



# COMUNE DI LENI (PROVINCIA DI MESSINA)

## OPERE DI ATTUAZIONE DEL PIANO REGOLATORE PORTUALE DI RINELLA 1° STRALCIO FUNZIONALE PROGETTO DEFINITIVO



PROGETTAZIONE:



RILIEVI E INDAGINI:



Dott. A. Anfino  
Dott. biol. G. Catalano

ARCHEOLOGO:  
*Daniela Raia*

RESPONSABILE INTEGRAZIONI DELLE  
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. Antonino SUTERA

PROGETTISTI:

Ing. Umberto RICCI  
Ing. Antonino SUTERA  
Ing. Giuseppe BERNARDO  
Ing. Massimo TONDELLO  
Ing. Andrea PEDRONCINI  
Ing. Roberta Chiara DE CLARIO

GEOLOGIA:

Geol. Marco SANDRUCCI

GRUPPO DI LAVORO:

Ing. Giuseppe CUTRUPI  
Ing. Stefania FERLAZZO  
Ing. Simone FIUMARA  
Arch. Francesca GANGEMI  
Arch. Erica PIPITO'  
Ing. Silvia BERIOTTO  
Ing. Nicola SGUOTTI  
Ing. Silvia TORRETTA  
Ing. Fabio VINCI

COORD. SICUREZZA PROGETTAZIONE:

Ing. Giuseppe BERNARDO



**D.09**

### PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

Questo elaborato è di proprietà della Proger S.p.A. pertanto non può essere riprodotto né integralmente, né in parte senza l'autorizzazione scritta della stessa. Da non utilizzare per scopi diversi da quelli per cui è stato fornito.

Nome File	Scala	Commessa	Codice Elaborato					
DNC135_PD_D.09_2020-10-28_R0_Piano di monitoraggio ambientale_DCL.docx		P20070	D	00	00	G	MA	01

REVISIONI	REV. n°	DATA	MOTIVAZIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO
	00	30/10/2020		Ing. Roberta Chiara DE CLARIO	Ing. Giuseppe BERNARDO	Ing. Antonino SUTERA

R.U.P.:

Arch. Domenico ARCORACI

VISTI/APPROVAZIONI:

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE RELATIVO ALL'INTERVENTO DI TRAPIANTO DI POSIDONIA OCEANICA</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>PIANO DI MONITORAGGIO MORFO-BATIMETRICO</b>	<b>5</b>
3.1	<i>CAMPAGNA DI RILIEVO MORFO-BATIMETRICO</i>	5
3.1.1	<i>Rilievo batimetrico</i>	5
3.1.2	<i>Rilievo aerofotogrammetrico</i>	6
3.2	<i>DOCUMENTAZIONE DA PRODURRE</i>	6
<b>4</b>	<b>APPENDICE</b>	<b>8</b>
4.1	<i>PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE RELATIVO ALL'INTERVENTO DI TRAPIANTO DI POSIDONIA OCEANICA</i>	8

## 1 PREMESSA

Il presente elaborato è redatto nell'ambito del Progetto Definitivo riguardante la realizzazione delle "Opere di attuazione del Piano Regolatore Portuale di Rinella. 1° Stralcio Funzionale" (CUP D21C18000280002 – CIG 8075254668).

Il Piano di Monitoraggio Ambientale ha lo scopo di fornire criteri e strumenti per la valutazione degli impatti sulle matrici ambientali, al fine di confermare/correggere le misure di mitigazione previste in sede progettuale o, se necessario, aggiungerne delle nuove.

Nel caso in esame, particolare attenzione è stata riservata al monitoraggio dell'*habitat comunitario 1120 (Praterie di Posidonia)*, interessato dalla realizzazione delle opere di progetto.

Si è inoltre provveduto a definire le attività di monitoraggio necessarie al fine di controllare la tendenza evolutiva del litorale e dei fondali, a seguito della realizzazione delle opere di progetto.

In base a quanto detto, il presente Piano è pertanto articolato nei seguenti Capitoli:

- **Capitolo 2** – Piano di monitoraggio ambientale relativo all'intervento di trapianto di Posidonia Oceanica: si individua la migliore tecnica di trapianto in relazione al sito oggetto di intervento e si definisce un opportuno piano di monitoraggio per valutare la risposta delle talee;
- **Capitolo 3** – Piano di monitoraggio morfo-batimetrico: si definisce il programma delle attività volte al controllo e alla verifica di eventuali fenomeni localizzati di accrescimento/erosione del litorale oggetto di intervento e variazioni dei fondali, a seguito della realizzazione della nuova infrastruttura portuale.

## 2 PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE RELATIVO ALL'INTERVENTO DI TRAPIANTO DI POSIDONIA OCEANICA

Nell'ambito del progetto di realizzazione delle "Opere di attuazione del Piano Regolatore Portuale di Rinella. 1° Stralcio Funzionale" (CUP D21C18000280002 – CIG 8075254668), è stata svolta la Valutazione degli Impatti Ambientali, diretti ed indiretti, sia in fase di cantiere che di esercizio (*elaborato A.02 – Studio di Impatto Ambientale*).

Dall'analisi si riscontra che in fase di cantiere sono presenti effetti reversibili, seppur non sempre a breve termine, quali incremento della torbidità, possibile risospensione di sedimenti e sostanze chimiche associate, diminuzione dell'attività fotosintetica a carico dei produttori primari e, in generale, disturbo nei confronti degli organismi marini.

La realizzazione delle opere comporterà tuttavia anche un effetto irreversibile, dovuto alla perdita di una superficie occupata dalla prateria di Posidonia oceanica, pari a circa 4.980 m<sup>2</sup>, interessata dalla posa delle nuove costruzioni.

Al fine di mitigare gli effetti di tale perdita, sono state suggerite delle misure di compensazione, la più incisiva tra le quali prevede il trapianto di P. oceanica nella stessa misura interessata dalla posa delle nuove strutture. Tale tecnica, già utilizzata in passato per il reimpianto di praterie distrutte, danneggiate o sofferenti a causa di precedenti alterazioni dell'ambiente marino-costiero, è sempre più spesso individuata, all'interno dei Decreti di VIA relativi alla realizzazione di opere costiere, come forma di compensazione degli impatti associati.

Data la complessità e l'importanza della valutazione degli impatti ambientali sulla Posidonia e la definizione di un utile intervento di trapianto della stessa, si è scelto di **affidare la trattazione di tali aspetti alla Società Envitech s.r.l. che, in collaborazione con Bioscience Research Center s.r.l., ha sviluppato un apposito Piano di Monitoraggio Ambientale relativo all'intervento di trapianto di Posidonia oceanica.**

Il Piano, dopo una breve introduzione relativa alle tecniche di piantumazione previste dal Manuale e dalle Linee Guida 106/2014 ISPRA e un confronto con i casi specifici disponibili in letteratura, suggerisce i tempi e i modi di monitoraggio delle attività previste per la valutazione della buona riuscita dell'intervento di trapianto.

In particolare, il monitoraggio dovrà attuarsi secondo le seguenti fasi successive:

- caratterizzazione del sito (donatore e ricevente);
- scelta della tecnica di trapianto;
- scelta delle talee;
- monitoraggio e verifica della riuscita dell'intervento di piantumazione, con indicazione dei parametri da controllare e degli intervalli temporali con cui effettuare le verifiche.

**Per ogni specifico dettaglio relativo all'argomento, si rimanda pertanto al suddetto Piano di Monitoraggio, in appendice al presente elaborato.**

### 3 PIANO DI MONITORAGGIO MORFO-BATIMETRICO

Il Monitoraggio morfo-batimetrico andrà effettuato al fine di documentare la tendenza evolutiva del litorale e dei fondali oggetto di intervento, verificando i fenomeni dovuti alla presenza delle nuove opere portuali.

