



Autorità di Sistema Portuale
del Mare di Sicilia Occidentale

Procedura di Valutazione di Impatto Ambientale

**PORTO DI PALERMO
COMPLETAMENTO DEL MOLO FORANEO DEL
PORTO DELL'ARENELLA**

CUP: I71J19000040005 (OPERA PNRR) - CIG: 9073719DC8



**ALL.SIA.04 - Progetto di trapianto di Posidonia
oceanica come misura di compensazione
dell'impatto relativo al completamento del Molo
Foraneo del Porto dell'Arenella**

(a cura di Biosurvey srl - Resp. Scientifico Prof. S. Calvo)

versione:	descrizione:	preparato:	controllo:	approvato:	data:
01	EMISSIONE	SC	SC	SC	FEB 2023

Corpo documentale a corredo dell'istanza di VIA

Le tabelle seguenti elencano il corpo documentale allegato all'istanza.

ELENCO ELABORATI			
codice elaborato	titolo elaborato	Vers.	Data
SIA.01	Studio di Impatto Ambientale	01	01/03/2023
ALL.SIA.02	Campagna indagini fonometriche e valutazione previsionale di impatto acustico (a cura di Projects Lab - Ing. Ruggero Taragnolini)	01	01/03/2023
ALL.SIA.03	Caratterizzazione e qualificazione della prateria di Posidonia oceanica interferita dalle azioni di progetto relative al completamento del Molo Foraneo del Porto dell'Arenella (a cura di Biosurvey srl - Resp. Scientifico Prof. S. Calvo)	01	feb-23
ALL.SIA.04	Progetto di trapianto di Posidonia oceanica come misura di compensazione dell'impatto relativo al completamento del Molo Foraneo del Porto dell'Arenella (a cura di Biosurvey srl - Resp. Scientifico Prof. S. Calvo)	01	feb-23
ALL.SIA.05	Area di sito: analisi e prove sui sedimenti ai sensi del DM 173/2016 (Biosurvey srl - Resp. scientifico Prof. S. Calvo, Lab. Uff. SO.GEST Ambiente srl)	01	28/02/2023
ALL.SIA.06.01	Attività di campionamento ed analisi sedimentologiche dell'area marino costiera del golfo di Palermo (ARPA Sicilia)	01	2011
ALL.SIA.06.02	Relazione integrativa sulle attività di caratterizzazione sedimentologica dell'area (ARPA Sicilia)	01	2011
ALL.SIA.07.01	Caratterizzazione della qualità delle acque marine del Golfo di Palermo – FASE I (ARPA Sicilia)	01	2011
ALL.SIA.07.02	Caratterizzazione della qualità delle acque marine del Golfo di Palermo – FASE II (ARPA Sicilia)	01	2011
ALL.SIA.08	Monitoraggio della qualità dell'aria nel porto di Palermo (A.R.P.A. Sicilia)	01	2011
ALL.SIA.09	Monitoraggio del rumore, delle vibrazioni e dei campi elettromagnetici nell' area portuale di Palermo anno 2009-2010 (A.R.P.A. Sicilia)	01	2011
ALL.SIA.10	Monitoraggio in banda larga dei livelli di campo elettromagnetico nel Porto di Palermo e di Termini Imerese (A.R.P.A. Sicilia)	01	2011
VINCA.01	Relazione generale di Screening di V.Inc.A. (a cura di Biosurvey srl - Resp. Scientifico Prof. S. Calvo)	01	28/02/2023
VINCA.02	Screening di Incidenza - Livello 1 della V.Inc.a (a cura di Biosurvey srl - Resp. Scientifico Prof. S. Calvo)	01	28/02/2023
PMA.01	Piano di Monitoraggio Ambientale	01	01/03/2023
PMA.02	Integrazione del Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA) per gli aspetti di biodiversità marina (a cura di Biosurvey srl - Resp. Scientifico Prof. S. Calvo)	01	dic-22
SNT	Sintesi Non Tecnica	01	01/02/2023

Tabella 0-1: Elaborati dello Studio di Impatto Ambientale

COMMITTENTE



Autorità di Sistema Portuale
 del Mare di Sicilia Occidentale

ELENCO DEGLI ELABORATI DI PROGETTO	
codice	titolo elaborato
EE.00	Elenco elaborati
	A - ELABORATI GENERALI
A .01	Relazione generale
	B - RELAZIONI SPECIALISTICHE
B.01	Relazione idraulica marittima
B.01.01	Relazione idraulica marittima: allegati
B.02	Relazione dell'agitazione residua e dell'agibilità portuale
B.02.01	Relazione dell'agitazione residua e dell'agibilità portuale: allegati
B.03	Relazione sulla dinamica della costa
B.04	Relazione sismica
B.05	Relazione geotecnica
B.06	Relazione sul dimensionamento e la stabilità idraulica
B.07.01	Relazione di calcolo delle strutture
B.07.01	Relazione di calcolo delle strutture: allegati
B.08	Relazione paesaggistica
	Studio Geologico (a cura del dott. Paolo Nania)
B.09 - 1	Relazione geologica
B.09 - 1.1	Geolocalizzazione indagini geognostiche e sismiche
B.09 - 2	Indagini sismiche MASW
B.09 - 3	Indagini sismiche HVSR
B.09 - 4	Elaborazione geotecnica dei test penetrometrici (Spt) eseguiti in foro
B.09 - 5	Raccolta dati stratigrafici e laboratorio geotecnico
B.09 - 5.1	Analisi e prove di laboratorio geotecnico (a cura di CON.GEO Srl)
B.09 - 6	Tavole cartografiche
	RILIEVI TOPOGRAFICI, BATIMETRICI E BIOCENOTICI (A CURA DI ARENA SUB SRL)
R.01	Relazione illustrativa dei rilievi batimetrici e biocenotici
R.01.01	Allegato: Processing Report
R.01.02	Allegato: Video subacquei dei transetti (da trasmettere su richiesta)
T.1	Ortofoto e profili di sezioni
T.2	Ortofoto e Piano Quotato
T.3a	Carta morfologico-batimetrica (isobate)
T.3b	Carta morfologico-batimetrica (rilievo ombreggiato color coded)
T.3c	Carta morfologico-batimetrica (rilievo ombreggiato grey-scale)
T.4a	Carta morfologico-batimetrica (isobate) - Spiaggia Vergine Maria
T.4b	Carta morfologico-batimetrica (shaded relief) - Spiaggia Vergine Maria
T.5	Carta dei tipi di fondo (color coded seabed fetures)
T.6	Carta del mosaico acustico Side Scan Sonar
	RELAZIONE ARCHEOLOGICA PREVENTIVA (A CURA DOTT. ARCHEOL. F. FAZIO - ARENA SUB SRL)
VIARCH.01	Relazione archeologica preventiva a seguito dei rilievi
VIARCH.01.01	Relazione archeologica preventiva: Carta del potenziale archeologico
	C - ELABORATI GRAFICI
	C.SF - STATO DI FATTO
C.SF.01.01	Carta nautica - Cartografia IGM - Carta Tecnica Regionale - Ortofoto
C.SF.01.02	Stralcio PRG - Stralci PRP - Stato di completamento
C.SF.01.03	Carta dei vincoli paesaggistici e territoriali
C.SF.02.01	Planimetria e sezioni dello stato di fatto
C.SF.02.02	Inventario visuale
	C.OP - STATO DI PROGETTO
C.OP.01	Planimetria sinottica delle opere in progetto
C.OP.02	Planimetria di dettaglio
C.OP.03	Raffronto SDF - PRP vigente - Opere in progetto
C.OP.04	Piano di tracciamento delle opere
C.OP.05	Sezioni tipo di progetto
C.OP.06	Quaderno delle sezioni di computo
C.OP.07	Particolari costruttivi e arredo portuale
C.OP.08.01	Cassoni cellulari: piante e sezioni
C.OP.08.02	Cassoni cellulari: carpenterie
C.OP.09	Modalità esecutive e fasi costruttive
C.OP.10	Siti di cava e deposito
	D - ELABORATI DEGLI IMPIANTI
D.IE.01	Impianti Elettrici e Illuminotecnici: Relazione descrittiva e di calcolo
D.IE.02	Impianti Elettrici e Illuminotecnici: Schema di Installazione
D.IS.01	Impianti Idrici: Relazione descrittiva e di calcolo
D.IS.02	Impianti Idrici: Schema di Installazione
	E - PIANO DI MANUTENZIONE DELL'OPERA E DELLE SUE PARTI
E.01	Manuale d'uso
E.02	Manuale di manutenzione
E.03	Programma di manutenzione
	F - PIANO DI SICUREZZA E COORDINAMENTO E INCIDENZA DELLA MANODOPERA
F.01	Piano di sicurezza e coordinamento
F.02	Planimetria delle aree di cantiere
	G - ELABORATI ECONOMICI ED AMMINISTRATIVI
G.01	Elenco dei prezzi unitari
G.02	Analisi dei prezzi
G.03	Quadro incidenza della manodopera
G.04	Computo metrico estimativo
G.05	Quadro economico
G.06	Cronoprogramma
G.07	Capitolato speciale d'appalto
G.08	Schema di contratto di appalto

Tabella 0-2: Corpo
documentale del progetto

COMMITTENTE



Autorità di Sistema Portuale
del Mare di Sicilia Occidentale

Progetto di trapianto di *Posidonia oceanica* come misura di compensazione dell'impatto relativo al completamento del Molo Foraneo del Porto dell'Arenella



Febbraio 2023



Sommario

INTRODUZIONE.....	1
INTERVENTI DI RIFORESTAZIONE CON <i>POSIDONIA OCEANICA</i> IN MEDITERRANEO	3
PROGETTO E METODOLOGIA DI TRAPIANTO	7
Criteri di selezione del sito ricevente	7
Sito ricevente 1: Avamposto dell’Arenella	7
Sito ricevente 2: Acqua dei Corsari.....	9
REALIZZAZIONE DELL’INTERVENTO DI RIPRISTINO.....	16
Innovativo modulo di ancoraggio di talee di <i>Posidonia oceanica</i>	16
Prelievo delle talee e preparazione del sito ricevente	20
Preparazione e messa a dimora delle talee.....	21
PIANO DI MONITORAGGIO	25
RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	27

INTRODUZIONE

Nell’ambito della verifica di assoggettabilità alla VIA relativa al completamento del Molo Foraneo del Porto dell’Arenella (ID_VIP: 8500) la Sottocommissione VIA della CT VIA – VIA e VAS, in ordine all’impatto dell’opera sulla biodiversità marina, ritiene necessario “prevedere eventi di rinaturazione/restauro ecologico e restituzione degli habitat già andati persi”.

I rilievi topografici, batimetrici e biocenotici eseguiti nell’ambito del progetto esecutivo per il completamento del molo di sopraflutto del porto dell’Arenella (Figura 1) hanno evidenziato che la superficie occupata dalla prateria di *Posidonia oceanica* presente nell’area dell’avamposto è di 1,86 ha, inserita in un mosaico di matte morta e sabbia esteso 2,94 ha.

