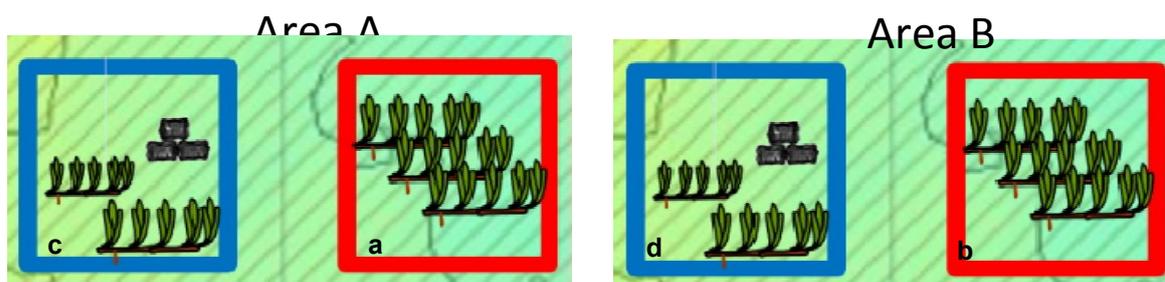


Figura 4b - Rappresentazione del disegno sperimentale. I quadrati in rosso indicano l'impianto realizzato nel giugno 2014; quelli in blu l'impianto realizzato nel periodo novembre-dicembre 2014. Nei quadrati blu era prevista anche la posa di 12 moduli di reef artificiali in calcestruzzo per il ripopolamento.

Al termine delle attività di trapianto (avvenute in due tempi, a giugno 2014 e a novembre-dicembre 2014) si è proceduto all'avvio delle attività di monitoraggio, proseguite fino al novembre 2015 nell'ambito del Progetto TETIDE, e poi continuate fino al dicembre 2016, nell'ambito del Progetto PON03PE\_00203 - MARINE HAZARD, per una durata complessiva di circa due anni. Il monitoraggio non distruttivo nelle aree di trapianto è stato eseguito quattro volte l'anno e sono state effettuate le seguenti misure in immersione:

- persistenza dei moduli di ancoraggio
- numeri fasci per modulo;
- mortalità e distacco delle talee;
- attecchimento delle talee;

- accrescimento dei rizomi plagiotropi (questo parametro acquisito annualmente);
- Lunghezza delle foglia più lunga

Nel contempo e con le stesse cadenze temporali in due aree della prateria donatrice sono stati misurati in quadrati permanenti di 0,5x0,5 metri la densità dei fasci e la lunghezza fogliare.

Al fine di valutare l'effetto indotto dallo stress da trapianto (sensu Pirrotta et al., 2015), sono state posizionati all'interno della prateria donatrice 5 impianti (controllo procedurale), effettuando in immersione, solo per il primo anno di monitoraggio e con la medesima cadenza temporale, le stesse attività di monitoraggio non distruttivo svolte negli impianti del sito ricevente.

All'interno di ciascuna delle quattro sotto-aree (*a*, *b*, *c*, *d*) di trapianto (Figura 3b), sono state monitorate 24 moduli campione, marcati casualmente all'inizio delle attività di monitoraggio.

Le attività di monitoraggio nei 96 moduli campione (24 per ciascuna delle 4 sotto-aree) nelle 9 campagne di monitoraggio, realizzate in 2 anni, hanno permesso di valutare lo stato del trapianto al 2016. La *performance* del trapianto è stata valutata tenendo conto sia della mortalità dei fasci fogliari trapiantati, sia dalla crescita di nuovi fasci. Nel monitoraggio è stato stimato che complessivamente sono andati persi circa un terzo dei supporti delle rispettive talee. Tuttavia le notevoli differenze nelle perdite riscontrate nelle quattro aree di sperimentazione (0%, 8,3%, 29,2% e 100%) hanno messo in luce una distribuzione spazialmente eterogenea del danno derivante, da cui discende una disomogenea ripartizione spaziale del rischio associato.

Per una esamina più esaustiva dei risultati pregressi delle attività di trapianto del caso studio, si rimanda alla Rapporto tecnico finale del Progetto di Ricerca PONo1\_03112 "Tecnologie avanzate eco-sostenibili finalizzate alla bonifica ed al ripristino di aree marine costiere degradate (TETIDE), nonché al Report finale previsto dal progetto SEPOSSO nell'ambito dell'azione B2 (*Monitoring performance of existing Posidonia oceanica transplanting*), dove tali dati verranno confrontati con quelli acquisiti dal monitoraggio del Progetto.

### 3.3.5 Criticità sito specifiche

Tra le criticità rilevate si evidenziano danni al trapianto dovuti principalmente a attività di pesca ricreativa e professionale ed in parte ad ancoraggi (Figura 5a e 5b). A tal riguardo è stata presentata denuncia di danno ambientale grave sull'impianto presso la questura di Palermo in data 17 aprile 2015.



Figura 5a – Area di trapianto (d) completamente compromessa dall'azione di pesca artigianale. Sono visibili alcuni picchetti di fissaggio privi della struttura a raggiera e talee di *P. oceanica*.