Il sistema di monitoraggio si articolerà secondo tre distinte fasi:

- **ante operam**, al fine di individuare i parametri di riferimento dell'area, rispetto ai quali valutare i risultati delle successive fasi;
- **post operam**, finalizzato a valutare le condizioni successive alla realizzazione degli interventi, da replicare negli anni successivi, con una cadenza temporale opportuna, al fine di monitorare l'andamento della linea di riva e dei fondali nel litorale adiacente all'area di realizzazione della nuova infrastruttura portuale.

#### 3.1 Campagna di rilievo morfo-batimetrico

La campagna di rilievo tipo deve prevedere come contenuti minimi un rilievo batimetrico di tipo MBES e un rilievo aerofotogrammetrico da drone.

##### 3.1.1 Rilievo batimetrico

Sarà necessario eseguire un rilievo batimetrico di tipo MBES della spiaggia sommersa, dalla minor profondità batimetrica consentita dalla tecnologia adottata fino alla batimetrica -12 m.

La strumentazione da utilizzare, la qualità delle misure e le procedure dovranno avere l'accuratezza e l'affidabilità necessaria a classificare i rilievi multibeam come "rilievi di ordine speciale" secondo la specificazione dell'I.H.O. (*International Hydrographic Organization*).

Il rilievo dovrà essere eseguito in condizione di mare praticamente calmo ed in totale assenza di vento mediante utilizzo di un ecoscandaglio di tipo Multibeam ad alta risoluzione che operi con un impulso di almeno 240 KhZ ed avente un numero di *beam* superiore a 100.

I rilievi batimetrici dovranno estendersi fino alla batimetrica 2 m o comunque fino alla minima profondità consentita dalla metodologia e dovranno prevedere la copertura totale dell'area di indagine, mentre potrà essere adottata la tecnologia *singlebeam* per le aree in cui non saranno realizzate opere marittime.

La copertura del fascio multibeam deve consentire una sovrapposizione di almeno il 20% dell'area indagata dalle linee adiacenti. Al fine di eliminare eventuali errori sistematici nei dati acquisiti, dovranno essere accuratamente misurate le posizioni orizzontali e la quota di tutti i sensori installati a bordo dell'imbarcazione con stazione totale.

Tutte le posizioni misurate dovranno poi essere inserite nel sistema di navigazione ed acquisizione dei dati, che dovrà essere opportunamente interfacciato ad un sensore di rollio beccheggio (*Roll, Pitch e Heave*), girobussola e sonda di velocità del suono in continuo e dovrà consentire la correzione in tempo reale dei rilievi. Inoltre, ogni qual volta le condizioni ambientali lo richiederanno, e comunque una volta prima di ogni sessione di rilievo, dovrà essere eseguito un profilo verticale di velocità del suono in acqua per l'opportuna calibrazione degli impulsi ed i report dei profili consegnati all'Ente appaltante.

Prima di ogni sessione di rilievo, dovranno essere effettuati dei controlli sulle apparecchiature di posizionamento mediante il collocamento delle stesse su vertici di riferimento presenti nei pressi dell'area oggetto di indagine sui quale eventualmente stazionare per la correzione RTK. Gli esiti dei controlli sui vertici così la qualità dei rilievi dovranno essere accettati per accuratezza planimetriche non eccedenti a +/- 10 cm per le coordinate planimetriche e +/- 5 cm per le coordinate altimetriche. All'atto della consegna dei

PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

---

lavori dovrà essere premura del soggetto aggiudicatario fornire i report sulla procedura di ogni operazione o calibrazione effettuata.

Gli errori di cui saranno affette le misurazioni dovranno essere errori casuali e assolutamente non errori sistematici, ovvero imputabili ad errori di calibrazione, cattivo funzionamento degli strumenti, ecc.

L'imbarcazione dovrà, inoltre, essere equipaggiata con un ecoscandaglio Idrografico di tipo "Singlebeam" il cui impiego dovrà servire per verificare il corretto funzionamento del sistema *Multibeam*.

### 3.1.2 Rilievo aerofotogrammetrico

Al rilievo batimetrico dovrà essere associato un rilievo aerofotogrammetrico da drone (AFD) della spiaggia emersa, delle opere presenti e dei primi fondali (fino a - 0,5 m).

Il rilievo dovrà essere eseguito mediante operatore SAPR riconosciuto ENAC e dovrà preferibilmente essere eseguito in contemporaneità con i rilievi marini.

Le riprese devono essere eseguite mediante velivoli adeguati dei quali sia garantita la libera e completa disponibilità da parte dell'appaltatore per il periodo necessario per le riprese. La sovrapposizione longitudinale dovrà essere pari al 70% dell'abbracciamento al suolo del singolo fotogramma, quella laterale il 60% circa.

Dovranno essere posizionati e rilevati con GPS RTK un adeguato numero di marker a terra per correzione del modello in numero di almeno uno ogni 10 fotogrammi, l'accuratezza assoluta con precisione (RMS con PPK abilitato) orizzontale di 1,3 cm e verticale di 2,3 cm.

La pianificazione dei voli e delle attività a terra (stazioni fisse GPS e GCP) dovrà garantire risultati correttamente georeferenziati e minimizzazione dell'errore sistematico, che dovrà comunque essere compatibile con l'accuratezza del prodotto richiesto (scala 1/500), ovvero con precisione 3D  $\pm 5$  cm.

Le riprese dovranno essere effettuate nelle condizioni più favorevoli rispetto allo specifico sistema di rilievo, e ciò con riferimento sia alle condizioni contingenti (atmosferiche e di illuminazione) che alle variabili stagionali. Per le riprese fotografiche oltre all'assenza di nebbie o foschie, si dovranno privilegiare idonee condizioni di illuminazione (le ore a cavallo del mezzogiorno) che minimizzino le ombre e le dominanti di colore.

I sistemi di rilievo nel loro complesso dovranno possedere i requisiti di precisione ed accuratezza, e dovranno essere calibrati e testati in modo tale da garantire il raggiungimento dell'accuratezza prevista per ciascun prodotto. Il modello DTM prodotto dovrà essere in formato raster alla massima risoluzione.

## 3.2 Documentazione da produrre

Al termine di ogni fase di monitoraggio dovrà essere prodotto un **Rapporto di Monitoraggio** contenente le seguenti informazioni:

- elenco complessivo dei rilievi topo-batimetrici eseguiti e data di esecuzione (giorno, mese, anno);
- sintesi delle condizioni meteo-marine in cui si è operato, le difficoltà incontrate e tutto quanto potrà risultare necessario ad una corretta interpretazione del lavoro svolto;
- monografie dei capisaldi materializzati ed impiegati per l'inquadramento geodetico;
- modalità del rilievo e dell'elaborazione del dato acquisito;
- descrizione della dotazione strumentale utilizzata corredata da specifiche tecniche;
- descrizione dei mezzi terrestri e nautici impiegati;
- descrizione delle procedure di verifica e calibrazione degli strumenti;

PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

---

- descrizione delle procedure di controllo qualità e validazione del dato acquisito;
- descrizione del piano di campionamento dei sedimenti effettuato, modalità e tempistica di consegna nel laboratorio della stazione appaltante, etc.;
- risultato delle analisi di laboratorio.

Il Rapporto di Monitoraggio dovrà essere inoltre corredato dai seguenti elaborati grafici:

- Planimetria generale.
- Planimetrie particolareggiate dei litorali in scala idonea, con riportate le curve isobate equidistanza 1 m, il tracciamento della linea di riva, l'indicazione delle profondità rilevate lungo i profili, le infrastrutture principali.
- Tavola delle sezioni trasversali riportate nelle planimetrie al punto precedente.
- Carta di navigazione, con l'ubicazione di tutte le linee di navigazione eseguite.
- Tavole di raffronto con i precedenti rilievi effettuati.