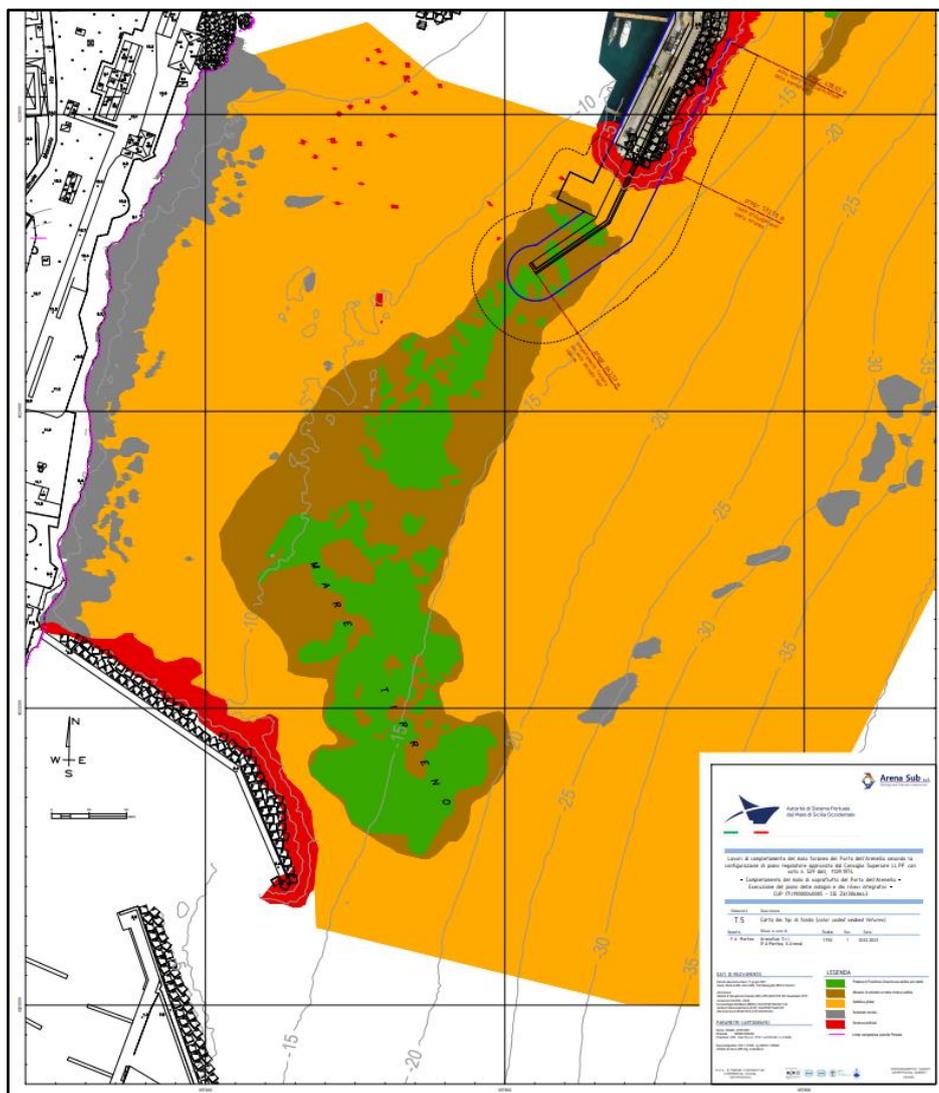


Figura 1 – Mosaico di *Posidonia* (in verde), matte morta e sabbia (in marrone) presente nell’avamposto dell’Arenella.

La prateria di *P. oceanica* si presenta discontinua e si rinviene insediata prevalentemente su *matte* e sabbia ed in parte anche su roccia della stazione. Il ricoprimento della prateria è compreso tra 40% e 100% mentre le *matte* morte sono considerevolmente rappresentate (20% - 60%) e suggeriscono uno evidente stato regressione della prateria.

L'opera in progetto, a prosecuzione dell'attuale braccio di sopraflutto, interesserà con la sua impronta una porzione di fondale pari a 1,59 ha, colonizzato da patch di *Posidonia oceanica* alternate a *matte* morte e sedimenti sciolti. La superficie di *Posidonia* direttamente interferita dalle azioni di progetto è stata stimata in 1.049 m², mentre 4.403 m² di fondali sono a *matte* morta, 8.052 m² sabbiosi e 2419 m² rappresentati da strutture artificiali (attuale mantellata in testa al molo foraneo).

Pertanto, scopo del presente report è definire un progetto di restauro di circa 1.000 m² dell'habitat Codice 1120 - *Posidonia oceanica*, come compensazione dell'impatto prodotto dal progetto di completamento del Molo Foraneo del Porto dell'Arenella, prelevando e trasferendo parte del materiale vegetale (talee di *Posidonia*) presente nell'area direttamente interferita dal progetto in un sito ricevente, il più possibile prossimo all'area di espianto, che presenti caratteristiche idonee a ricevere il trapianto.



biosurvey

INTERVENTI DI RIFORESTAZIONE CON *POSIDONIA OCEANICA* IN MEDITERRANEO

I primi tentativi di trapianto di fanerogame marine risalgono a quasi 70 anni fa negli Stati Uniti (Addy, 1947). È però dalla metà degli anni '70 che si è posta particolare attenzione agli interventi di restauro, sperimentando diverse tecniche di trapianto.

Negli USA e in Australia, grazie agli ingenti finanziamenti, i trapianti sono stati provati su larga scala, anche attraverso l'impiego di tecniche meccaniche (Paling, 2001a, 2001b, 2003; Lord *et al.*, 1999; Orth *et al.*, 2008; Shafer, 2008; Wear, 2006).

In Mediterraneo i primi tentativi di riforestazione con *P. oceanica* risalgono al periodo compreso tra il 1972 e il 1981 (Sanchez-Lizaso *et al.*, 2009). In tale quadro, sono stati descritti impianti di riforestazione, realizzati con circa 70.000 fasci, molti dei quali sono morti dopo pochi mesi a causa di condizioni climatiche avverse e infezioni (Cooper, 1982). Sempre negli stessi anni, alcuni trapianti sono stati effettuati lungo il litorale francese nella zona di Giens (Cooper, 1982). A questi primi tentativi sono seguiti esperimenti più rigorosi, soprattutto in Francia (Meinesz *et al.*, 1992, 1993a; Molenaar, 1992; Genot *et al.*, 1994; Molenaar et Meinesz, 1995), in Spagna (Sanchez-Lizaso *et al.*, 2009) ed in Italia (Cinelli, 1980; Giaccone e Calvo, 1980; Balestri *et al.*, 1998; Piazzì *et al.*, 1998; Procaccini e Piazzì, 2001; Balestri *et al.*, 2011; Pirrotta *et al.*, 2015; Calvo *et al.*, 2020, 2021a).

In particolare, le tecniche utilizzate prevedevano principalmente come supporto l'impiego di blocchi in pomice-cemento, mattonelle, tutori metallici, griglie in metallo e reti di plastica, fissati al substrato attraverso barre di acciaio di lunghezza variabile (Giaccone e Calvo, 1980; Meinesz *et al.*, 1992, 1993a; Piazzì *et al.*, 1998).

Le mattonelle sono state utilizzate in Francia dai *Jardinier de la mer* (Cooper, 1982) e bloccano una o più talee alla volta, limitando la loro efficacia che richiede ulteriori verifiche. I tutori metallici permettono, modificando la loro lunghezza, di fissare singole talee su *matte* morta o fondi mobili fornendo buoni risultati fino all'80% di sopravvivenza (Piazzì *et al.*, 1998).

Con tale tecnica di ancoraggio, la migliore disposizione delle talee è risultata quella alternata, con gli apici rivolti nella stessa direzione e con una distanza tra le talee di 15-20 centimetri. L'utilizzo delle griglie permette di bloccare più talee alla volta. La fissazione su griglia metallica rappresenta



biosurvey

un ottimo compromesso tra la velocità di esecuzione e la possibilità di offrire un buon ancoraggio alle talee ed ai germogli. Tale tecnica può essere adottata per la riforestazione su differenti substrati, modificando opportunamente il sistema di ancoraggio. Inoltre, consente di eseguire la preparazione ed il montaggio delle griglie in ambiente subaereo, limitando così il lavoro del subacqueo al solo fissaggio (Meinesz *et al.*, 1992, 1993a; Molenaar et Meinesz, 1995; Pirrotta *et al.*, 2015).

Su *matte* morta possono essere utilizzati chiodi metallici, mentre sono state ritenute necessarie cornici di cemento su fondi mobili. La sopravvivenza delle talee può variare tra il 70% ed il 90% su *matte* morta mentre è normalmente più bassa su sabbia.

Nel caso delle plantule ottenute da seme, sono stati impiegati con successo quadrati di garza, in cui un foro permetteva la fuoriuscita dell'apice fogliare. La migliore disposizione delle singole talee sulle griglie è risultata quella a scacchiera, con gli apici rivolti nella stessa direzione e con una distanza tra le talee di 10-15 cm. La densità ottimale dei rizomi sulla griglia è di 50 per m². Le dimensioni delle griglie possono essere variabili, ma sono in genere state impiegate con successo griglie di dimensioni variabili da 0,25 m² a 1 m², che permettono una buona maneggevolezza delle unità di trapianto.

I supporti delle talee/fasci possono essere anche disposti a scacchiera con una densità che può variare da un minimo di 2.000 ad un massimo di 5.000 griglie/ha (Pirrotta *et al.*, 2015).

Tale disposizione a patch è in accordo con le strategie di colonizzazione (Figura 2) ed il mantenimento a regime delle praterie a fanerogame marine in condizioni naturali (Marbà *et al.*, 2004; Sintès *et al.*, 2006).



Figura 2 – Modalità di colonizzazione di *Posidonia* su *Cymodocea* e *matte* morta nella Baia di Mondello (PA).

Recentemente (ISPRA, 2014; Bacci e La Porta, 2021) è stato dato un nuovo impulso alle tecniche e ai materiali utilizzati negli esperimenti di riforestazione con *P. oceanica* su tutti i possibili substrati di impianto (sabbia, *matte*, pietrame), utilizzando talee, rizomi e plantule e zolle (Figura 3).