Figura 5b – Impianto di trapianto compromesso dall'azione di pesca artigianale. Picchetto e struttura a raggiera con filo da pesca (particolare).

### 3.3.6 Attività di prospezioni preliminari nell'ambito del LIFE SEPOSSO

Tra il 9 - 13 Luglio 2018 il Partenariato SEPOSSO ha partecipato alle attività di campo sul sito di trapianto di Priolo/Augusta. Nello specifico hanno partecipato alle attività complessivamente 6 subacquei afferenti all'Università di Palermo, all'Università di Roma "Tor Vergata", ISPRA, ARPAT, AdSP-MTS e SETIN SRL. Nell'ambito di queste attività è stato effettuato un *briefing* pre-immersione, dove l'Università di Palermo, sulla base dell'esperienza maturata nelle precedenti fasi di trapianto e monitoraggio sul sito, ha coordinato le attività. Le informazioni già acquisite da parte dei subacquei relativamente al caso studio, derivano dall'analisi di sintesi effettuata, nell'ambito del progetto, precedentemente all'attività di campo e riportate nella prima parte della seguente sezione. Ciò ha permesso di facilitare la discussione e il prosieguo delle attività previste. Successivamente, è stata eseguita un'immersione in una delle stazioni oggetto di monitoraggio, con la finalità di condividere e programmare al meglio il lavoro in acqua, mediante una formazione specifica degli operatori subacquei relativamente alle tipiche attività di monitoraggio programmate (fig. 6a-b). Le informazioni acquisite, anche di tipo video-fotografico, sono state funzionali all'analisi del caso studio nell'ambito di un *briefing* post-immersione e alla definizione delle successive attività di monitoraggio in programma, confermando nella maggior parte dei casi quanto discusso, condiviso e pianificato dal Partenariato nell'ambito dell'azione B2 – “*Monitoring performance of existing Posidonia oceanica transplanting*” e riportato nel *deliverable* “*Monitoring protocol of P. oceanica transplanting*”.

Inoltre, al fine di portare a conoscenza dei diversi stakeholder coinvolti il sito di trapianto e il suo attuale stato di "conservazione" è stata effettuata una immersione aperta agli *stakeholder* interessati.



Figura 6a – Area di trapianto (c) oggetto di survey nell’ambito delle prospezioni preliminari.



Figura 6b – Operatori subacquei del LIFE SEPOSSO nell’ambito delle attività dell’azione A3.

Nell’ambito di questa attività di condivisione è stato possibile visionare le aree *c* e *d* dove, oltre al trapianto di *P. oceanica* il Progetto TETIDE prevedeva la messa in posa di 12 moduli di *reef* artificiali in calcestruzzo (base di circa 2x3 m e altezze variabili da 0,6 m a 2,0 m) per ripopolamento (Fig. 7a). Su tali moduli nel 2016, dopo la fine del Progetto TETIDE, nell’ambito del Progetto PONo3PE\_00203 - MARINE HAZARD è stato effettuato un trapianto di *P. oceanica* mediante 12 impianti pilota al fine di sperimentare l’attecchimento della pianta su fondi duri attraverso l’utilizzo di moduli sperimentali, mutuati dall’esperienza pregressa avuta su fondi mobili.

L’immersione sui *reef* artificiali (Fig. 7a, b) ha evidenziato *performance* di attecchimento e crescita dei fasci su fondi duri migliori (Tomasello *et al.*, 2019) rispetto a quelle evidenziate su *matte*, oggetto di monitoraggio del caso studio di Priolo, confermando quanto evidenziato nella letteratura scientifica, relativamente alla elevata capacità di attecchimento della pianta su substrati rocciosi (e.g. Badalamenti *et al.*, 2015).



Figura 7a – Trapianto di *P. oceanica* su reef artificiali.



Figura 7b – Conta dei fasci fogliari su impianto pilota per il trapianto di *P. oceanica* su reef artificiali.

Si riporta di seguito il monitoraggio pianificato per il caso studio di trapianto di Priolo nell'ambito del progetto SEPOSSO, così come condiviso da tutti nel briefing post-immersione.

Il monitoraggio non distruttivo è stato effettuato su tutte le stazioni di monitoraggio presenti nel sito di Priolo. Sono state previste due campagne di monitoraggio (estate 2018 e estate 2019); la prima campagna è stata eseguita in seguito alle attività di condivisione tra il Partenariato, oggetto della presente Relazione. Sono state eseguite le seguenti attività, coincidenti con quanto effettuato negli anni precedenti:

- persistenza dei moduli di ancoraggio
- numeri fasci per modulo;
- mortalità e distacco delle talee;
- attecchimento delle talee;
- accrescimento dei rizomi plagiotropi;
- Lunghezza delle foglia più lunga e determinazione dello stato dell'apice

## 3.4 Caso studio del trapianto di *P. oceanica* di Piombino

### 3.4.1 Contesto

Nell'ambito del nuovo Piano Regolatore Portuale del Porto di Piombino (LI), per la realizzazione del dragaggio dei fondi antistanti il nuovo canale di accesso del porto era prevista la rimozione di una porzione della prateria di *Posidonia oceanica* presente nell'area, designata come Sito di Interesse Nazionale (SIN). Nell'ambito del relativo decreto di Valutazione di Impatto Ambientale (VIA 478/2012) è stato prescritto dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) all'ex Autorità Portuale di Piombino, oggi Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno Settentrionale, un trapianto di *P. oceanica* come misura di compensazione al danno arrecato alla prateria.