Inoltre dovranno essere forniti in formato digitale i seguenti elaborati:

- File ascii, con coordinate planimetriche, l'altezza ellissoidica e la quota geoidica;
- File georeferenziato Modello digitale del terreno (DTM) con risoluzione pixel di 10 x 10 cm, nuvola dei punti rilevati (formato Raster Ascii Grid/raster Grid GeoTIFF float a 32 bit e in formato \*.las, \*.xyz, \*.asc, \*.txt);
- File di tutti gli elaborati grafici prodotti.

Inoltre a termine di tutto il protocollo di monitoraggio dovrà essere redatto un **Rapporto di monitoraggio finale**, comprendente la descrizione di tutte le attività svolte, i dati raccolti, le elaborazioni e le analisi interpretative eseguite sulla base dei dati.

## **4 APPENDICE**

### **4.1 Piano di Monitoraggio Ambientale relativo all'intervento di trapianto di Posidonia Oceanica**



Immagine tratta da Google Earth

# Piano di Monitoraggio per l'intervento di trapianto di *Posidonia oceanica* (L.) Delile 1813 Porto di Rinella (Isola di Salina – Leni – ME)

*Il Committente:*



**DINAMICA SRL – Messina (MS)**

*Elaborato redatto da:*



**ENVITECH SRL – Carrara (MS)**



**Bioscience Research Center - Orbetello (GR)**

## Sommario

0	PREMESSA .....	2
1	INTRODUZIONE.....	3
2	APPLICAZIONE DEI TRAPIANTI DI <i>POSIDONIA OCEANICA</i> .....	4
2.1	Caratterizzazione del sito ricevente e riforestazione sperimentale in più siti .....	6
2.2	Tecniche di trapianto .....	7
2.3	Scelta delle talee .....	8
2.4	Monitoraggio e verifica della riuscita dell'intervento di piantumazione .....	8
3	PROPOSTA PROGETTUALE .....	10
4	CONCLUSIONI .....	13
5	BIBLIOGRAFIA .....	14

## 0 PREMESSA

Il presente elaborato è stato redatto da Envitech srl in collaborazione con Bioscience Research Center SRL su incarico di DINAMICA srl nell'ambito della procedura di Valutazione di impatto ambientale e di incidenza relativa al Progetto Definitivo denominato "OPERE DI ATTUAZIONE DEL PIANO REGOLATORE PORTUALE DI RINELLA. 1° STRALCIO FUNZIONALE".

## 1 INTRODUZIONE

Nell'ambito del progetto di costruzione del nuovo molo sopraflutto, come da Relazione Generale del Progetto Definitivo riguardante la realizzazione delle "Opere di attuazione del Piano Regolatore Portuale di Rinella. 1° Stralcio Funzionale" (CUP D21C18000280002 – CIG 8075254668), è stata svolta la Valutazione degli Impatti Ambientali, diretti ed indiretti, sia in fase di cantiere che di esercizio.

Dall'analisi si riscontra che in fase di cantiere sono presenti effetti reversibili, seppur non sempre a breve termine, quali incremento della torbidità, possibile risospensione di sedimenti e sostanze chimiche associate, diminuzione dell'attività fotosintetica a carico dei produttori primari e, in generale, disturbo nei confronti degli organismi marini (Boudouresque *et al.*, 2006). Al contrario, tra gli impatti valutati in fase di cantiere e di esercizio, vi è la perdita di una superficie occupata dalla prateria di *Posidonia oceanica* (L.) Delile 1813 pari a circa 4980 m<sup>2</sup>, area interessata dalla posa di nuove costruzioni; tale aspetto è pertanto un effetto irreversibile.

Al fine di mitigare gli effetti di tale perdita, sono state suggerite delle misure di compensazione, la più incisiva tra le quali prevede il trapianto di *P. oceanica* nella stessa misura interessata dalla posa delle nuove strutture. Tale tecnica, già utilizzata in passato per il reimpianto di praterie distrutte, danneggiate o sofferenti a causa di precedenti alterazioni dell'ambiente marino-costiero, è sempre più spesso individuata, all'interno dei Decreti di VIA relativi alla realizzazione di opere costiere, come forma di compensazione degli impatti associati.

In passato, il trapianto di *P. oceanica* è stato talvolta realizzato senza tenere conto delle necessità sito-specifiche, delle procedure di trapianto e del contestuale inserimento in progetti più ampi di gestione integrata della fascia costiera, non garantendo quindi il successo dell'azione (Boudouresque *et al.*, 2006). Alcune recenti esperienze, tuttavia, indicano risultati incoraggianti soprattutto in caso di interventi di piccola scala con talee, semi e giovani plantule (Borum *et al.*, 2004; Díaz-Almela e Duarte, 2008; Carannante, 2011), anche se l'affidabilità dei progetti non è ancora comparabile con quella acquisita nelle tecniche di riforestazione condotte sulla terraferma (Boudouresque *et al.*, 2006). In virtù dei numerosi insuccessi, documentati dalla letteratura, risulta fondamentale valutare in fase preliminare la procedura più idonea da adottare al caso specifico (Boudouresque *et al.*, 2000) e proseguire nel monitoraggio degli esiti per almeno cinque anni dal termine delle attività di trapianto.

La presente relazione riporta una breve introduzione alle tecniche di piantumazione previste dal Manuale e Linee guida 106/2014 ISPRA e un confronto con casi specifici disponibili in letteratura, suggerendo tempi e modi di monitoraggio delle attività previste. Il presente *desktop study* attinge, inoltre, alle esperienze di altre realtà italiane in cui tale tecnica ha portato risultati positivi ed incoraggianti.

## 2 APPLICAZIONE DEI TRAPIANTI DI *POSIDONIA OCEANICA*

Sono numerosi i casi in cui il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) ha prescritto nel corso dell'ultimo decennio il trapianto di *Posidonia oceanica* come intervento di compensazione del disturbo arrecato, sia in fase cantieristica che di esercizio, da interventi in aree portuali, anche in presenza di Siti di Interesse Nazionale (SIN), Siti di Interesse Comunitario (SIC) e Zone Speciali di Conservazione (ZSC).

A seguito di numerosi tentativi, riportanti risultati più o meno riusciti (Boudouresque *et al.*, 2000; Borum *et al.*, 2004; Boudouresque *et al.*, 2006; Díaz-Almela e Duarte, 2008; Carannante, 2011), l'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) ha redatto un Manuale e Linea Guida specifica (106/2014) nel quale detta i protocolli idonei allo svolgimento di piani di trapianto e riforestazione di *P. oceanica*.

Le fasi di gestione dell'intervento di piantumazione prevedono numerosi aspetti, primo tra tutti la definizione e la messa a punto di una strategia decisionale sito-specifica, propedeutica alla valutazione di fattibilità degli interventi, poiché tiene conto dell'analisi costi-benefici e dei presupposti tecnici ed economici necessari ad intraprendere le attività.

L'indagine preliminare deve dunque considerare:

- superficie totale esistente;
- superficie persa;
- superficie che ci si attende di recuperare, ragionevolmente, con la piantumazione a intervalli temporali definiti (10-20-50 anni);
- costo del trapianto.

Definiti i caratteri tecnici del trapianto, è necessario determinare le caratteristiche dei siti interessati, con riferimento sia al donatore che al ricevente. I parametri indagati a livello di sito riguardano sedimento e colonna d'acqua, mentre a livello di prateria sono reperite informazioni in merito a descrittori fisiografici, strutturali e funzionali. In tale fase è fondamentale decidere se il trapianto andrà effettuato in un sito dove è già presente una prateria, che andrà pertanto caratterizzata a sua volta, oppure un sito con caratteristiche idonee alla crescita delle plantule. In ogni caso, è consigliabile scegliere ambienti poco perturbati o praterie in equilibrio, in modo da ottenere risultati migliori. A tal proposito, la Linea guida (106/2014) consiglia di condurre specifici progetti pilota al fine di individuare, con sperimentazione a piccoli settori, le aree e le tecniche di trapianto più idonee. Infatti, sono numerose le tecniche che possono essere impiegate per l'ancoraggio al fondo di talee e dipendono dalla capacità di divisione dei fasci trapiantate e dell'estensione dell'area da trapiantare.