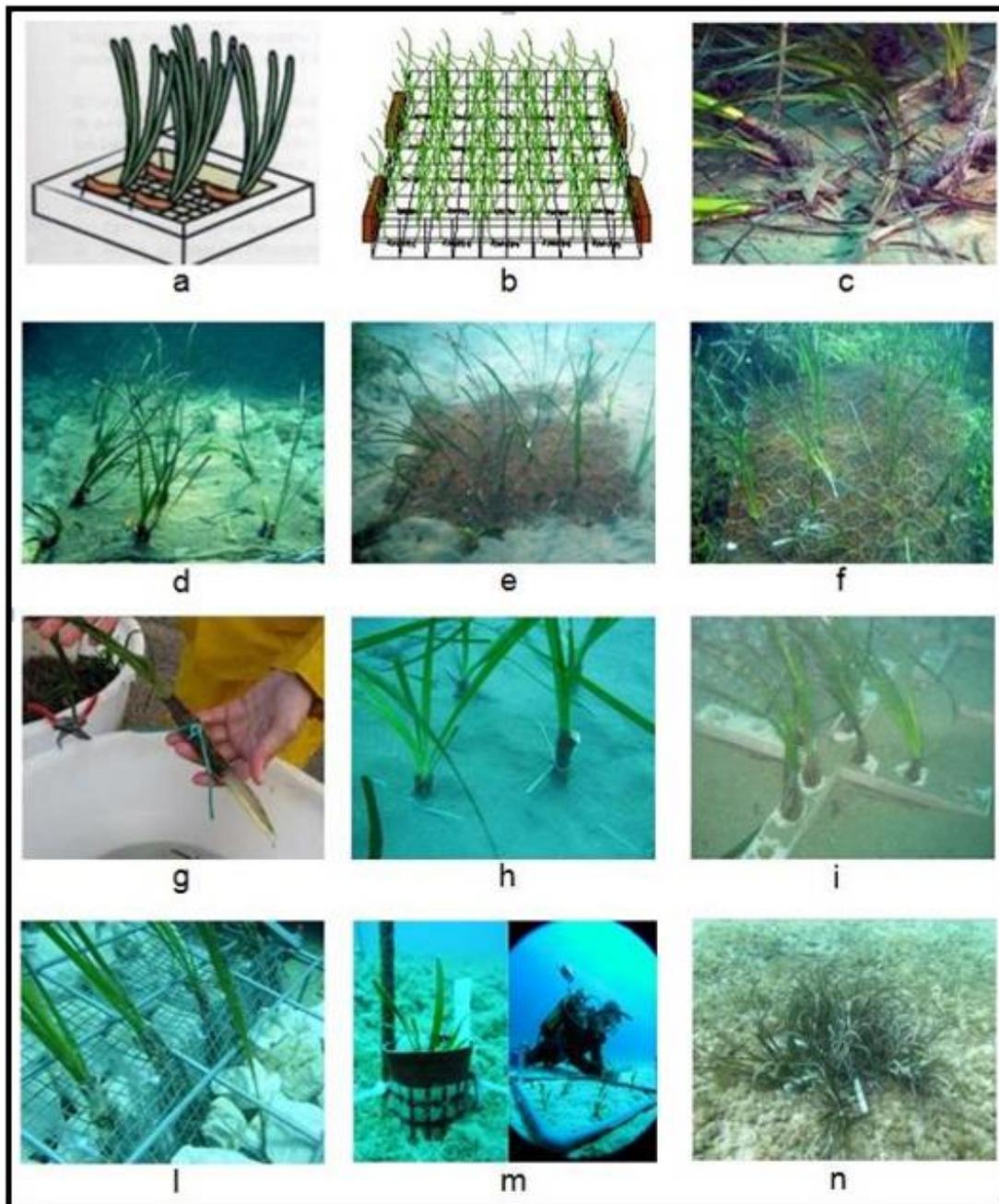


Figura 3 - Tecniche e materiali per il trapianto di *P. oceanica* utilizzate attualmente in Mediterraneo (ISPRA, 2014): cornici in calcestruzzo munite di rete metallica (a); griglia in plastica o metallica (b, c); biostuoia in agave (d); geostuoia in polipropilene (e, f); picchetto metallico (g) posizionato nel substrato sabbioso (h); croce in cemento semplice o con anima in legno (i); materasso in pietrame (l); supporto per plantula sviluppata da seme (m); supporto in materiale bioplastico (n).

PROGETTO E METODOLOGIA DI TRAPIANTO

Criteria di selezione del sito ricevente

La capacità di *Posidonia oceanica* di colonizzare/ricolonizzare tutti i tipi di substrato è documentata e descritta in numerose pubblicazioni scientifiche (a titolo esemplificativo e non esaustivo cfr. Calvo et al., 2021a). Comunque, tra i substrati idonei al trapianto la *matte* morta rappresenta per differenti motivi il substrato più adatto, dove semi, rizomi, e talee di *Posidonia oceanica* possono insediarsi e attivare processi di ricolonizzazione del sistema (Calvo et al., 2020; 2021a).

È noto che quando *Posidonia* regredisce e la *canopy* scompare, la struttura sottostante non è più protetta dall'erosione dovuta dalla azione del moto ondoso, soprattutto nelle praterie poco profonde (Boudouresque et al., 2009). Le tanatocenosi di *Posidonia oceanica* (*matte* morte), immagazzinano e conservano un ingente deposito di carbonio a lungo termine, accumulato nel corso dei millenni all'interno delle *matte* (Mateo et al., 2006; Pergent et al., 2014). In assenza di interventi di ripristino, questi sistemi ambientali degradati, a causa dei lenti meccanismi di recupero naturale della prateria (Boudouresque et al., 2009), saranno soggetti ad una accelerazione dei processi di riciclo della materia organica, con conseguente rilascio di gas serra.

Pertanto, dopo aver rimosso o ridotto le cause che hanno portato alla scomparsa della prateria, la *matte* morta deve essere considerata un substrato dove la prateria di *Posidonia* dovrebbe potenzialmente e principalmente essere ripristinata, contribuendo così anche alla mitigazione dei cambiamenti climatici (Calvo et al., 2020). Inoltre, ciò è in accordo con la Conferenza delle Parti (COP 21) della Convenzione sui Cambiamenti Climatici (FCCC, 2015) che ha sottolineato l'importanza di garantire l'integrità di tutti gli ecosistemi, compresi gli oceani, per conservare e rafforzare i depositi di materiali che producono gas serra, migliorando così il Protocollo di Tokyo, che si era concentrato solo sui depositi di carbonio delle foreste.

In tale quadro sono stati individuati due siti nel Golfo di Palermo idonei ad ospitare un intervento di ripristino di fondali a *matte* morta: i fondali prospicienti l'area dove sarà effettuato l'intervento e cioè l'avamposto dell'Arenella e i fondali prossimi ad Acqua dei Corsari, a sud-est della città di Palermo.

Sito ricevente 1: Avamposto dell'Arenella

I fondali compresi tra le aree portuali di Arenella e Acquasanta sono stati oggetto di indagini finalizzate a definire la distribuzione e la qualità della prateria di *Posidonia* presente nell'area.



biosurvey

In particolare, la mappatura dei fondali ha evidenziato la presenza di circa 4,81 ha di fondali, potenzialmente riconducibili a Posidonia, di cui circa 1,86 ettari colonizzati dalla prateria a *Posidonia oceanica*, frammentata e discontinua, insediata prevalentemente su *matte* e sabbia ed in parte anche su roccia.

Il ricoprimento della prateria è tra 40% e 50% in prossimità della testa del molo foraneo. La copertura della prateria aumenta con la distanza dalla struttura portuale e nella parte più distale, in prossimità dell'area portuale dell'Acquasanta, mostra valori compresi tra 80% e 100%. La presenza significativa (20% - 60%) di *matte* morta nella prateria mappata suggerisce che la stessa è stata oggetto di regressione per cause antropiche (Figura 4).



Figura 4 – Aspetti dei fondali nell'avamposto dell'Arenella.

In questo scenario nei fondali dell'avamposto dell'Arenella si prevede di trapiantare su *matte* morta, in accordo con la tecnica di seguito riportata, *patch* di Posidonia all'interno del mosaico di prato naturale e *matte* morta. L'obiettivo è di "fertilizzare" l'ecosistema degradato attraverso la funzione "catalizzatrice"

delle *patch* di Posidonia, migliorare la connettività all'interno della prateria frammentata e ricostruire il paesaggio sottomarino (Cunha et al., 2012; Calvo et al., 2021a).

Pertanto, come misura di compensazione dell'impatto relativo al completamento del Molo Foraneo del Porto dell'Arenella, si prevede di realizzare l'intervento di trapianto di *Posidonia oceanica* su un substrato a matte morta nei fondali dell'avamposto dell'Arenella ad una profondità di circa 12-14 m per una superficie complessiva di circa 1.000 m².

Sito ricevente 2: Acqua dei Corsari

I fondali prospicienti Acqua de Corsari (Golfo di Palermo - Figura 5) presentano anch'essi caratteristiche idonee a ricevere il trapianto di *Posidonia oceanica*. Il sito ricevente il trapianto si trova in un'area degradata che ancora nella prima metà del secolo scorso ospitava una rigogliosa prateria di *P. oceanica*. Attualmente i fondali si caratterizzano per la presenza di fondali sabbiosi con estesi affioramenti a *matte* morta.

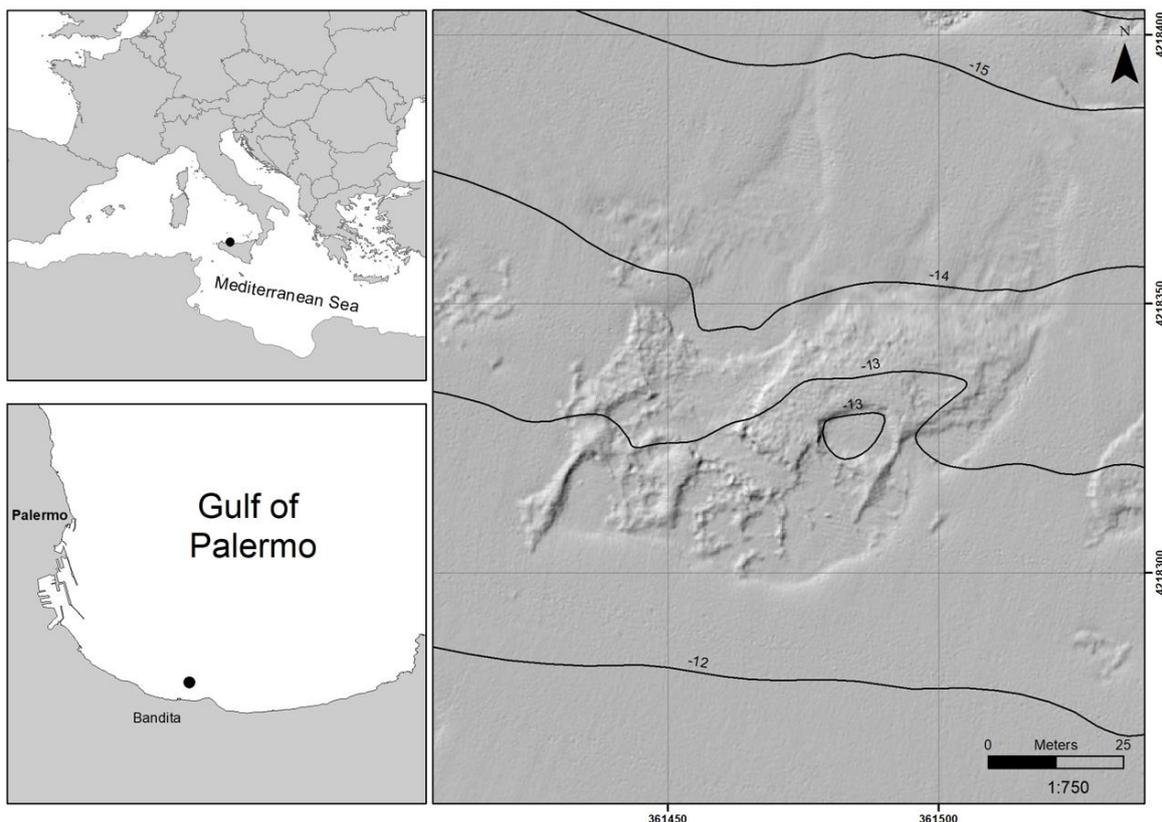


Figura 5 – Golfo di Palermo. In rilievo formazioni a *matte* morta su sabbia, rilevate da MBSS in località Acqua dei Corsari (Bandita), dove si propone di realizzare l'impianto di riforestazione con *P. oceanica*.