Il trapianto è stato realizzato nel giugno 2014 in aree individuate come idonee nel golfo di Follonica, in località Perelli (Fig.1).



Figura 1- Area interessata dal trapianto

### 3.4.2 Tecnica di trapianto

La tecnica di trapianto utilizzata ha previsto il trasferimento di zolle di *P. oceanica* di 4 m<sup>2</sup> di superficie (Fig. 2a), asportate dal fondo marino con benna bivalve idraulica (Fig. 2b), la quale rispetto alla benna a grappa, permette l'asportazione delle zolle senza frammentazione e il loro successivo posizionamento. Inoltre, la motonave utilizzata *splitte barge* (Fig. 2c), ha la possibilità di immettere acqua, aprendosi, nell'area di contenimento delle zolle e mantenere così in vita tutti gli organismi marini che vivono tra rizomi, foglie, *matte* di *P. oceanica* fino al loro posizionamento sul fondo (Fig. 2d). Le zolle sono state posizionate al centro dello scafo una alla volta e successivamente collocate sul fondo.

Per il posizionamento a mare i subacquei segnalavano, con boe galleggianti, il punto esatto dove affondare la zolla (Fig. 2e) su cui veniva impiantata una boa numerata di riconoscimento su un picchetto (Fig. 2f). Delle aree, dove sono state posizionate le zolle, sono state rilevate le coordinate.



Figura 2a- Benna bivalente idraulica



Figura 2b- Zolla di *P. oceanica* (4 m<sup>2</sup>)



Figura 2c- Motonave splitte barge



Figura 2d- *P. oceanica* immersa in acqua di mare all'interno dello scafo della motonave.



Figura 2e- Le boe segnalano il punto in cui la benna deve accompagnare la zolla fino al fondo



Figura 2f- Esempio di boa numerata

### 3.4.3 Attività di trapianto

Nell'ambito dello studio delle aree sottoposte ai lavori di dragaggio dei fondi antistanti il nuovo canale di accesso del porto, è stata realizzata la cartografia bionomica dell'area marina oggetto di indagine e una stima della presenza e distribuzione di *P. oceanica* e di altre eventuali specie protette o di elevato valore naturalistico presenti nell'area suddetta, nonché analisi chimiche nei sedimenti, volte a escludere interventi in aree del SIN caratterizzate dal superamento di determinati parametri (in particolar modo l'arsenico). Tale valutazione ha permesso di quantificare lo sforzo relativo all'opera di mitigazione mediante trasferimento delle specie di interesse conservazionistico.

Nell'ambito del monitoraggio volto a controllare eventuali interferenze indirette dei lavori del porto sulla prateria antistante, sono stati monitorati i limiti superiori della prateria di *P. oceanica* mediante *balisage* ed è stato calcolato l'indice PREI (*Posidonia* Rapid Easy Index, Gobert et al. 2009), sia nell'area antistante il porto che in un'area scelta come area di controllo in località Perelli. Quest'ultima, sulla base delle conoscenze pregresse e delle attività in corso, è stata selezionata come sito di trapianto (prateria ricevente), idonea a ricevere le zolle di *P. oceanica*. In particolare, sono state identificate inizialmente sei differenti aree in prossimità del limite superiore (Fig. 3); in tali aree è stato previsto il posizionamento delle zolle con differenti modalità: i) su fondo sabbioso esterno alla prateria, a ridosso del limite superiore della prateria, ii) su fondo sabbioso esterno alla prateria, distante dal limite superiore della prateria con l'intento di creare dei nuovi nuclei di prateria iii) in radure sabbiose disponibili all'interno della prateria esistente. Le aree, poste tra 11 ed 13 metri di profondità, distano tra loro da circa 700 a 2.000 metri, mentre la superficie è compresa tra 3.000 m<sup>2</sup> a 12.000 m<sup>2</sup>.

La scelta di asportare le piante insieme alla *matte* di insediamento delle stesse, aveva l'obiettivo di minimizzare il danno e aumentare la possibilità di sopravvivenza delle piante trapiantate, fornendo alla pianta (fanerogama con fusto, radici, fiori, frutti e foglie) il substrato di insediamento in cui vive da anni e da cui assorbe le sostanze circolanti. Inoltre, al fine di preservare quanto più possibile la comunità associata alla prateria, le attività di trapianto hanno previsto, prima del prelievo delle zolle, il trasferimento della fauna vagile presente tra e sulle foglie, mediante campionamenti *ad hoc* con retini da plancton manovrati a mano in immersione con ARA (45 campionamenti, distanti alcune decine di metri l'uno dall'altro, *sensu* Russo et al. 1985); ciò ha permesso di trasferire molti esemplari di crostacei, molluschi, pesci, echinodermi, ecc. dalla zona di espianto alla zona di trapianto.