Un'ulteriore criticità è rappresentata dalla scelta della tecnica di ancoraggio delle talee, in quanto le strutture selezionate dovranno essere in grado di resistere all'azione del moto ondoso e alle correnti di fondo. Inoltre, si sottolinea che il successo delle metodologie selezionate è fortemente condizionato dall'abilità tecnica degli operatori che devono possedere un'adeguata preparazione dal punto di vista biologico e subacqueo.

Un altro fattore determinante per il successo dell'operazione è la scelta del tipo di talea, plagiotropa o ortotropa, in funzione principalmente della stagionalità dell'intervento.

L'insieme di tali presupposti, una volta consolidati, porta alle attività di trapianto vere e proprie, della durata di uno o più anni a seconda delle condizioni che si sviluppano in corso d'opera e dell'estensione del sito stesso, e a piani di monitoraggio e verifica degli esiti dell'intervento.

In Italia, tale protocollo è stato applicato a diversi contesti, inizialmente come forma di compensazione a seguito di un Decreto di VIA da parte del MATTM. Successivamente, le attività di monitoraggio sono state assorbite e gestite nell'ambito del progetto Life SE.POS. S. O (Supporting Environmental governance for the *Posidonia oceanica* Sustainable transplanting Operations) e hanno riportato risultati positivi misurabili e misurati grazie anche a piani di monitoraggio successivi alle prime attività di ripristino. Di seguito, si riporta l'elenco di tali interventi ([www.lifeseppo.eu](http://www.lifeseppo.eu)):

- Porto di Piombino (LI) – Nell'ambito del Piano Regolatore del Porto di Piombino (LI), al fine di mitigare gli effetti dovuti al dragaggio dei fondi antistanti il nuovo canale di accesso al porto, in presenza di prateria (designata come Sito di Interesse Nazionale) è stata applicato un trapianto di *Posidonia oceanica* come tecnica di compensazione al danno arrecato.
- Civitavecchia (RM) – S. Marinella – Durante i lavori di riconversione in centrale a carbone della centrale termoelettrica dell'ENEL di Torrevaldaliga a nord di Civitavecchia, sono stati necessari dragaggi nei fondali antistanti l'area. Al fine di mitigare gli impatti apportati dalle operazioni di escavo è stata prescritta dal MATTM il trapianto di *P. oceanica* come misura di mitigazione.
- Porto Grande (SR) – Castelluccio nel Golfo di Siracusa – A seguito di un progetto per la realizzazione di una barriera soffolta frangiflutti, è stato svolto un trapianto in ottemperanza ad una prescrizione di VIA come misura di compensazione a un danno causato sulla prateria di *Posidonia oceanica*.
- Ischia (NA) – Nell'ambito della realizzazione del gasdotto di collegamento tra l'isola e la terra ferma, nel 2009, lo scavo della trincea avrebbe interessato per circa 1600 m<sup>2</sup> una prateria di *P. oceanica* antistante l'area di approdo. Anche in questo caso, è stato indicato il trapianto del posidonieto come opera mitigatrice, in misura eguale al danno provocato. Si sottolinea che nell'ambito dello stesso, è stato prescritto il ricoprimento della trincea con lo stesso materiale scavato, integrato, dove necessario, da rottami di roccia grossolani per favorire la colonizzazione spontanea lungo il tracciato dello scavo.

Sulla base di quanto detto, a seguito dell'analisi costi-benefici o in base a prescrizioni specifiche, le attività di riforestazione passano necessariamente attraverso un piano di attuazione suddiviso nelle seguenti fasi:

- ✓ caratterizzazione del sito (donatore e ricevente);
- ✓ scelta della tecnica di trapianto;
- ✓ scelta delle talee;
- ✓ monitoraggio e verifica della riuscita dell'intervento di piantumazione.

## 2.1 Caratterizzazione del sito ricevente e riforestazione sperimentale in più siti

L'habitat delle praterie di fanerogame marine è condizionato non solo dalle caratteristiche biologiche delle singole specie, ma anche dalle caratteristiche ambientali, quali tipo e natura del substrato, geomorfologia del fondo, idrodinamismo, profondità e luminosità, nonché tasso di sedimentazione e torbidità.

La scelta dei siti da indagare, secondo quanto riportato in altri casi studio, dovrebbe ricadere nei pressi di altre praterie, caratterizzate da una distribuzione a radure, dove quindi si presentano tasche sabbiose adatte a ricevere l'impianto. Gli studi preliminari da condurre a livello di prateria devono essere mirati alla definizione della tipologia e della distribuzione della prateria stessa, del substrato di impianto, della tipologia del limite inferiore, oltre che delle caratteristiche fenologiche e lepidocronologiche. Alcuni studi, inoltre, suggeriscono di prediligere praterie con una percentuale maggiore di plantule con orientamento plagiotropo, in quanto questo risulta vantaggioso per il reclutamento di materiale vegetativo idoneo alla riforestazione e pertanto presenta aumentate possibilità di successo (Molenaar *et al.*, 1992; Piazzi *et al.*, 2000).

Per caratterizzare e valutare lo stato di una prateria ricevente è necessario ricorrere a descrittori che possono essere distinti in fisici, fisiografici, strutturali e funzionali (Buia *et al.*, 2003). Per questo, a livello di situ, le indagini interessano la geomorfologia della costa, la morfologia e la batimetria di fondo, le caratteristiche litologiche e sedimentologiche (granulometria e tassi di sedimentazione), oltre al regime idrodinamico. Sono inoltre misurati i parametri chimico-fisici della colonna d'acqua, come intensità della luce, trasparenza, ossigeno disciolto, salinità, temperatura, pH, carico di nutrienti e particolato sospeso organico ed inorganico (Manuale e Linee guida ISPRA 106/2014).

La distanza tra i siti, la disponibilità di rizomi da prelevare e utilizzare nell'intervento di trapianto e, non ultima, la variabilità genetica tra le aree (Procaccini e Piazzi, 2001), risultano fattori altrettanto determinanti per la buona riuscita delle attività.

Per quanto concerne l'identificazione di aree idonee all'espianto delle talee di *Posidonia oceanica*, è necessario tener conto della qualità e della densità dei fasci, cercando di privilegiare siti di espianto che non siano più superficiali di quelli in cui è previsto il trapianto. Tale condizione, infatti, pare non essere favorevole in termini di probabilità di successo del trapianto (Molenaar e Meinesz, 1992; Génot *et al.*, 1994; Piazzi *et al.*, 1998).

Vista la rilevanza che ricopre la scelta dei siti riceventi nella buona riuscita delle attività di trapianto, negli anni sono stati sviluppati ulteriori indicatori. Infatti, studi recenti hanno combinato due indici: l'Indice di Preliminare d'Idoneità al Trapianto o PTSI (Short *et al.*, 2002) e l'Indice di Idoneità al Trapianto o TSI (Pirrota *et al.*, 2015).

La combinazione degli indici PTSI e TSI (Pirrota *et al.*, 2015), basati sulla conoscenza delle caratteristiche ambientali disponibili sia a livello bibliografico che di osservazione su campo ha consentito la scelta del sito ricevente nel progetto di riforestazione all'interno del Sito di Importanza Nazionale (SIN) di Priolo Gargallo (SR), compreso nella fascia costiera interessata dalle attività del Polo Petrochimico di Priolo-Melilli-Augusta e dichiarato, nel 1990, "Area di elevato rischio di crisi ambientale" dal Ministero dell'Ambiente.

Pertanto, nello specifico caso analizzato nel presente report, è consigliabile l'utilizzo di tali indici abbinato alle indagini a livello di sito e di *Posidonietum*, soprattutto nel caso in cui venga inserita tra le possibili aree riceventi l'area a Est dell'attuale molo sopraflutto, ove al momento è presente un campo boe e il fondale risulta sabbioso e completamente privo di vegetazione.