La Figura 5 mostra anche una prateria naturale residuale e *patch* di Posidonia trapiantate nel 2008.



biosurvey

La proposta del sito di trapianto in località Acqua dei Corsari (Bandita) scaturisce a valle del successo del trapianto pilota di riforestazione di circa 20 mq (Calvo *et al.*, 2021), realizzato nella stessa area nel 2008 (Pirrotta *et al.*, 2015) per conto del Comune di Palermo (Figure 6 e 7).

Gli aspetti salienti del paesaggio sommerso e dei fondali nell'area di impianto in località Bandita (Golfo di Palermo) sono rappresentati nella Figura 8.

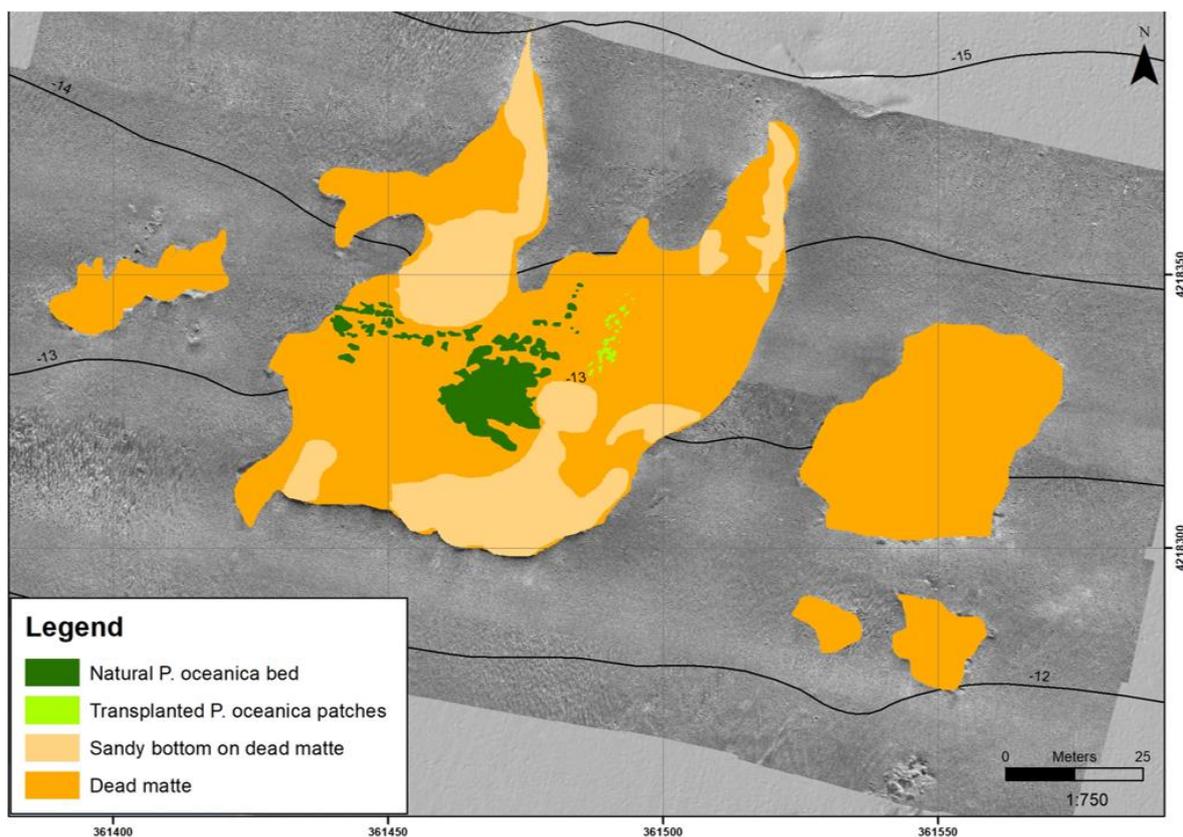


Figura 6 - Mappa di distribuzione delle praterie di *P. oceanica* (naturali e trapiantate) su *matte* morta circondata da fondi sabbiosi. Le due sub aree (A e B) delimitate dalla linea rossa sono quelle interessate dall'intervento di riforestazione.

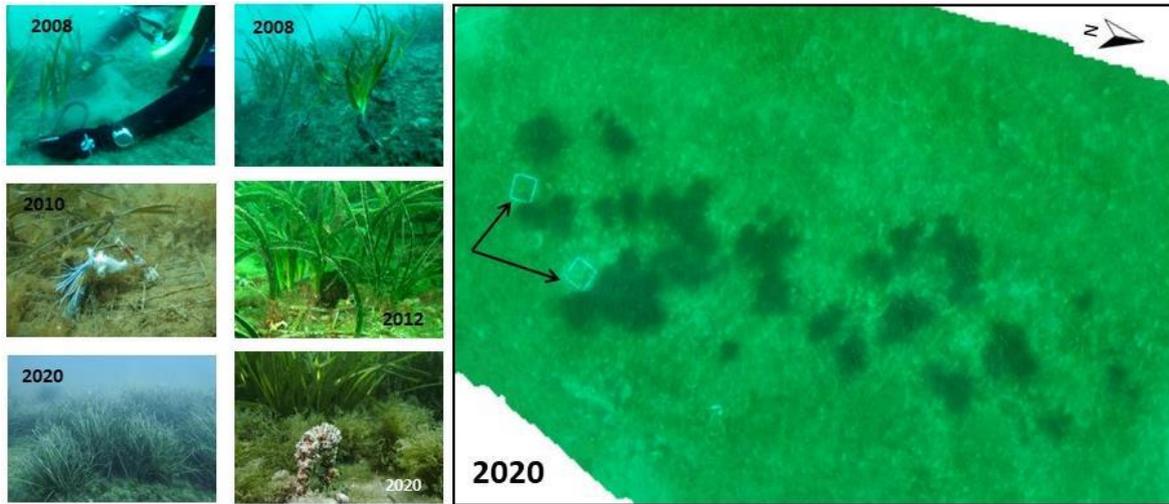


Figura 7 - Foto-mosaico effettuato a maggio del 2020 del trapianto pilota di riforestazione con *P. oceanica* realizzato nel 2008 (a destra); le frecce nere indicano quadrati bianchi di 0,5 x 0,5 m. A sinistra, le *performance* del trapianto dal 2008 al 2020.

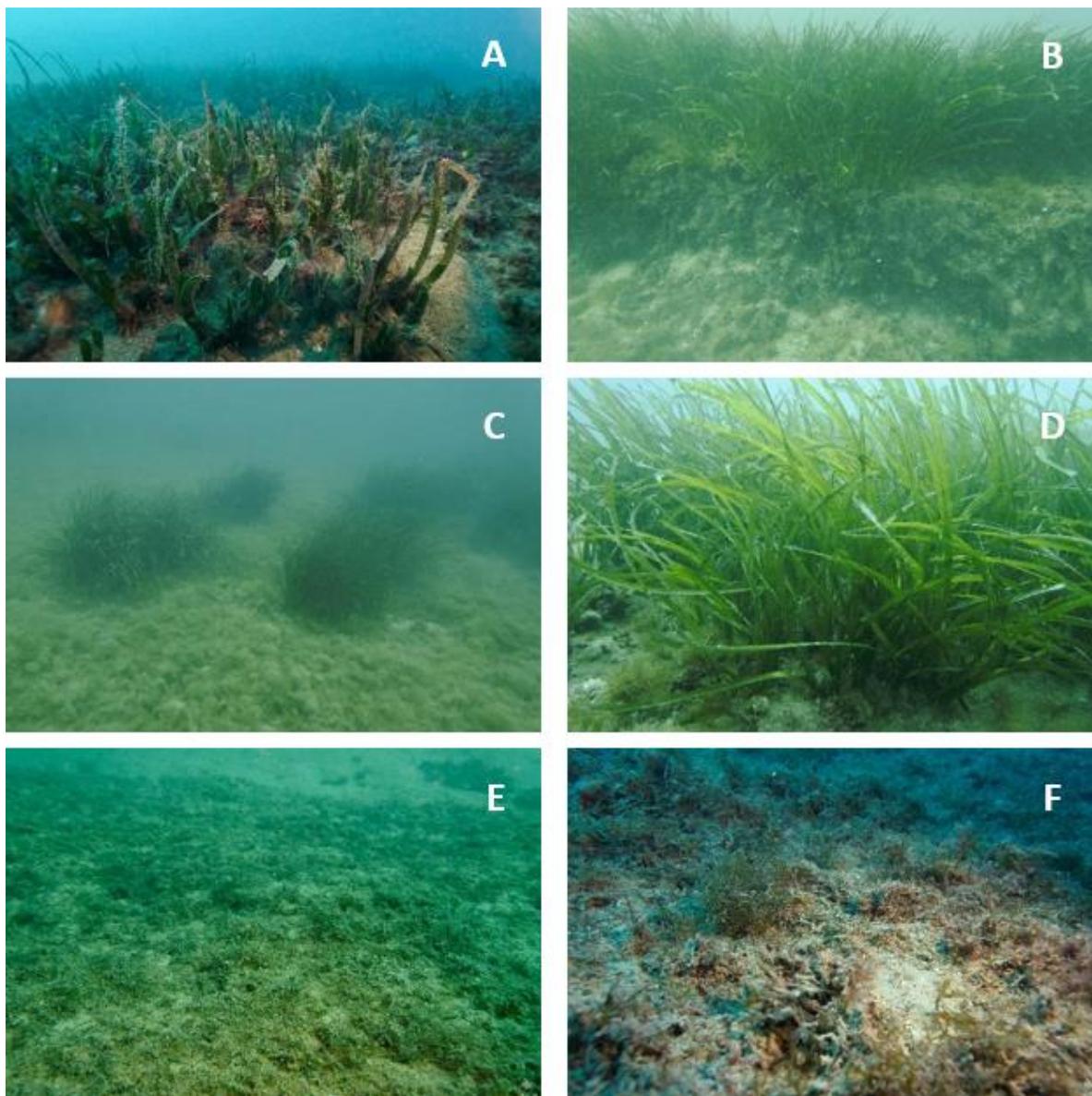


Figura 8 – Aspetto del paesaggio sommerso e dei fondali nell’area di impianto in località Bandita (Golfo di Palermo). In alto (A e B) prateria naturale su *matte*; al centro (C e D) prateria trapiantata nel 2008 su un fondale a *matte* morta; in basso (E e F) particolari del fondale a *matte* morta dove si propone di realizzare il trapianto.

Inoltre, tra dicembre 2021 e gennaio 2022 nella stessa area e su *matte* morta, considerati i risultati ottenuti con il trapianto del 2008 (Calvo *et al.*, 2021a), nell’ambito del Progetto PON03PE_00203_1 Marine Hazard è stato realizzato un impianto di riforestazione di circa 1200 mq in due sub aree, utilizzando 750 moduli di ancoraggio e circa 23.000 rizomi di *Posidonia*. Nelle Figura 8 è riportato il fotomosaico delle due sub aree trapiantate (Rende *et al.*, 2022) realizzate nell’ambito del Progetto PON03PE_00203_1 Marine Hazard, sovrapposte al rilievo SSS dei fondali della Bandita (Golfo di Palermo). La Figura 9 mostra il dettaglio esplicativo di una delle due sub aree.