La superficie totale di trapianto è stata di 1362 m<sup>2</sup>. All'interno delle aree sono stati posizionate in totale circa 340 zolle, alcune delle quali, pari a circa il 8 %, sono state distrutte in fase di posizionamento e/o non rinvenute in fase di monitoraggio (Fig. 4). Delle 314 zolle monitorate, la maggior parte di queste (il 90% circa) sono state posizionate vicino al limite superiore della prateria su fondo sabbioso, molte delle quali a ridosso ad esso; una piccola percentuale sono state posizionate sul limite della prateria all'interno di piccole radure, canali intermatte, ecc.

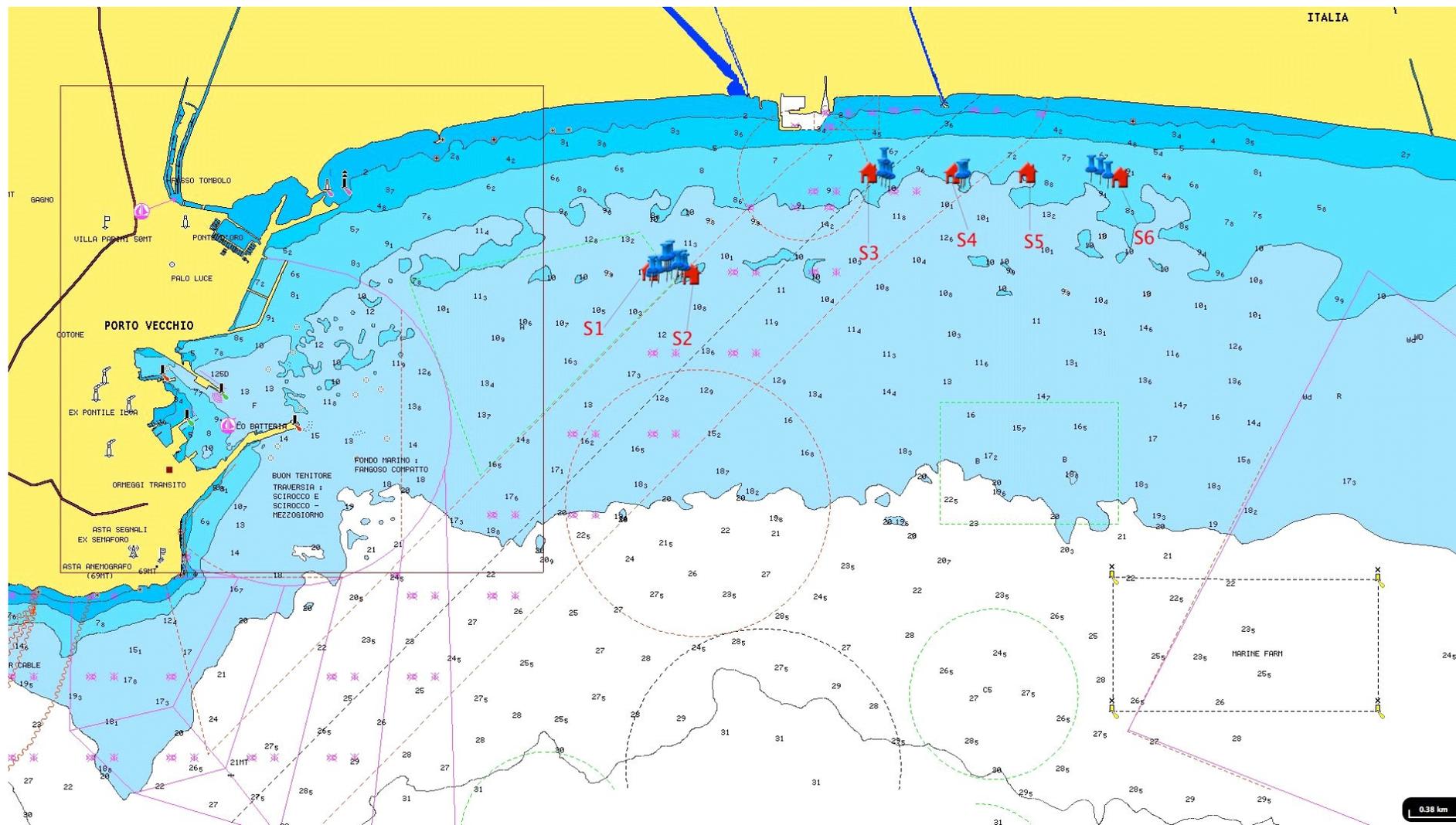


Figura 3 - Aree di trapianto (S1, S2, S3, S4, S5, S6)

#### **3.4.4 Monitoraggio progressivo del trapianto del 2014**

Dopo il termine delle operazioni di trapianto sono state effettuate quattro indagini di monitoraggio nell'arco dei successivi 3 anni, fino al giugno 2017. Il monitoraggio ha previsto l'ispezione video fotografica di maggior parte delle zolle (n = 314) nelle aree di collocamento, ciascuna delle quali è estesa da circa 100 a 400 metri.