## 2.2 Tecniche di trapianto

Una volta definito il sito di trapianto, risulta determinante la scelta della tecnica da applicare. La Linea guida ISPRA 106/2014 suggerisce l'utilizzo di tecniche già utilizzate in siti analoghi.

I metodi principalmente testati per l'ancoraggio al fondo sono:

- reti in plastica o in metallo (Larkum, 1976; Molenaar e Meinesz, 1992; Molenaar *et al.*, 1993; Piazzì e Cinelli, 1995; Piazzì *et al.*, 1998, 2000);
- reti in materiale biodegradabile (Fonseca *et al.*, 1979; Kenworthy *et al.*, 1980);
- sistemi di ancoraggio che utilizzano ganci metallici, paletti (tutori) o chiodi (Molenaar, 1992; Charbonnel *et al.*, 1995; Rismondo *et al.*, 1995; Davis e Short, 1997);
- cornici in calcestruzzo munite di rete metallica (Cooper, 1976; Giaccone e Calvo, 1980; Cooper, 1982; Chessa e Fresi, 1994, Fresi *et al.*, 2006; Valiante *et al.*, 2010; Carannante, 2011);
- lastre in cemento dotate di fori, all'interno dei quali vengono posizionate le talee (Maggi, 1973);
- zolle (blocchi di *matte*) da posizionare in appositi scavi (Addy, 1947; Phillips, 1980; Noten, 1983; Jeudy de Grissac, 1984; Dennison e Alberte, 1986; Chessa e Fresi, 1994; Rismondo *et al.*, 1995; Faccioli, 1996);
- materassi riempiti di sabbia e rinverditi con fasci di *P. oceanica* (Cinelli *et al.*, 2007a, 2007b; Boccalaro *et al.*, 2008).

Oltre ai metodi sopra citati, in alcune realtà italiane, parallelamente alla tecnica di trapianto scelta, sono stati eseguiti test sperimentali di ancoraggio con materiali alternativi.

Nei casi in cui in Italia la delibera di VIA ha imposto come opera di mitigazione il trapianto di *Posidonia oceanica*, sono stati utilizzati i seguenti metodi:

- Piombino (LI) – La tecnica scelta per il trapianto ha interessato intere zolle (*matte*) di 4m<sup>2</sup>. Per il prelievo è stata utilizzata una benna bivalve idraulica che permette l'asportazione ed il successivo posizionamento nell'area di destinazione delle zolle, senza frammentazione. Tale metodo prevede l'uso di una motonave con possibilità di immettere acqua in un'area di contenimento per le zolle, così da mantenere in vita tutti gli organismi marini che vivono tra i rizomi, le foglie e le *matte* fino al posizionamento nel sito di destinazione.
- Civitavecchia (RM) – Santa Marinella – Le attività di trapianto sono state svolte ancorando le singole talee al substrato utilizzando cornici in cemento 50x50 cm, con lume interno di 40x40 cm, armate con rete di ferro zincato a maglie poligonali di 1,5-2 cm.
- Porto Grande (SR) – Castelluccio nel Golfo di Siracusa – Per le attività di trapianto, le singole plantule sono state posizionate in supporti in bioplastica fissati su *matte* morta nel sito di destinazione.
- Ischia (NA) – La piantumazione è avvenuta utilizzando la stessa tecnica impiegata nell'esperienza di Civitavecchia (RM), mediante l'utilizzo di cornici in cemento 50x50 cm, con lume interno di 40x40 cm, con maglie di 1,5-2 cm.

La tecnica utilizzata nell'intervento di Porto Grande (SR) è stata utilizzata anche per il ripristino delle condizioni ambientali nel SIN di Priolo Gargallo, nel Golfo di Palermo. La metodologia si basa sull'utilizzo di un dispositivo brevettato (Biosurvey 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. L'impiego nel Golfo di Palermo ha interessato 350 m<sup>2</sup> di prateria trapiantate su un'area di 2500 m<sup>2</sup> alla profondità di 12 m (Pirrotta *et al.*, 2015).

Tuttavia, i risultati del monitoraggio di tale progetto hanno avuto riscontri negativi dovuti ad una perdita degli impianti, conseguenza di impatti da diportismo e pesca (Bacci *et al.*, 2019); quanto accaduto in questo caso, sottolinea la necessità di tenere conto di tutte le caratteristiche dei siti prescelti, compreso la fruizione di servizi (pesca, diportismo, bagnanti).

### 2.3 Scelta delle talee

Nel successo delle attività di trapianto gioca un ruolo fondamentale l'esperienza, biologica e subacquea, nonché la manualità degli operatori impiegati. La manipolazione e la conoscenza della procedura di messa a dimora delle talee influenza il successo di un trapianto tanto quanto la scelta delle talee stesse.

La scelta delle talee da trapiantare deve essere, possibilmente, basata sulla stagionalità. In caso di interventi autunnali è consigliato l'utilizzo di rizomi verticali (ortotropi), al contrario, per trapianti primaverili è opportuno utilizzare talee plagiotrope (rizomi orizzontali) (Meinesz *et al.*, 1992; Molenaar, 1992; Piazzì e Cinelli, 1995; Piazzì *et al.*, 1998, 2000). Quest'ultimi sembrano garantire i risultati migliori in termini di velocità di crescita e sopravvivenza delle talee, tuttavia, la disponibilità è limitata (Carannante, 2011). Inoltre, è consigliabile prelevare le talee destinate al trapianto ad una profondità maggiore rispetto al sito di impianto e con una distanza tra i siti che garantisca una certa variabilità genetica (Molenaar e Meinesz, 1992; Chessa e Fresi, 1994; Génot *et al.*, 1994).

Il buon attecchimento delle talee è influenzato infine dalla distanza di impianto, è infatti consigliabile una disposizione ravvicinata con una distanza massima di 5-10 cm (Molenaar e Meinesz, 1995).

In alcuni studi sono stati impiegati come metodi alternativi semi di *P. oceanica* o giovani plantule generate da tali semi, tuttavia, tale tecnica ha come inconveniente l'eccezionalità della fioritura, solo in concomitanza di elevate temperature stagionali registrate in primavera ed estate (MLG 106/2014).

### 2.4 Monitoraggio e verifica della riuscita dell'intervento di piantumazione

Al fine di valutare la risposta delle talee all'intervento di trapianto, è opportuno pianificare specifici piani di monitoraggio, con intervalli regolari e predefiniti, interessando un arco temporale adeguato sulla base del tasso di crescita della specie.

Nelle realtà italiane citate nei paragrafi precedenti, i monitoraggi prescritti sono durati dai tre ai cinque anni, ma proseguono tutt'ora all'interno del progetto Life SE.POS.S.O:

- Piombino (LI) – le operazioni di riforestazione sono state svolte nel corso del primo anno di intervento e i risultati sono stati monitorati secondo prescrizione di VIA per i 3 anni successivi. Proseguono ad oggi i monitoraggi volontari ricadenti nel progetto Life SE.POS.S.O.
- Civitavecchia (RM) – S. Marinella – la vastità dell'area interessata dal trapianto ha richiesto due anni di intervento. Il monitoraggio che ne ha avuto seguito è perdurato nei 5 anni successivi come prescritto in fase di VIA;

successivamente si è interrotto per 3 anni per poi riprendere nel 2014 in forma volontaria. Attualmente è ancora in corso.