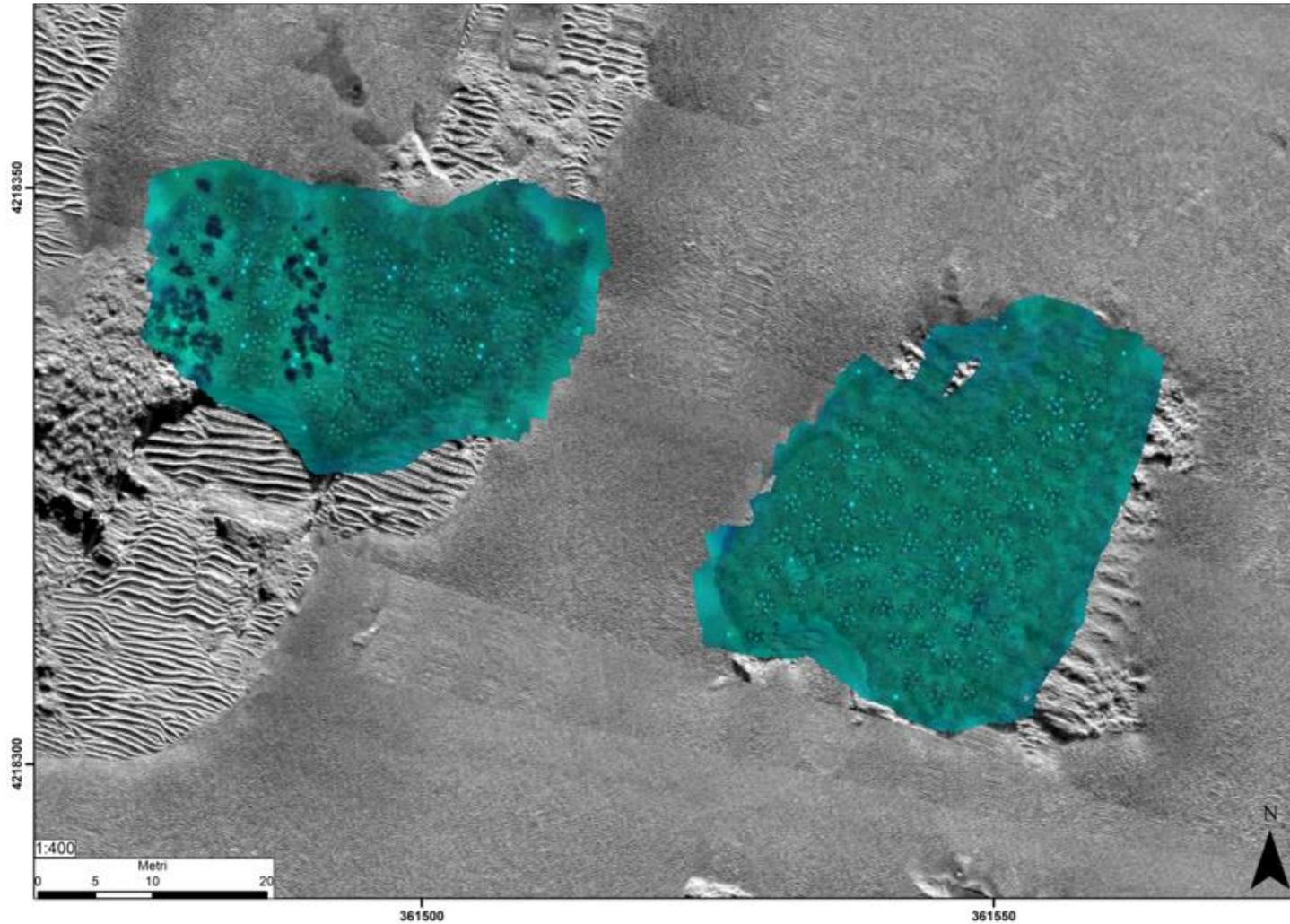


Figura 8 – Fotomosaico delle due sub aree trapiantate realizzate nell’ambito del Progetto PON03PE_00203_1 Marine Hazard, sovrapposte al rilievo SSS dei fondali della Bandita (Golfo di Palermo).

Dettaglio di una sub area - Progetto PON03PE_00203_1 - Marine Hazard

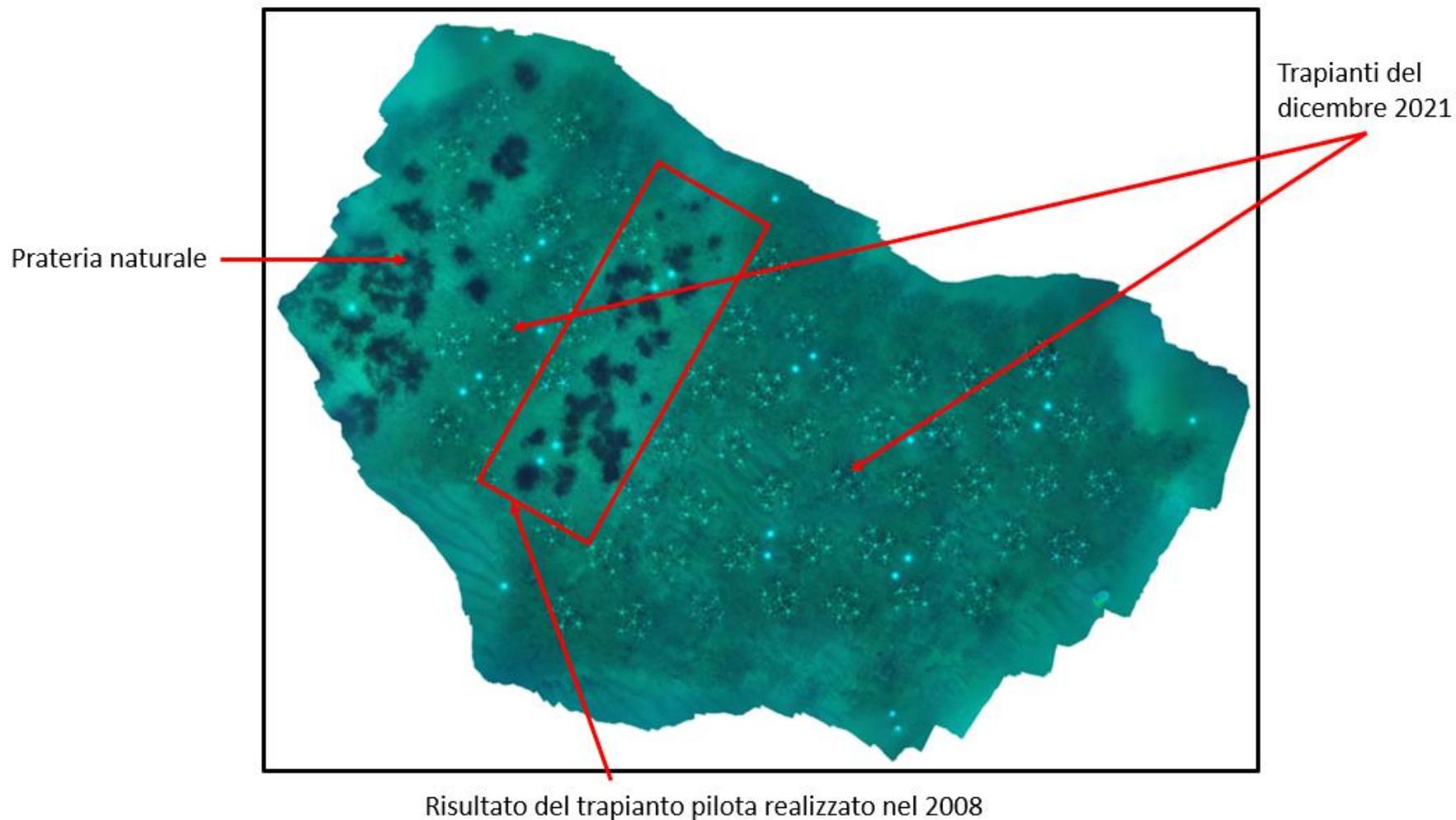


Figura 9 – Fotomosaico di una delle sub aree trapiantate, realizzate nell'ambito del Progetto PON03PE_00203_1 Marine Hazard. Sono evidenti la prateria residuale e il risultato del trapianto pilota realizzato nel 2008.



Pertanto, come misura di compensazione dell'impatto relativo al completamento del Molo Foraneo del Porto dell'Arenella, in alternativa all'avamposto dell'Arenella, si prevede di realizzare l'intervento di trapianto di *P. oceanica* su un substrato a *matte* morta nei fondali prospicienti Acqua dei Corsari (Bandita) ad una profondità di circa 13-14 m per una superficie complessiva di circa 1.000 m².



REALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO DI RIPRISTINO

Innovativo modulo di ancoraggio di talee di Posidonia oceanica

L'intervento di compensazione sarà realizzato impiegando un prodotto innovativo, brevettato da Biosurvey Srl (brevetto n. 0001400800/2010, Design europeo n. 003000686-0001/2016, brevetto n. 102015000081824/2018), costituito da un modulo di ancoraggio per la riforestazione con fanerogame marine dei fondali, realizzato in materiale *plastic free* (Calvo *et al.*, 2021b).

Il modulo di ancoraggio consente di effettuare impianti di riforestazione con *P. oceanica* mediante l'utilizzo di un sistema a basso impatto ambientale, per il fissaggio in forma rapida ed efficace di organismi vegetali sul fondale marino, allo scopo di garantirne l'attecchimento e la crescita e assecondare la dinamica naturale di sviluppo.

I principi su cui si basa il brevetto sono:

- l'esteso utilizzo di materiale plastico biodegradabile e compostabile per garantire, alla fine del processo di radicamento, la dissoluzione dell'apparato di sostegno delle talee;
- la modularità del sistema che consente una elevata flessibilità nelle strategie di ricoprimento del fondale e l'adattabilità a diverse specie vegetali;
- la semplificazione delle tecniche di ancoraggio per aumentare l'efficienza della posa e ridurre i costi;
- l'utilizzo di geometrie bioispirate che emulano la modalità naturale di colonizzazione del fondale da parte della pianta (Marbà & Duarte, 1998).

Il modulo di ancoraggio consiste in una struttura a raggiera a 5 bracci in grado di ospitare talee/rizomi, interamente realizzata in materiale bio-plastico di derivazione naturale (Mater-Bi®), ancorabile sul fondo tramite un picchetto a fissaggio rapido (Figura 10).

La struttura a raggiera è modulare con un nodo centrale che viene incastrato al picchetto e braccetti dotati di supporti disposti con un'inclinazione di circa 41° (Marbà & Duarte, 1998), allo scopo di mimare l'angolo di espansione clonale con cui la pianta in natura colonizza il fondale. Tale sistema permette di fissare anche plantule di *P. oceanica*, attraverso supporti di aggancio opportunamente dimensionati.