Le aree utilizzate per il trapianto sono state quattro delle sei inizialmente selezionate (S1, S3, S4, S6). Queste sono così caratterizzate:

S1: 101 zolle posizionate

S3: 119 zolle posizionate

S4: 72 zolle posizionate

S6: 22 zolle posizionate

A titolo esemplificativo si riporta la posizione delle zolle dell'area S4. Per una disamina più esaustiva dei risultati pregressi delle attività di trapianto del caso studio, si rimanda ai Report come da prescrizione (VIA 478/2012) (Fig. 4).

Il monitoraggio effettuato su base video-fotografica ha permesso una valutazione di tipo qualitativo, focalizzando principalmente l'attenzione sulla presenza/assenza delle zolle.

#### **3.4.5 Criticità sito specifico**

Tra le criticità dell'attività di trapianto, si evidenziano alcune difficoltà riscontrate sia nel mantenimento e nella conservazione delle zolle di *P. oceanica*, sia nel loro posizionamento sul fondo marino. Pur individuando nella benna bivalve idraulica la migliore soluzione, si evidenziano cicatrici significative all'interno delle zolle dopo il loro posizionamento, dovute all'azione meccanica della benna sulla zolla. Inoltre, l'impossibilità operativa di collocare le zolle all'interno della prateria in aree protette dall'azione idrodinamica (solamente poche di queste sono state infatti posizionate sul limite della prateria all'interno di piccole radure, canali intermatte, ecc.), ha facilitato nel tempo l'erosione di molte delle zolle e in alcuni casi la loro frantumazione.