- Porto Grande (SR) – Castelluccio nel Golfo di Siracusa – l'intervento ha avuto durata un anno ed è terminato nel 2015; è stato seguito da monitoraggio come da prescrizione di VIA ed è ancora in corso.
- Ischia (NA) – l'area interessata dall'intervento ha previsto due anni di operazioni, cui sono seguiti 5 anni di monitoraggio obbligato e ulteriori 6 anni volontari. Si sottolinea che, nell'ambito dello stesso decreto, è stato prescritto il ricoprimento della trincea con lo stesso materiale di escavo, integrato ove necessario da rottami di roccia grossolani al fine di favorire la colonizzazione spontanea del tracciato dello scavo da parte della prateria di *P. oceanica* adiacente e di monitorare l'evoluzione della potenziale ricolonizzazione per 10 anni.

Le tecniche di monitoraggio applicabili sono influenzate dal metodo di trapianto impiegato. In ogni caso, è utile procedere nei cinque anni successivi all'intervento a partire da circa 1 trimestre dopo il trapianto con indagini sia distruttive (con prelievo di fasci) che non (senza prelievo di fasci) eseguite ad intervalli regolari. Dunque, ai fini del monitoraggio, è opportuno che durante la fase preliminare siano selezionate zone destinate al campionamento sia nell'area ricevente che in quella donatrice, utilizzando quest'ultima come stazione di controllo.

I monitoraggi *post operam*, così come indicato dalle Linee guida ISPRA (106/2014), dovrebbero prevedere lo studio dei seguenti parametri:

- *A livello di sito:*
  - descrittori sedimentologici e idrici: tasso di sedimentazione, granulometria dei sedimenti superficiali, regime idrodinamico locale;
  - descrittori chimico-fisici della colonna d'acqua: intensità della luce, trasparenza, ossigeno disciolto, salinità, temperatura, pH, carico di nutrienti e particolato sospeso (organico e inorganico).
- *A livello di prateria:*
  - descrittori strutturali: densità dei fasci fogliari e copertura percentuale;
  - descrittori funzionali: fenologia, produzione di biomassa fogliare e dei rizomi.
- *A livello delle aree di trapianto:*
  - descrittori funzionali: tasso di sopravvivenza delle talee, formazione dei nuovi fasci, allungamento del rizoma, allungamento delle foglie, sviluppo delle radici, fenologia, produzione della biomassa fogliare e dei rizomi;
  - descrittori strutturali: ricoprimento dell'area colonizzata dalle talee.

La buona riuscita dell'intervento è quantificata in base alla sopravvivenza delle talee trapiantate, al loro accrescimento e alla presenza di nuovi fasci fogliari. Per le opere di compensazione, spesso è preso come riferimento il tasso di sopravvivenza delle talee trapiantate e la vitalità dei rizomi, in termini di allungamento e divisione dei fasci, superiore al 50% (Campbell, 2000). Ciò nonostante, un successo reale potrebbe passare dalla sopravvivenza anche di una sola talea che riesce ad originare un numero di nuovi fasci molto maggiore rispetto al numero di talee trapiantate.

A seguito dei primi cinque anni di monitoraggio sarebbe auspicabile un piano a lungo termine per monitorare tutti quei parametri compatibili con l'instaurarsi di una consolidata dinamica di crescita (MLG 104/2016).

### 3 PROPOSTA PROGETTUALE

Alla luce delle attuali condizioni del sito di interesse e dell'ampio areale da recuperare (4980 m<sup>2</sup>), è stato condotto un *desktop study* che ha portato alla valutazione della tecnica più idonea da applicare al caso in oggetto.

La tecnica suggerita è la tecnica del trapianto di zolle. Si propone, dunque, l'utilizzo di una metodologia sperimentale già impiegata in prossimità del Porto di Piombino nel 2014 e riproposta in Studi di Impatti Ambientali per modifiche ai pontili dell'area portuale di Porto Torres (SS), e che prevede l'espianto di zolle tramite benna e la posa di queste in radure prossimali dove le condizioni ambientali risultano le stesse dell'area d'espianto. Infatti, l'utilizzo di supporti, siano essi in cemento o in materiale biocompatibile, amplia la superficie necessaria nel sito di trapianto, vista anche la necessità di lasciare corridoi tra i siti di trapianto stessi.

Per poter procedere alle attività di trapianto è utile prendere come riferimento la letteratura, i casi studio ed il Manuale e Linea Guida ISPRA 106/2014, suddividendo le operazioni in tre fasi principali: *ante operam*, *in itinere* e *post operam*.

Durante la fase *ante operam*, è necessario effettuare la caratterizzazione del sito donatore e del sito ricevente, procedendo con analisi chimico-fisiche del sedimento e della colonna d'acqua, indagando i descrittori specifici (MLG 106/2014) riportati in **Tabella 1**.

**Tabella 1:** Caratterizzazione sito donatore e ricevente *ante operam*.

	Descrittori	Sito donatore	Sito ricevente
A livello di sito	geomorfologici	X	X
	sedimentologici	X	X
	idrologici	X	X
	chimico fisici della colonna d'acqua	X	X
A livello di prateria	fisiografici	X	X
	strutturali	X	X
	funzionali	X	X
	Indice PREI	X	X
	Indice PTSI		X
	Indice TSI		X

Si precisa che, nel caso del trapianto di zolle, è utile procedere anche con dei sondaggi mediante penetrometro per determinare ed annotare la compattezza della *matte* e per seguire l'evoluzione della consistenza della trama dei rizomi.

Durante la fase *in itinere* sarà necessario contrassegnare le zolle da trapiantare, segnalandole con opportuni pedagni posti da Operatori Tecnici Subacquei (OTS), così come le aree individuate per il trapianto.

Sulla base di quanto avvenuto nel contesto di Piombino, i migliori risultati sono stati ottenuti con zolle collocate all'interno di escavi *ad hoc* ed in continuità con la *matte* presente, così da costituire un manto vegetale continuo. Anche in questo caso la presenza di OTS è fondamentale per il corretto posizionamento e per la successiva marcatura. La marcatura delle zolle può essere eseguita con l'utilizzo di boe numerate e georeferenziate. Un numero statisticamente rappresentativo di zolle dovrà essere ulteriormente marcato con quadrati numerati aventi un numero noto di ciuffi.

Le zolle così marcate devono inoltre essere fotografate. L'acquisizione di un'opportuna documentazione fotografica può servire per una valutazione delle condizioni di partenza e per quelle successive, rendendo confrontabili nel tempo i risultati ottenuti nel corso del monitoraggio.

In caso di posizionamento di zolle periferiche è preferibile posizionare dei blocchi di cemento (*balise*) sul limite esterno, al fine di monitorare l'avanzamento o la regressione della prateria (Buia *et al.*, 2003). Anche in questo caso è opportuno marcare numericamente le strutture e acquisire coordinate e documentazione fotografica per confronti futuri.

Al fine di conservare anche una parte della fauna vagile, tra e sulle foglie, possono essere effettuati dei campionamenti *ad hoc* con retini da plancton manovrati a mano in immersione in modo da consentire il trasferimento di esemplari di crostacei, molluschi, pesci ed echinodermi (Russo *et al.*, 1985).

Le zolle avranno dimensione di circa 4 m<sup>2</sup> e saranno prelevate mediante benna idraulica bivalve e posizionate in una motonave di supporto dotata di un bacino di contenimento riempito con acqua di mare, al fine di mantenere la vitalità dei rizomi e degli organismi marini associati.

**Tabella 2:** Attività e/o variabili da registrare durante la fase *in itinere*.

	Sito donatore	Sito ricevente
Coordinate geografiche		X
Documentazione fotografica		X
Marcatura mediante boe	X	X
Marcatura zolle per campionamento	X	X
Posizionamento quadrati di campionamento	X	X
Posizionamento <i>balise</i>		X
Marcatura <i>balise</i>		X
Coordinate geografiche del <i>balise</i>		X
Campionamento fauna vagile	X	
Marcatura dei fasci con anello	X	X
Foratura delle foglie	X	X

La scelta di una simile tecnica di trapianto ha l'obiettivo di minimizzare il danno, di aumentare la possibilità di sopravvivenza e di conservare la fauna associata spostando con la pianta anche il substrato in cui è insediata e da cui assorbe le sostanze.