Il materiale in bioplastica con il quale è stato realizzato il modulo di ancoraggio (Mater-Bi®) ha evidenziato assenza di effetti tossici sugli organismi marini, presentando tempi di bio-degradazione compatibili con

quelli necessari alle tallee per la radicazione e la loro fissazione in maniera stabile al substrato del sito di impianto (Campani *et al.*, 2020). I risultati della biodegradazione marina sono stati anche verificati da Certquality nell'ambito del programma pilota Environmental Technology Verification (ETV), che verifica le prestazioni di tecnologie ambientali innovative che minacciano la salute umana o l'ambiente naturale.

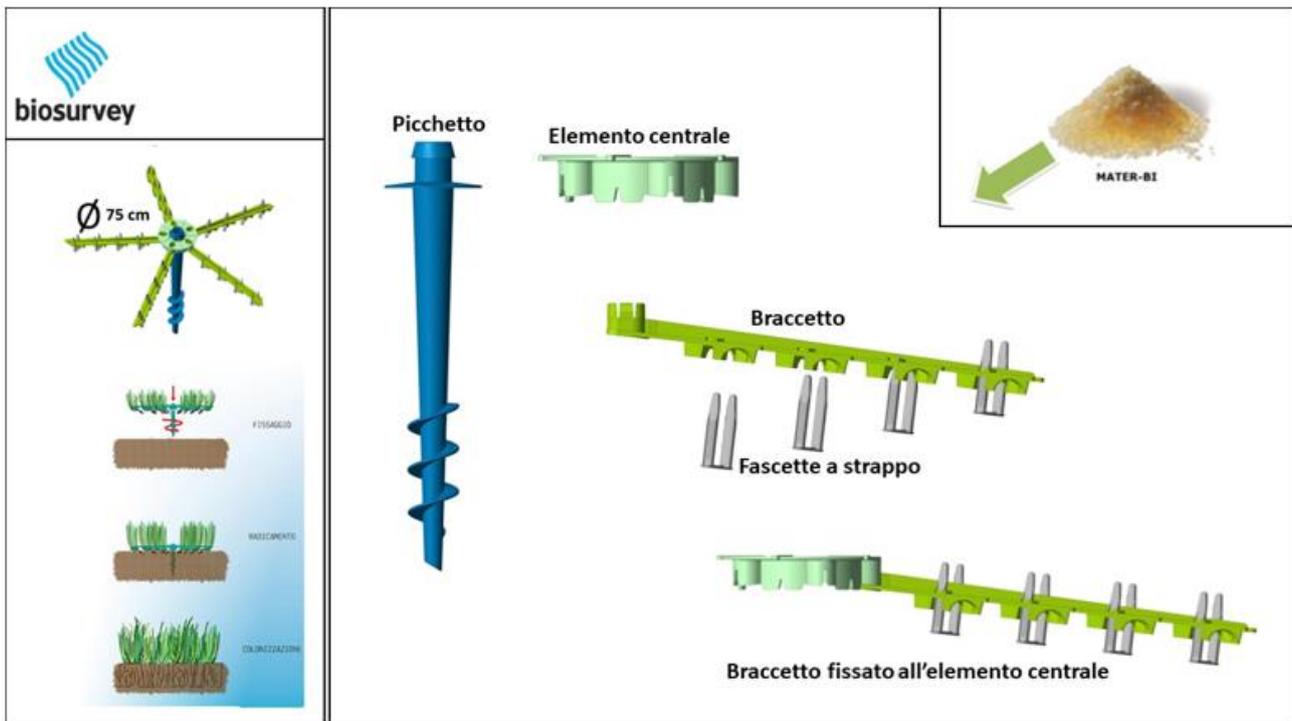


Figura 10 - Particolari del modulo di ancoraggio totalmente realizzato in materiale biodegradabile (Mater-Bi).

In particolare, il sistema di ancoraggio consente il posizionamento in forma rapida delle piante di *P. oceanica* sul fondo marino, favorisce l'attecchimento e la crescita e agevola la dinamica naturale di sviluppo della prateria (Calvo *et al.*, 2014; 2021b).

Il suddetto sistema è stato premiato per il suo contenuto innovativo nella sessione poster del "5th Mediterranean Symposium on Marine Vegetation", tenutosi a Portorož (Slovenia) nei giorni 27-28 ottobre 2014. Inoltre, il modulo di ancoraggio biodegradabile è stato presentato nell'ambito del 47th International Cable Protection Committee Plenary Meeting (Maiolino *et al.*, 2014), tenutosi a Dubai dal 18 al 20 Marzo 2014 sul tema "Meeting a Challenging Future", ed è stato definito nel comunicato finale del Meeting "Elegant in their simplicity simple approaches and solutions to important issues much promise for restoring or even extending sea-grass meadows disrupted by the installation of coastal infrastructure" ([News\(iscpc.org\)](http://News(iscpc.org))).

Il sistema modulare in bioplastica ha evidenziato in 11 anni di studi e ricerche, basati anche sulla formulazione e sperimentazione di modelli di selezione del sito da ripristinare (Pirrotta *et al.*, 2015), l'ottima tenuta del sistema di ancoraggio contrastando il distacco delle piante (Paling *et al.*, 2003; Bull *et al.*, 2004), che rappresenta una delle cause principali di fallimento dei trapianti (Meinesz *et al.*, 1993b).

A fine di emulare il meccanismo di colonizzazione di *P. oceanica* ed il mantenimento a regime della prateria in condizioni naturali, i supporti di ancoraggio saranno organizzati in moduli formati da 6 sistemi di ancoraggio, vicini tra loro in modo da emulare una *patch* contenente circa 180 fasci (Figure 11 e 12).

La disposizione spaziale dei moduli, in relazione alle morfologie dei fondali, si prefigura anche come un intervento di "ricucitura" su *matte* morte delle *patch* di *P. oceanica* presenti nell'area favorendo (tenendo conto della crescita lenta della pianta) i processi di "chiusura" della prateria (Calvo *et al.*, 2021).

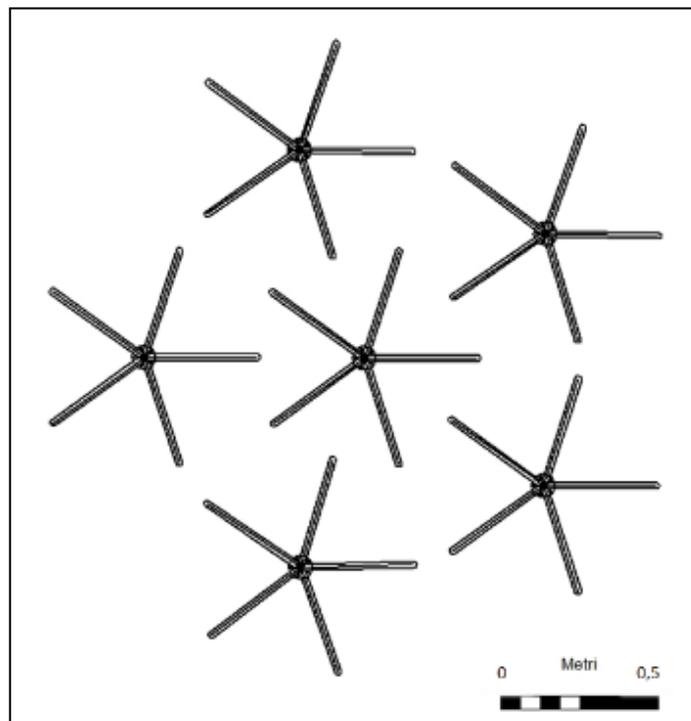


Figura 11 – Modulo costituito da 6 sistemi di ancoraggio che emulano una *patch* di *P. oceanica*.

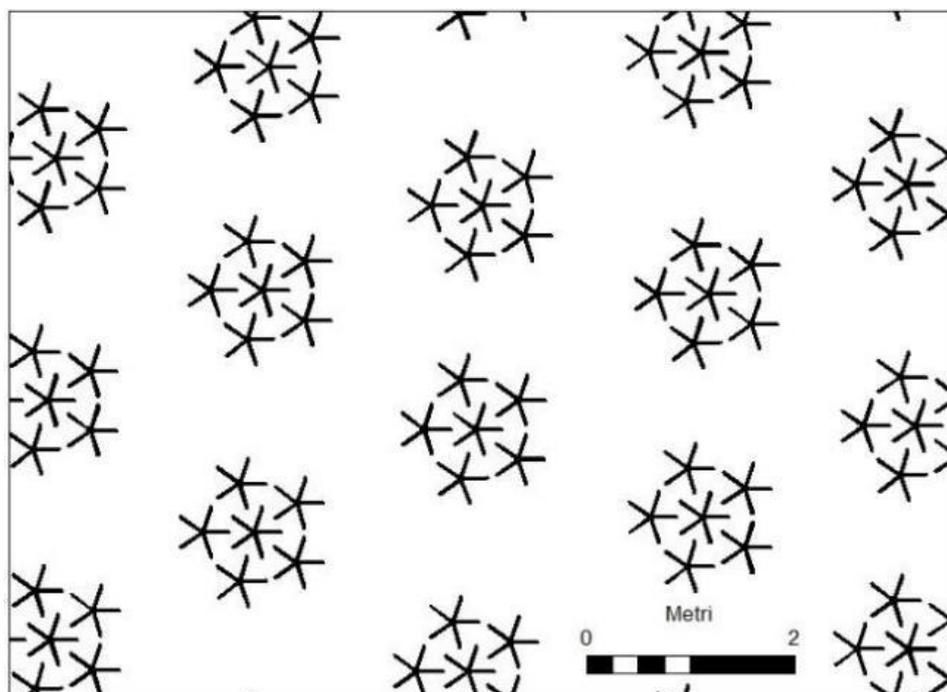


Figura 12 – Disposizione spaziale (*patch*) dei moduli ognuno dei quali costituito da 6 sistemi di ancoraggio.

Pertanto, l'intervento di compensazione sarà realizzato adottando una metodologia di trapianto aggiornata, basata su evidenze scientifiche. A tale scopo sarà adottata una soluzione presente nel panorama della letteratura scientifica nazionale ed internazionale per la quale è disponibile un *track record* di interventi effettuati (Tabella 1), caratterizzati dall'impiego di materiali innovativi e *plastic free*.

Tabella 1 – Casistica degli interventi effettuati con il sistema modulare in materiale biodegradabile (MaterBi®).