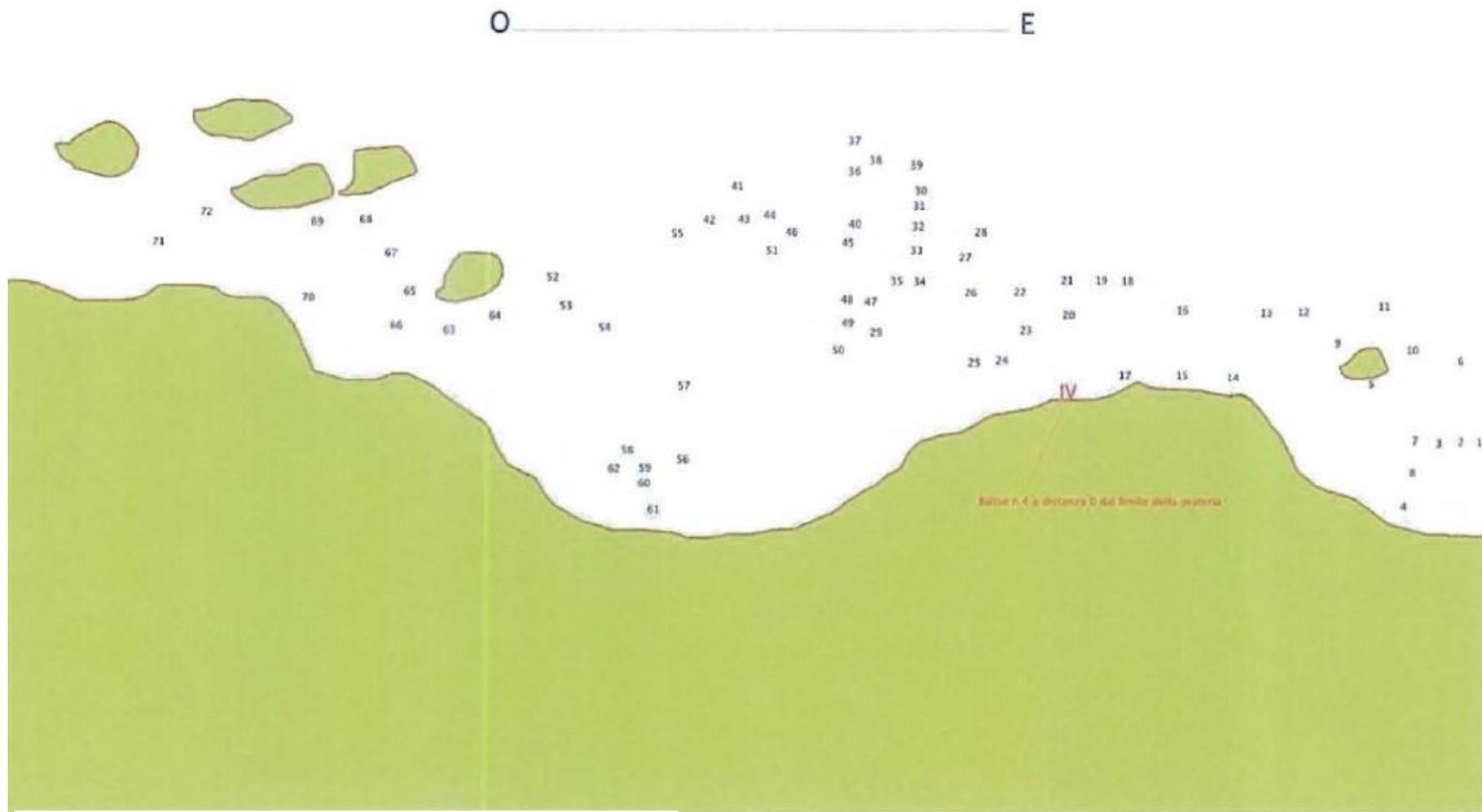


Figura 4 - Posizione delle zolle (n=72) nell'area di trapianto S4

### 3.4.6 Attività di prospezioni preliminari nell'ambito del LIFE SEPOSSO

Tra il 9-10 Ottobre 2018 il Partenariato SEPOSSO ha partecipato alle attività di campo sul sito di trapianto di Piombino. Nello specifico hanno partecipato alle attività complessivamente 11 subacquei afferenti all'AdSP-MTS, Università di Palermo, Università di Roma "Tor Vergata", ISPRA, ARPAT. Nell'ambito di queste attività è stato effettuato un *briefing* pre-immersione, dove l'AdSP-MTS, sulla base dell'esperienza maturata nelle precedenti fasi di trapianto e monitoraggio sul sito, ha coordinato le attività con il supporto dell'intero Partenariato. Le informazioni già acquisite da parte dei subacquei relativamente al caso studio, derivano dall'analisi di sintesi effettuata, nell'ambito del progetto, precedentemente all'attività di campo e riportate nella prima parte della seguente sezione. Ciò ha permesso di facilitare la discussione e il prosieguo delle attività previste. Successivamente, è stata eseguita un'immersione in una delle stazioni oggetto di monitoraggio, con la finalità di condividere e programmare al meglio il lavoro in acqua, mediante una formazione specifica degli operatori subacquei relativamente alle tipiche attività di monitoraggio programmate (fig. 6a-b). Le informazioni acquisite, anche di tipo video-fotografico, sono state funzionali all'analisi del caso studio nell'ambito di un *briefing* post-immersione e alla definizione delle successive attività di monitoraggio in programma. A tal proposito, quanto già pianificato e condiviso dal Partenariato nell'ambito dell'azione B2 – “*Monitoring performance of existing Posidonia oceanica transplanting*” e riportato nel *deliverable* “*Monitoring protocol of P. oceanica transplanting*”, è stato definito nel dettaglio sulla base di ulteriori informazioni acquisite al momento. Si sottolinea, infatti, che il piano di campionamento condiviso dal partenariato e adottato nell'ambito del LIFE SEPOSSO si discosta da quello adottato precedentemente su base video fotografica, oggetto di prescrizione nell'ambito del decreto di Valutazione di Impatto Ambientale (VIA 478/2012).

Inoltre, al fine di portare a conoscenza dei diversi *stakeholder* coinvolti il sito di trapianto e il suo attuale stato di "conservazione" è stata effettuata una immersione aperta agli *stakeholder* interessati.



Figura 6a – Partenariato del LIFE SEPOSSO nell'ambito delle attività dell'azione A3.



Figura 6b – Operatori subacquei del LIFE SEPOSSO nell'ambito delle attività dell'azione A3.

Si riporta di seguito il monitoraggio pianificato per il caso studio di Piombino nell'ambito del LIFE SEPOSSO, così come condiviso da tutti nel *briefing* post-immersione.

Il monitoraggio è stato effettuato su tutte le stazioni oggetto di trapianto (S1, S3, S4, S6) e relative stazioni di controllo per ciascuna stazione. Sono state previste due campagne di monitoraggio (estate 2018 e estate 2019); la prima campagna è stata eseguita subito dopo le attività di condivisione tra il Partenariato, oggetto della presente Relazione. Sono state eseguite le seguenti attività:

Sono state selezionate in modo *random* 16 zolle in ciascuna stazione. Il numero totale di zolle selezionate, pari a 62, rappresenta circa il 20% di tutte le zolle trasferite. Le zolle sono state individuate tra quelle posizionate vicino al limite superiore della prateria su fondo sabbioso, alcune delle quali adiacenti ad esso.

In ciascuna zolla sono state effettuate le seguenti attività:

- 1 fotografia sulla perpendicolare al sedimento da sopra alla zolla<sup>1</sup>
- 4 fotografie laterali<sup>2</sup>
- Annotazioni integrative per ciascuna zolla a supporto del monitoraggio fotografico:
  - ✓ Copertura *Posidonia* nella zolla (%)
  - ✓ Conservazione apparente della zolla (elevata, media, bassa)
  - ✓ Distanza prateria naturale dalla zolla (vicina, lontana)
  - ✓ Distanza altre zolle dalla zolla (adiacente, vicina, lontana)
  - ✓ Presenza fasci plagiotropi (elevata, media, bassa) per ciascuna fotografia laterale
- Misura della diagonale N-S (cm) e diagonale E-O (cm)
- Conte di densità fogliare<sup>3</sup>
- Lunghezza e larghezza della foglia più lunga, stato dell'apice e tessuto bruno (5 fasci)

In ciascuna stazione di controllo sono state effettuate 10 conte di densità fogliare e acquisite informazioni su lunghezza e larghezza della foglia più lunga, stato dell'apice e tessuto bruno (5 fasci).

Sulle zolle e nella prateria naturale, per ciascuna stazione, sono stati effettuati prelievi di fasci fogliari per analisi fenologiche e lepidocronologiche.