A seguito della posa delle zolle (*fase post operam*) è opportuno effettuare per i cinque anni successivi un monitoraggio ben scadenzato nel quale prendere in considerazione metodi non distruttivi per ottenere ed analizzare descrittori strutturali e funzionali. A cadenza annuale dovranno essere svolti i rilievi fotografici; mentre, a cadenza semestrale dovranno essere misurati i seguenti parametri:

- Densità dei fasci su quadrati campione (40x40 cm), distinguendo la presenza di rizomi morti o con evidente necrosi (tasso di sopravvivenza) e la formazione di nuovi.
- Analisi dei tassi di crescita nel tempo e della velocità e modalità di crescita dei rizomi (ortotropa o plagiotropa). Come precedentemente descritto, è noto il numero di ciuffi presente in ogni quadrato numerato all'interno delle zolle. Ogni fascio fogliare avrà un anello ad una distanza opportuna dal punto di emergenza dal rizoma e per tali fasci campionari saranno valutati anche il numero di foglie e la lunghezza di queste (misura della foglia più esterna adulta).
- Compattezza delle *matte*. Tale verifica sarà stimata mediante un penetrometro, un'asta di 2 m di lunghezza e 8mm di diametro, posta perpendicolarmente al fondale con un peso di 5 kg lasciato cadere da 50 cm dal fondo. L'impatto del peso permette all'asta di penetrare nel tappeto di rizomi proporzionalmente alla sua compattezza. La compattezza è definita come forte (penetrazione <50 cm), media (50 cm<penetrazione<100 cm) e debole (penetrazione >100 cm).
- Coefficiente "A": percentuale di foglie adulte ed intermedie che presentano gli apici spezzati. il coefficiente "A" viene calcolato dividendo il numero totale di foglie adulte e intermedie con apici rotti per il numero totale di foglie osservate. Il valore che ne deriva è spesso il risultato di più fattori, quali l'idrodinamismo, l'età delle foglie e il livello di presenza di erbivori. Dalle caratteristiche delle tracce presenti sull'apice dei lembi fogliari (*bite marks*), è possibile riconoscere alcuni erbivori responsabili della rottura e distinguere il danno biologico da quello meccanico.

Ogni due anni dovrà essere misurata la crescita fogliare mensile. Tale indagine dovrà essere svolta su un numero significativo di zolle con metodi non distruttivi.

La tecnica prevista è quella dell'ago, la quale prevede che al tempo  $T_0$  siano forate tutte le foglie di uno stesso fascio appartenente ad una superficie nota (quadrati fissi). Tale operazione deve essere eseguita 0.5-3 cm sopra la ligula della foglia più esterna, forando contemporaneamente tutte le foglie del fascio.

Al fine di mantenere sempre la stessa distanza è necessario usare un tassello di plastica di 3 cm di lunghezza e della stessa larghezza della foglia, attraverso il quali far passare l'ago (Zieman, 1974).

A titolo riepilogativo, in **Tabella 3** sono riportate le cadenze per le attività di monitoraggio *post operam*.

**Tabella 3:** Quadro temporale delle attività di monitoraggio post operam.

Attività	Cadenza
Rilievi fotografici su superfici trapiantate	Inizio attività - annuale
Densità dei rizomi su quadrati campione	Semestrale
Tassi di crescita dei rizomi e dei fasci	Semestrale
Compattezza delle matte	Semestrale
Coefficiente "A"	Semestrale
Crescita fogliare	Mensile (ogni 2 anni)

## 4 CONCLUSIONI

Il presente *desktop study* prende in esame le caratteristiche del *Posidonietum* oggetto di indagine, l'estensione dell'area interessata dal trapianto e analoghi casi studio per la formulazione dell'ipotesi di intervento. Infatti, la tecnica proposta è stata già applicata in altre realtà italiane, fornendo dei risultati compatibili con gli esiti attesi dal piano di monitoraggio formulato per la compensazione della perdita di prateria di *Posidonia oceanica*.

Tuttavia, in base a quanto emerso dal piano di attuazione di altri siti, ove il trapianto di *P. oceanica* è stato impiegato come tecnica di compensazione di danni causati da opere e infrastrutture costiere, come indicato nei relativi decreti di Valutazione di Impatto Ambientale (VIA), si consiglia di effettuare uno studio pilota per identificare siti e tecniche di piantumazione più adatte alle caratteristiche ambientali e geografiche dell'area di indagine.

Solo alla luce dei risultati ottenuti dopo avere effettuato uno studio pilota sul sito specifico oggetto di intervento, qualora la tecnica suggerita in questa valutazione preliminare dovesse offrire riscontri positivi, sarà possibile procedere con gli interventi di trapianto proposti e attuare il piano di monitoraggio indicato in questa fase.

Al contrario, qualora gli esiti dovessero indicare preferibile applicare tecniche differenti, sarà necessario rivalutare le attività e il piano di monitoraggio proposto per ottenere un maggior successo di impianto alla fine del periodo di monitoraggio previsto e a completamento dell'intervento sul sito di indagine.

## 5 BIBLIOGRAFIA

- Addy C.E. – 1947 – *Eelgrass planting guide*. Maryland Conservationist, USA, 24: 16-17.
- Bacci T., Scardi M., Calvo S., Tomasello A., Bulleri C., Bertasi F., La Porta B. - 2019 - Azione\_A3\_Final report on *Posidonia oceanica* transplanting case studies analysis. Progetto Life16 GIE/IT/000761 - S.E.POS.S.O. <http://lifesepposo.eu/>
- Boccalaro F., Cinelli F., Rende F., Burgassi M., Zanella M. – 2008 – Ingegneria naturalistica. Il ripristino delle praterie di *Posidonia oceanica*. Un mare di piante. ACER, 6/2008: 57-61.
- Borum J., Duarte C.M., Krause-Jensen D., Greve T.M. – 2004 – European seagrasses: an introduction to monitoring and management. The M&MS project, Copenhagen.
- Boudouresque C.F. – 2000 – La restauration des écosystèmes à phanérogames marines. Restauration des écosystèmes côtiers, Dreves L., Chaussepied M. Edits., IFREMER publ.
- Boudouresque C.F., Bernard G., Bonhomme P., Charbonnel E., Diviacco G., Meinesz A., Pergent G., Pergent-Martini C., Ruitton S. e Tunesi L. – 2006 – Préservation et conservation des herbiers à *Posidonia oceanica*. RAMOGE pub. 1– 202.
- Buia M.C., Gambi M.C., Dappiano M. – 2003 – I sistemi a Fanerogame marine. *Biologia Marina Mediterranea*, 10: 145-198.
- Campbell M.L. – 2000 - A decision-based framework to increase seagrass transplantation success. *Biologia Marina Mediterranea*, 7(2): 336-340.
- Carannante F. – 2011 – Monitoraggio a lungo termine di trapianti di *Posidonia oceanica* su vasta scala. Tesi di dottorato in Ecologia e Gestione delle Risorse Biologiche – XXII ciclo, Università degli Studi della Tuscia di Viterbo.
- Charbonnel E., Molenaar H., Gravez V. – 1995 – Réimplantation de la phanérogame marine *Posidonia oceanica* dans le golfe de Marseille (Bouches du Rhône). Rapport final 1991-1995. DEGT Ville de Marseille et GIS Posidonie publ: 1-193
- Chessa L.A., Fresi E. – 1994 – Conservazione e gestione delle praterie di *Posidonia*. In: Monbailliu X., Torre A. Edits. La gestione degli ambienti costieri e insulari del Mediterraneo. Edizione del Sole publ., Ital.: 103-127.
- Cinelli F., Boccalaro F., Burgassi M., Rende F., Piazzini L., Zanella M. – 2007a – Utilizzo sperimentale in mare di sistemi tecnici già impiegati dall'ingegneria naturalistica terrestre. *Biologia Marina Mediterranea*, 14(2): 342-343.
- Cinelli F., Boccalaro F., Burgassi M., Piazzini L., Rende F., Zanella M. – 2007b – Technique de fixation des boutures de *Posidonia oceanica* (L.) Delile en Méditerranée: adaptation en milieu marin d'un système déjà utilisé sur terre. Atti del «Troisième Symposium Méditerranéen sur la Végétation Marine Marseille, 257-258.
- Cooper G. – 1976 – Jardinier de la Mer. Association-Fondation G. Cooper pour la reconquête des milieux naturels détruits. Cahier, 1: 1-57.
- Cooper G. – 1982 – Réimplantation de *Posidonia oceanica*. Protection des implants. Bulletin d'Ecologie, 13(1): 65-73.