	SITO DEL TRAPIANTO	SUBSTRATO DI IMPIANTO/ PROFONDITÀ	INIZIO DEL TRAPIANTO (ANNO)	AREA DEL TRAPIANTO (M ²)	FASCI TRAPIANTATI (N.)	DATI MONITORAGGIO (ANNI)	CONTESTO DEL MONITORAGGIO
1	AMP Capo Gallo – Isola delle Femmine	Sabbia/12 m	2011	5 m ²	~300	20 mesi (gen-2012/ ago-2012)	Ricerca: sperimentazione supporto modulare
2	Mondello (PA)	<i>C. nodosa</i> e <i>matte morta</i> / 6 m	2012	10 m ²	~600	24 mesi (mag2012/aprile-2014)	Ricerca: sperimentazione supporto modulare
3	SIN di Priolo (SR)	<i>matte morta</i> /13m	2013	15 m ²	~900	12 mesi (2013-2014)	Impianti pilota + controllo procedurale: Progetto di Ricerca e Formazione PON R&C 2007-2013 PON01_03112 – TETIDE
4	SIN di Priolo (SR)	<i>matte morta</i> /13m	2014	2.000 m ²	~60.000	6 anni (2014-2020)	Progetto di Ricerca e Formazione PON R&C 2007-2013 PON01_03112 – TETIDE
5	Mondello (PA)	<i>matte morta</i> / 6 m	2015	50 m ²	~1.500	5 anni (2015-2020)	Valutazione di Impatto Ambientale

5	Mondello (PA)	matte morta/ 6 m	2016	12 m ²	~360	4 anni (2016-2020)	Valutazione di Impatto Ambientale
6	SIN di Priolo (SR)	reef artificiali/ 11 m	2016	12 m ²	~360	4 anni (2016-2020)	Progetto di Ricerca e Formazione PON R&C 2007-2013, PON01_03112 – TETIDE
7	Porto Grande di Siracusa	matte morta/ 6 m	2016	300 m ²	~9.000	4 anni (2016-2020)	Valutazione di Impatto Ambientale
8	Isole Incoronate (Croazia)	matte morta/ 11 m	2019	100 m ²	~2.200	-	Interreg Italia – Croazia Progetto SASPAS
9	Capo Feto (TP)	matte morta/ 7 m	2019-21	100 m ²	~3.000	24 mesi (dic. 2019 – feb. – 2022)	Progetto di Ricerca PON R&I 2014-2020 ARS01_00891 – PlaCE
10	Capo Feto (TP)	Pietrame/9 m	2020-21	100 m ²	~3.000	22 mesi (feb. 2020 – feb. 2022)	Progetto di Ricerca PON R&I 2014-2020 ARS01_00891 – PlaCE
11	Capo Feto (TP)	sabbia su pietrame/10 m	2020-21	100 m ²	~3.000	22 mesi (feb. 2020 – feb. 2022)	Progetto di Ricerca PON R&I 2014-2020 ARS01_00891 – PlaCE
12	Parco Regionale Dune Costiere Torre Canne: Puglia	matte morta/ 8 m	Febbraio 2021	200 m ²	~2.500	12 mesi	Interreg Italia – Croazia Progetto SASPAS
13	Parco Nazionale del Cilento: Campania, Baia degli Infreschi	matte morta/ 2 m	Marzo 2021	50 m ²	~1.260	12 mesi	Progetto LIFE17 CCM/IT/000121 – SEAFORST
14	Golfo di Sant'Amanza (Corsica)	matte morta/ 14 m	Maggio 2021	100 m ²	~3.000	12 mesi	Progetto di ricerca: RENFORC - Office de l'Environnement de la Corse – G.I.S. Posidonie
15	Golfo di Palermo: Località Bandita	matte morta/ 13 m	Dicembre 2021/Gennaio 2022	1000 m ²	~24.000	10 mesi	Progetto di Ricerca e Formazione PON03PE_00203_1 – Marine Hazard
16	Isole Eolie: Cala Galera, Salina	matte morta e sabbia con pietrame sciolto/15-17 m	Dicembre 2022	110 m ²	~3.200	-----	Valutazione di Impatto Ambientale

Prelievo delle talee e preparazione del sito ricevente

Talee di Posidonia portanti almeno tre fasci, prelevati dai fondali direttamente interferiti dalle azioni relative al completamento del Molo Foraneo del Porto dell'Arenella, saranno conservate in sacchi di juta e trasportate immerse in acqua a terra per le successive operazioni. Nel sito ricevente e su *matte* morta si procederà a predisporre l'area a ricevere l'impianto, avvitando i picchetti (cfr. Figura 10) alla *matte* morta (Figura 13).

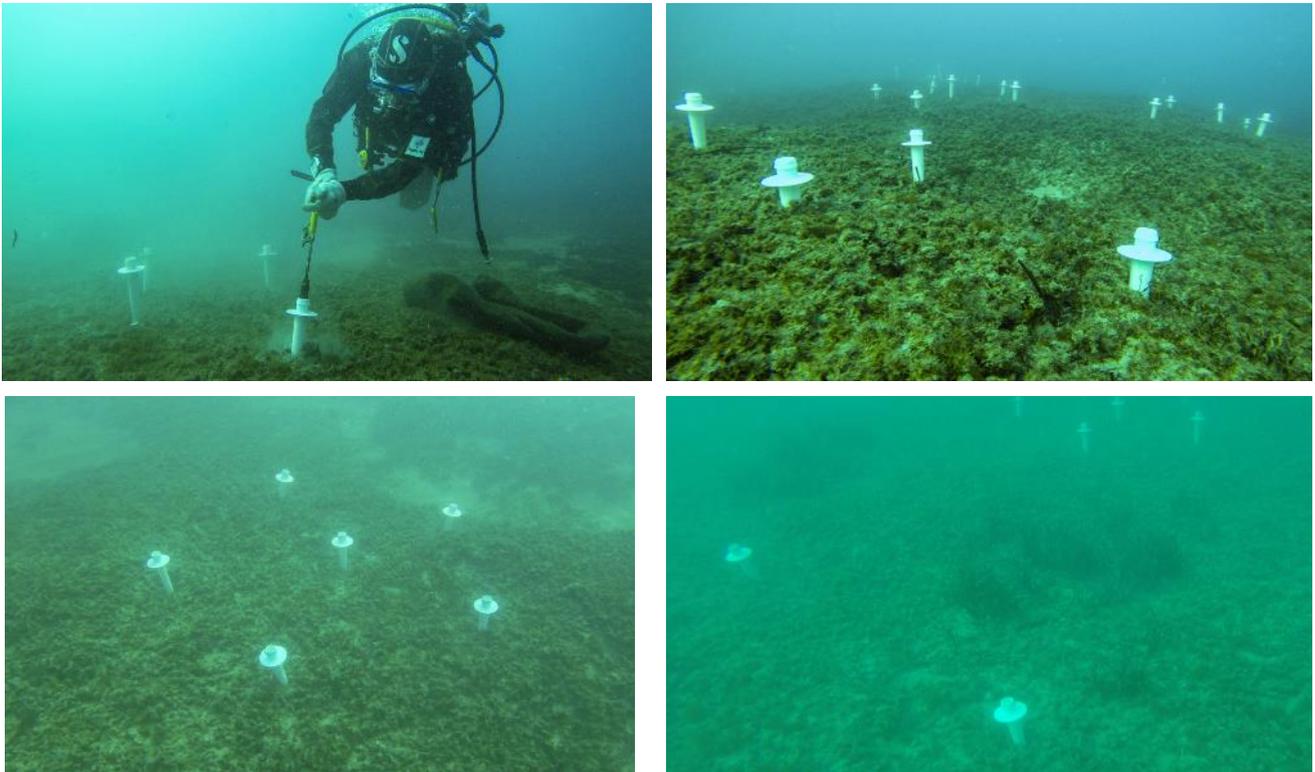


Figura 13 – Preparazione del campo di lavoro posizionando con l’ausilio di un avvitatore (foto in alto a sinistra) i paletti a *patch* che ospiteranno sei moduli di ancoraggio. La foto in basso a destra mostra i paletti avvitati in vicinanza di piccole colonie di Posidonia, che evidenziano una fase di ricolonizzazione naturale.

Preparazione e messa a dimora delle talee

In un campo base a terra le talee di Posidonia raccolte in precedenza saranno fissate mediante apposite fascette a strappo (cfr. Figura 10) ai braccetti del supporto biodegradabile, e i supporti completi saranno impilati per facilitare il trasporto e posti ordinatamente con un caricatore all’interno di contenitori in plastica contenuti acqua di mare (Figura 14). Per ogni modulo di ancoraggio saranno fissate 10 talee, per un totale di almeno 30 rizomi per modulo.



Figura 14 – Fissaggio delle talee ai braccetti e stazionamento a terra dei supporti completi in apposite vasche.

Prodotto un numero sufficiente di moduli di ancoraggio con talee/rizomi, si procederà al loro trasporto verso il sito di trapianto, dove saranno fissati attraverso il nodo centrale ai picchetti e, con l'uso di un avvitatore, saranno accostati al substrato (Figura 15).



Figura 15 – Trasporto e posizionamento dei moduli di ancoraggio al sito ricevente.

Nel complesso saranno posizionati su una superficie di circa 1.000 m² a *matte* morta 720 moduli di ancoraggio predisposti a patch di 6 moduli, per un totale complessivo di almeno 21.600 fasci di Posidonia, secondo lo schema riportato in Figura 16, che fa riferimento all'impianto realizzato nel golfo di Palermo (Località Bandita) nell'ambito del progetto PON03PE_00203_1 Marine Hazard.

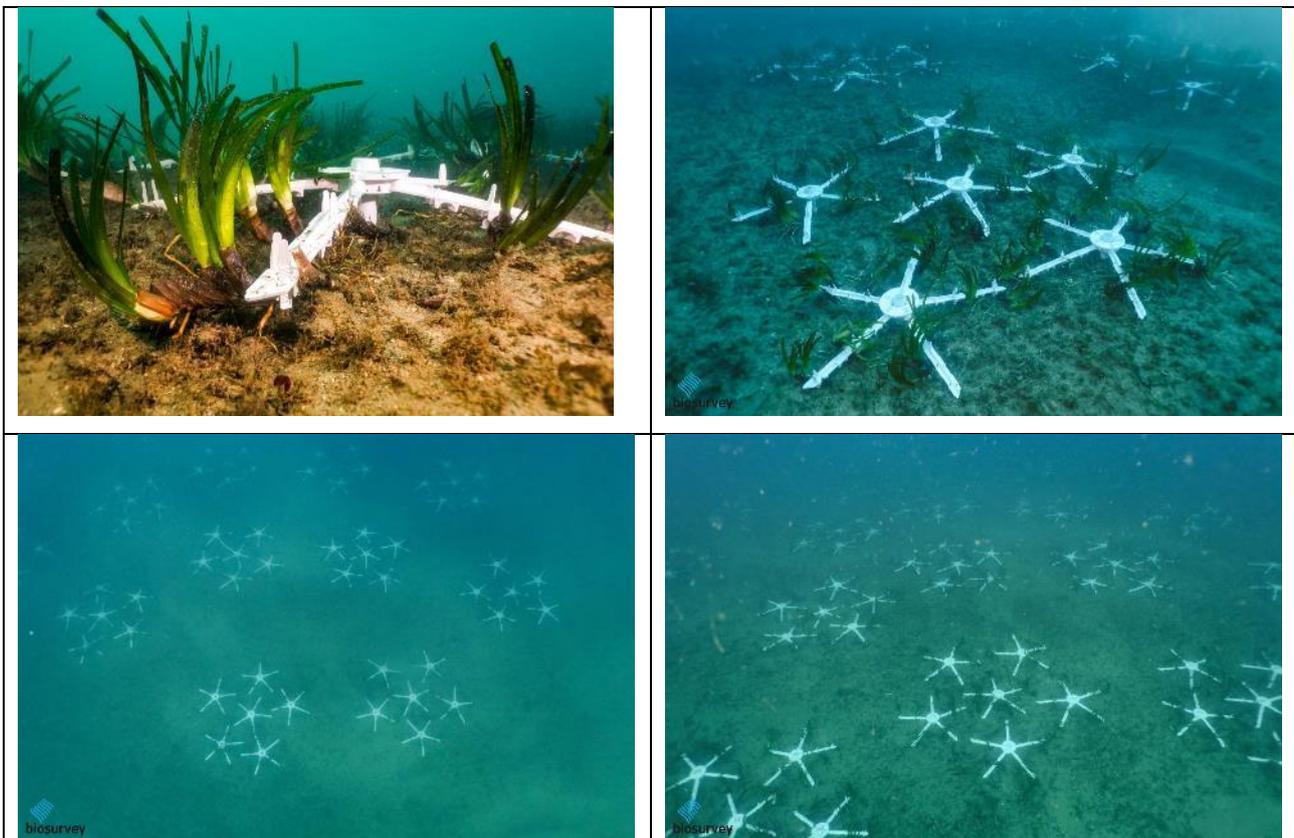


Figura 16 – Particolari dell’impianto di riforestazione in località Acqua del Corsari (Bandita) nell’ambito del progetto PON03PE_00203_1 Marine Hazard.