---

1 la fotografia dovrà comprendere anche l'intorno zolla

2 Identificare il lato più regolare e poi quello opposto. Poi i due lati perpendicolari a questi ultimi. Ciascuna delle quattro fotografie verrà identificata secondo direzione bussola, utile per confronti successivi.

3 Effettuare 5 conte (quadrato 40cm \*40cm). Fare una conta a centro zolla. Da lì, secondo direzione bussola Nord, Sud, Est e Ovest, disporre il quadrato ad una distanza di 80 cm (centro quadrato-centro quadrato). Annotare per ciascuna conta la tipologia di substrato (nudo, parzialmente nudo, eroso). Nudo = senza copertura *Posidonia*; Eroso = substrato mancante perché eroso

Inoltre, alcune prospezioni video fotografiche sono state effettuate nelle stazioni S3 e S6 al fine di acquisire informazioni aggiuntive anche sulle zolle posizionate sul limite della prateria all'interno di piccole radure, canali intermatte, ecc.

## 4 BIBLIOGRAFIA

- Badalamenti F., Alagna A. & Fici S. (2015) - Evidences of adaptive traits to rocky substrates undermine paradigm of habitat preference of the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*. Scientific Reports volume 5, Article number: 8804
- Bianchi C.N., Peirano A. (1995) - Atlante delle fanerogame marine della Liguria. *Posidonia oceanica* e *Cymodocea nodosa*. ENEA, Centro Ricerche Ambiente Marino, La Spezia: 1-146.
- Blanc J.J., Jeudy De Grissac A. (1989) - Réflexion géologique sur la régression des herbiers à Posidonies (départements du Var et des Bouches-du-Rhône). In: Boudouresque C.F., Meinesz A., Fresi E., Gravez V. Edits. Second International Workshop on *Posidonia* beds, GIS Posidonie Publisher, Marseille, Fr., 2: 273-285.
- Borum J., Duarte CM., Krause-Jensen D., Greve TM. (2004) - European seagrasses: an introduction to monitoring and management. The M&MS project, Copenhagen. pp.88.
- Boudouresque C.F., Meinesz A. (1982) - Découverte de l'herbier de Posidonie. Parc National de Port-Cros, Parc Naturel Regional de la Corse, Cahiers, 4, pp. 79.
- Boudouresque C.F., Charbonnel E., Meinesz A., Pergent G., Pergent-Martini C., Cadiou G., Bertrand M.C., Foret P., Ragazzi M., Rico-Raimondino V. (2000) - A monitoring network based on the seagrass *Posidonia oceanica* in the northwestern Mediterranean Sea. *Biologia Marina Mediterranea*, 7(2): 328-331.
- Boudouresque C.F., Bernard G., Bonhomme P., Charbonnel E., Diviacco G., Meinesz A., Pergent G., Pergent-Martini C., Ruitton S., Tunesi L. (2006) - Préservation et Conservation des herbiers à *Posidonia oceanica*. RAMOGE pub.: 1-202.
- Bourcier M., Nodot C., Jeudy De Grissac A., Tine J. (1979) - Répartition des biocoenoses benthiques en fonction des substrats sédimentaires de la rade de Toulon (France). *Téthys*, 9(2): 103-112.
- Calumpong H.P., Fonseca M.S. (2001) - Seagrass transplantation and other seagrass restoration methods. In: Global Seagrass Research Methods. Eds: Short F.T. and Coles R.G. Elsevier Science. chapter 22: 425-442.
- Carannante F. (2011) - Monitoraggio a lungo termine di trapianti di *Posidonia oceanica* su vasta scala. Tesi di dottorato in Ecologia e Gestione delle Risorse Biologiche – XXII ciclo, Università degli Studi della Tuscia di Viterbo.
- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R.S., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P. and van den Belt, M. (1997) - The value of the world's ecosystem services and natural capital, *Nature*, 387(6630): 253-260.
- Genot I., Caye G., Meinesz A., Orlandini M. (1994) - Role of chlorophyll and carbohydrate contents in survival of *Posidonia oceanica* cuttings transplanted to different depths. *Marine Biology* 119: 23-29.
- Giraud, G., (1977) - Contribution a` la description et a` la phenologie quantitative des herbiers de *Posidonia oceanica* (L.) Delile. Aix-Marseille II. The`se en Oce`anologie, 150p.
- Gobert, S., Sartoretto, S., Rico-Raimondino, V., Andral L. B., Chery, A., Lejeune, P., Boissery, P., (2009) - Assessment of the ecological status of Mediterranean French coastal waters as required by the Water Framework Directive using the *Posidonia oceanica* Rapid Easy Index: PREI. *Mar. Poll. Bull.* 58, 1727-1733.
- Díaz-Almela E., Duarte C.M. (2008) - Management of Natura 2000 habitats. 1120 *Posidonia* beds (*Posidonion oceanicae*). European Commission.