- Davis R.C., Short F.T. – 1997 – Restoring eelgrass, *Zostera marina*, habitat using a new transplanting technique: the horizontal rhizome method. *Aquatic Botany*, 59: 1-15.
- Dennison W.C., Alberte R.S. – 1986 – Photoadaptation and growth of *Zostera marina* (eelgrass) transplants along a depth gradient. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 98: 265-282.
- Díaz-Almela E., Duarte C.M. – 2008 – Management of Natura 2000 habitats. 1120 *Posidonia* beds (*Posidonia oceanica*). European Commission.
- Faccioli F. – 1996 – The morphological restoration of the Venice Lagoon. Quaderni trimestrali, Consorzio Venezia Nuova, Italia, suppl. 3-4: 1-24.
- Fonseca M.S., Kenworthy W.J., Homziak J., Thayer G.W. – 1979 – Transplanting of eelgrass and shoalgrass as a potential means of economically mitigating a recent loss of habitat. In: Cole D.P. edit. Proc. 7th ann. Conf. Wetlands Restor. Creation publ., USA: 279-326.
- Fresi E., Valiante L.M., Scardi M., Arciprete R., Argenti L., Carannante F., Casola E., Di Dato P., Di Nuzzo F., Ingegnoli P. – 2006 – Un'esperienza di restauro su grande scala di una prateria di *Posidonia oceanica*. XVI Congresso della S.I.Te. Viterbo-Civitavecchia, 19-22 settembre 2006.
- Génot I., Caye G., Meinesz A., Orlandini M. – 1994 – Role of chlorophyll and carbohydrate contents in survival of *Posidonia oceanica* cuttings planted to different depths. *Marine Biology*, 119: 23-29.
- Giaccone G., Calvo S. – 1980 – Restaurazione del manto vegetale mediante trapianto di *Posidonia oceanica* (Linneo) Delile. Risultati preliminari. Mem. Biol. Mar. Oceanogr., Ital., suppl. 10:207-211.
- ISPRA – Manuali e Linee guida 106/2014 – 2014 – Conservazione e gestione della naturalità negli ecosistemi marino-costieri. Il trapianto delle praterie di *Posidonia oceanica*.
- Jeudy De Grissac A. - 1984 – Essais d'implantations d'espèces végétales marines: les espèces pionnières, les Posidonies. In: Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. Edits. First International Workshop on *Posidonia oceanica* beds, GIS Posidonie Publisher, Marseille, Fr., 1:431-436.
- Kenworthy W.J., Fonseca M.S., Homziak J., Thayer G.W. – 1980 – Development of a transplanted seagrass (*Zostera marina* L.) meadow in Back Sound, Carteret County, North Carolina. In: Cole D.P. edit. Proceedings of the Seventh Annual Conference on the Restoration and Creation of Wetlands, USA: 175-193.
- Larkum A.W.D. – 1976 – Ecology of Botany Bay. 1. Growth of *Posidonia australis* (Brown) Hook f. in Botany Bay and other bays of the Sidney Basin. *Australian Journal of Marine Freshwater Research* 27: 117-127.
- Maggi P. – 1973 – Le problème de la disparition des herbiers à Posidonies dans le Golfe de Giens (Var). Science et Pêche, Bulletin d'Information et de documentation de l'Institut technique et scientifique des Pêches maritimes., 221: 7-20.
- Meinesz A., Molenaar H., Bellone E., Loques F. – 1992 – Vegetative reproduction in *Posidonia oceanica*. Effects of rhizomes length and transplantation season in orthotropic shoots. *Marine Ecology P.S.Z.N.I.*, 13(2): 163-174
- Molenaar H. – 1992 – Etude de la transplantation de boutures de la phanérogame marine *P. oceanica* (L.) Delile. Modélisation de l'architecture et du mode de croissance. DSc Thesis, Université de Nice-Sophia Antipolis, pp. 221.

- Molenaar H., Meinesz A. – 1992 – 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., Caye G. – 1993 – Vegetative reproduction in *P. oceanica*. Survival and development in different morphological types of transplanted cuttings. *Botanica marina*, 36(6): 481-488.
- Molenaar H., Meinesz A. – 1995 – Vegetative reproduction in *Posidonia oceanica*: survival and development of transplanted cuttings according to different spacings, arrangements and substrates. *Botanica Marina*, **38**: 313-322
- Noten T.M.P.A. – 1983 – Detached shoots of *Zostera noltii* Hornem. as a means of dispersal: a transplantation experiment. In: *Proceedings International Symposium on Aquatic Macrophytes*. Nijmegen, Netherlands: 161-164.
- Phillips R.C. – 1980 – Responses of transplanted and indigenous *Thalassia testudinum* Banks ex Königs and *Halodule wrightii* Aschers. to sediment loading and cold stress. *Contributions in Marine Science*. 23: 79-87.
- Piazzi L., Cinelli F. – 1995 – Restoration of the littoral sea bottom by means of transplantation of cuttings and sprouts. In: Cinelli F., Fresi E., Lorenzi C., Mucedola A. Edits. *Posidonia oceanica*, a contribution to the preservation of a major Mediterranean marine ecosystem. *Rivista marittima publ.*, Roma, 69-71.
- 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.
- Piazzi L., Balestri E., Balata D., Cinelli F. – 2000 – Pilot transplanting experiment of *Posidonia oceanica* (L.) Delile to restore a damaged coastal area in the Mediterranean Sea. *Biologia Marina Mediterranea*, 7(2): 409-411.
- Pirrotta, M., Tomasello, A., Scannavino, A., Di Maida, G., Luzzu, F., Bellissimo, G., Bellavia, C., Costantini, C., Orestano, C., Sclafani, G., Calvo, S. – 2015 – Transplantation assessment of degraded *Posidonia oceanica* habitats: site selection and long-term monitoring. *Mediterranean Marine Science* 16/3, 591-604.
- Procaccini G., Piazzi L. – 2001 – Genetic Polymorphism and Transplantation Success in the Mediterranean Seagrass *Posidonia oceanica*. *Restoration Ecology*, 9 (3): 332-338.
- Rismondo, A., Curiel D., Solazzi A., Marzocchi M., Chiozzotto E. and Scattolin, M. – 1995 – Sperimentazione di trapianto a fanerogame marine in laguna di Venezia: 1992-1994, *Società Italiana di Ecologia*, Atti, 16, 683-685.
- 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.
- Short, F.T., Davis, R.C., Kopp, B.S., Short, C.A., Burdick, D.M., – 2002 – Site-selection model for optimal transplantation of eelgrass *Zostera marina* in the north-eastern US. *Marine Ecology Progress Series*, 227, 253-267.
- Valiante L.M., Carannante F., Casola E., Di Dato P., Di Nuzzo F., Scardi M., Fresi E. – 2010 – Monitoraggio a lungo termine di trapianti di *Posidonia oceanica* su grande scala. XX Congresso della S.I.Te., "La Sapienza" Università di Roma, 27 – 30 settembre 2010.
- Zieman J.C. – 1974 – Methods for the study of growth and production of the turtle grass, *Thalassia testudinum* Koning. *Acquaculture*, 4: 139 – 1