- Meinesz A., Lefevre J.R. (1984) - Régénération d'un herbier à *Posidonia oceanica* quarante années après sa destruction par une bombe dans la rade de Villefranche (Alpes-Maritimes). In: Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. edits. First International Workshop on *Posidonia oceanica* beds, GIS Posidonie publisher., Marseille, Fr., 1: 39-44.
- Marbà, N., Duarte, C.M. (1998) - Rhizome elongation and seagrass clonal growth. *Marine Ecology Progress Series* 174: 269–280.
- Meinesz, A., Caye, G., Locques, F., Macaux, S. (1990) - Analyse bibliographique sur la culture des phanérogames marines. *Posidonia Newsl.* 3, 1–67.
- Meinesz A., Caye G., Loques F., Molenaar H. (1991a) - Restoration of damaged areas with transplantation of seaweeds and seagrasses in the Mediterranean: review and perspectives. *Oebalia*, 7(1): 131-142.
- Meinesz A., Caye G., Loques F., Molenaar H. (1991b) - Growth and development in culture of orthotropic rhizomes of *Posidonia oceanica*, *Aquatic Botany*, 39: 367-377.
- Molenaar H., Meinesz A. (1992a) - Vegetative reproduction in *Posidonia oceanica*. II. Effects of depth changes on transplanted orthotropic shoots. *Marine Ecology, PSZNI*, 13(2): 175-185.
- Molenaar H., Meinesz A., (1992b) - Transplantations de *Posidonia oceanica* (L.) Delile à Cannes. Méditerranée 2000 & Laboratoire Environnement Marin Littoral, Univ. Nice-Sophia Antipolis, Fr.: 1-27.
- Ott J. (1980) - Growth and production in *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *Marine Ecology PSZN*, 1:47-64.
- Pasqualini, V., Pergent-Martini, C., Pergent, G. (1999) - Environmental impacts identification along the Corsican coast (Mediterranean Sea) using image processing. *Aquatic Botany* 65, 311–320.
- Peres J. (1984) - La regression des herbiers a *Posidonia oceanica* In: Boudouresque CF, Jeudy de Grissac A, Olivier J (eds) First International Workshop on *Posidonia oceanica* beds. GIS Posidonie Publisher, Marseille, Fr., 1:445-454.
- Pergent, G. (1990) - Lepidochronological analysis in the seagrass *Posidonia oceanica*: a standardized approach. *Aquatic Botany*, 37, 39-54.
- Pergent, G., Pergent-Martini, C., Boudouresque, C.F. (1995). Utilisation de l'herbier a *Posidonia oceanica* comme indicateur biologique de la qualité du milieu littoral en méditerranée: état des connaissances. *Mésogée* 54, 3-27.
- Piazzi L., Balestri E., Magri M., Cinelli F. (1998) - Experimental transplanting of *Posidonia oceanica* (L.) Delile into a disturbed habitat in the Mediterranean Sea. *Botanica Marina*, 41: 593-601.
- 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. *Marine Mediterranean Science*, 16(3), 591-604.
- Terrados J., Borum J. (2004) - Why are seagrasses important? – Goods and services provided by seagrass meadows. In: European seagrasses: an introduction to monitoring and management. Edited by Jens Borum, Carlos M. Duarte, Dorte Krause-Jensen and Tina M. Greve: 8-10.
- Tomasello A., Pirrotta M., Calvo S. (2019) - Construction underwater landscape by using *Posidonia oceanica* transplanting combined with innovative artificial reefs. [Proceedings of the 6th Mediterranean Symposium on Marine vegetation](#), Antalya, Turkey, 14-18 January 2019, pp. 92-96.

- Rapporto Tecnico Finale del Progetto di Ricerca "Tecnologie avanzate eco-sostenibili finalizzate alla bonifica ed al ripristino di aree marine costiere degradate (TETIDE)" Codice progetto: PON01\_03112.
- Rapporti Tecnici "Espianto, Reimpianto di *Posidonia oceanica* e Monitoraggio dei Risultati in località Punta S. Pietro Ischia (NA)" ai sensi del Decreto VIA 10/2008.
- Rapporti Tecnici "Servizi di espianto, trapianto, mantenimento e monitoraggio di esemplari di *Posidonia oceanica* nel tratto marino tra i comuni di Civitavecchia (RM) e Santa Marinella (RM)" ai sensi del Decreto VIA 6923/2002.
- Rapporti Tecnici ai sensi del Decreto VIA 478/2012
- Russo G.F., Fresi E., Vinci D. (1985) - The hand-towed net method for direct sampling in *Posidonia oceanica* beds. Rapp. Comm. int. Mer Médit., 29 (6): 175-177.
- Valiante L.M., Carannante F., Casola E., Di Dato P., Di Nuzzo F., Scardi M., Fresi E. (2010) - Monitoraggio a lungo termine di trapianti di *Posidonia oceanica* su grande scala. XX Congresso della S.I.Te., "La Sapienza" Università di Roma, 27 – 30 settembre 2010.
- Vassallo P., Paoli C., Rovere A., Montefalcone M., Morri C., Nike Bianchi C. (2013) – The value of the seagrass *Posidonia oceanica*: A natural capital assessment. Marine Pollution Bulletin, 75: 157 – 167.
- Zieman J.C. (1974) - Methods for the study of growth and production of the turtle grass, *Thalassia testudinum* Koning. Acquaculture, 4: 139 – 143.