Completato il posizionamento dei supporti, saranno acquisite delle immagini attraverso un rilievo fotogrammetrico al fine di ottenere immagini ad altissima risoluzione dell’area trapiantata e sarà realizzata una ricostruzione 3D dei fondali, in accordo con le metodiche riportate in Rende *et al.* (2022).

I fotogrammi ottenuti dal rilievo fotogrammetrico saranno elaborati con apposito software, generando un mosaico fotografico che rappresenterà in dettaglio l’intervento di ripristino e consentirà di estrarre informazioni sulla evoluzione del trapianto, attraverso il confronto e la sovrapposizione di fotomosaici realizzati in momenti temporali differenti nel corso dell’attuazione del PMA.

PIANO DI MONITORAGGIO

Finalizzato alla esecuzione del Piano di Monitoraggio sarà predisposta etichettatura di un numero significativo di moduli di ancoraggio realizzando nel contempo il monitoraggio al tempo T0. In ognuno dei cinque braccetti del modulo di ancoraggio selezionato ed etichettato saranno valutate le seguenti variabili:

- ✓ Numero di apici fogliari integri (ER);
- ✓ Numero di apici fogliari erosi (IN);
- ✓ Lunghezza dei rizomi (LR);
- ✓ Numero fasci totali (FT);
- ✓ Lunghezza della foglia più lunga (LF).

Pertanto, per ogni modulo di ancoraggio monitorato saranno derivate le seguenti variabili:

- ✓ Numero totale di talee;
- ✓ Numero fasci per talea;
- ✓ Numero fasci totali;
- ✓ Numero fasci morti.

Stabilito il punto 0 del monitoraggio si suggerisce di effettuare le successive campagne di monitoraggio con cadenza trimestrale nel primo anno, semestrale nel secondo anno e annuale negli anni successivi per almeno 5 anni. Infatti, i programmi di monitoraggio a lungo termine rappresentano una soluzione ideale per valutare se un progetto di riforestazione ha effettivamente prodotto il processo di recupero desiderato, come raccomandato da diversi autori (Fonseca *et al.*, 1998; Cunha *et al.*, 2012; Pirrotta *et al.*, 2015; Calvo *et al.*, 2021a).

In particolare, recentemente Calvo *et al.* (2020) hanno riferito a proposito delle performance di trapianto che "*.... a good outcome in the early stages does not necessarily correspond to a real transplant success, and vice versa low initial performance does not necessarily compromise its positive result in the future*".

Nella scheda da campo di seguito riportata sono rappresentate ed organizzate le variabili che saranno oggetto del monitoraggio.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Addy C.E., 1947. Eelgrass planting guide. Maryland Conservationist, USA, 24: 16-17.
- Bacci T., La Porta B. (A cura di), 2021. Manual of techniques and procedures for the transplantation of *Posidonia oceanica*. LIFE SEPOSSO (LIFE 16 GIE/IT/000761), Rome. Bull, J.S., Reed, D.C., Holbrook, S.J., 2004. An experimental evaluation of different methods of restoring *Phyllospadix torreyi* (surfgrass). Restor. Ecol. 12, 70–79.
- Balestri E., Vallerini F., Lardicci C., 2011. Storm-generated fragments of the seagrass *Posidonia oceanica* from beach wrack – A potential source of transplants for restoration. Biological Conservation 144: 1644–1654.
- Balestri E., Piazzì L., Cinelli F., 1998. In vitro germination and seedling development of *Posidonia oceanica*. Aquatic Botany, 60: 83-93.
- Boudouresque, C.F., Bernard, G., Pergent, G., Shili, A., Verlaque, M., 2009. Regression of Mediterranean seagrasses caused by natural processes and anthropogenic disturbances and stress: a critical review. Botanica Marina, 52, 391-418.
- Calvo, S., Scannavino, A., Luzzu, F., Di Maida, G., Pirrotta, M., Orestano, C., Paredes, F., Montagnino, F.M., Tomasello, A., 2014. Tecnica di reimpianto mediante supporto biodegradabile. In: Bacci, T., La Porta, B., Maggi, C., Nonnis, O., Paganelli, D., Rende, S.F., Polifrone, M. (Eds.) “Conservazione e gestione della naturalità negli ecosistemi marino-costieri. Il trapianto delle praterie di *Posidonia oceanica*”. Manuali e Linee Guida n. 106/2014. ISPRA, Roma, pp. 47–51.
- Calvo S., Pirrotta M., Tomasello A., 2020. Letter to the editor regarding the article “Taking advantage of seagrass recovery potential to develop novel and effective meadow rehabilitation methods”, by Alagna *et al.*, published on Marine Pollution Bulletin. Marine Pollution Bulletin, 158 (2020) 111395.
- Calvo S., Calvo R., Luzzu F., Raimondi V., Assenzo M., Cassetti F.P., Tomasello A., 2021a. Performance assessment of *Posidonia oceanica* (L.) Delile restoration experiment on dead *matte* twelve years after planting - Structural and functional meadow features. Water 2021, 13, 724. <https://doi.org/10.3390/w13050724>
- Calvo S., Calvo R., Raimondi V., Assenzo M., Pipitone G., Tomasello A., 2021b. I supporti modulari biodegradabili. In: Bacci T., La Porta B. (a cura di). Manuale delle tecniche e delle procedure operative per il trapianto di *Posidonia oceanica*. LIFE SEPOSSO (LIFE 16 GIE/IT/000761), Roma, 58-70. https://lifeseposso.eu/?page_id=11157
- Campani, T., Casini, S., Caliani, I., Pretti, C., Fossi, M.C., 2020. Ecotoxicological investigation in three model species exposed to elutriates of marine sediments inoculated with bioplastics. Frontiers in Marine Science 17, <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00229>.
- Cinelli F., 1980. Le fanerogame marine: problemi di trapianto e di riforestazione. Memorie di Biologia Marina e di Oceanografia, Italia, Suppl. 10: 17-25.
- Cooper G., 1982. Transplantation de *Posidonia oceanica*. Protection des implants. Bulletin d'Ecologie, Fr., 13(1): 65-73.



biosurvey

- Cunha, A.H.; Marbà, N.N.; Van Katwijk, M.M.; Pickerell, C.; Henriques, M.; Bernard, G.; Ferreira, M.A.; Garcia, S.; Garmendia, J.M.; Manent, P. Changing Paradigms in Seagrass Restoration. *Restor. Ecol.* 2012, 20, 427–430.
- 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.
- Giaccone G., Calvo S., 1980. Restaurazione del manto vegetale mediante trapianto di *Posidonia oceanica* (Linneo) Delile. Risultati preliminari. *Memorie di Biologia Marina e di Oceanografia, Italia*, Suppl. 10:207-211.
- Fonseca, M. S., Kenworthy, W. J. and Thayer, G. W., 1998. Draft Guidelines for Mitigation and Restoration of Seagrass in the United States and Adjacent Waters. National Marine Fisheries Service, NOAA Coastal Ocean Program. Decision Analysis series No. 12, pp. 225.
- ISPRA, 2014. Conservazione e gestione della naturalità degli ambienti marino-costieri. Il trapianto delle praterie di *Posidonia oceanica*. Manuali e linee guida, n. 106, pp. 99. Cunha, A.H., Marbà, N., van Katwijk, M.M., Pickerell, C., Henriques, M. *et al.* 2012. Changing Paradigms in Seagrass Restoration. *Restoration Ecology*, 20, 427-430. Lord D.A., Paling E.I., Gordon D.M. 1999. Review of Australian rehabilitation and restoration programs. In: Butler AJ, Jernakoff P (Eds.), *Seagrass in Australia. Strategic review and development of an R & D plan*, Seagrass in Australia. Strategies Review and Development of an R & D plan, CSIRO Publishing, Collingwood Publishing, Vic, pp. 65-115.
- Marbà N., Duarte C.M., Alexandra A., Cabaço S., 2004. How do seagrasses grow and spread? A publication by the EU project Monitoring and Managing of European Seagrasses (M&MS) EVK3-CT-2000-00044, 11-18.
- Marbà N., Duarte C.M., 1998. Rhizome elongation and seagrass clonal growth. *Marine Ecology Progress Series*, 174, 1998, pp. 269-280
- Maiolino A., Monaca A., Oliveri A., Scannavino A., Luzzu F., Indelicato G., Calvo S., 2014. Protection of the cable landing: new techniques minimizing the environmental impact. In: International Cable Protection Committee (<http://www.iscpc.org/>). (a cura di): International Cable Protection Committee (<http://www.iscpc.org/>), 47th International Cable Protection Committee Plenary Meeting. vol. 47, p. 1-38, ICPC, Dubai, 18 - 20 marzo 2014. <https://www.iscpc.org/news/>
- Mateo, M.A., Cebrian, J., Dunton, K., Mutchler, T., 2006. Carbon flux in seagrass ecosystem. In: Larkum, A.W.D., Orth, R.J., Duarte, C.M. (Eds.), *Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation*. 7. Springer, pp. 159–192.
- Meinesz A., Molenaar H., Bellone E., Loques F., 1992. Vegetative reproduction in *Posidonia oceanica*. I. Effects of rhizome length and transplantation season in orthotropic shoots. *Marine Ecology* 13(2): 163-174.
- Meinesz A., Molenaar H., Caye G., 1993a. Transplantations de phanerogames marines en mediterranee. *Bolletino di oceanologia teorica ed applicata*, 11: 183-190.
- Meinesz, A., Caye, G., Loques, F., Molenaar, H., 1993b. Survival and growth of transplanted and natural seedlings of *Posidonia oceanica* Delile in a damaged coastal area. *Bot. Mar.* 36, 209–216.4
- 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, 221 pp.



biosurvey

- 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.
- Orth R.J., Marion S.R., Granger S., Traber M., 2008. Restoring Eelgrass (*Zostera marina*) from Seed: A Comparison of Planting Methods for Large-Scale Projects.
- Paling E. I., Van Keulen M., Wheeler K., Phillips J., 2001a. Mechanical seagrass transplantation in Western Australia. *Ecological Engineering* 16, 331-339.
- Paling E. I., Van Keulen M., Wheeler K., Phillips J., 2001b. Improving mechanical seagrass transplantation. *Ecological Engineering* 18, 107-113.
- Paling, E.I., van Keulen, M., Wheeler, K.D., Phillips, J., Dyhrberg, R., 2003. Influence of spacing on mechanically transplanted seagrass survival in a high wave energy regime. *Restor. Ecol.* 11, 56–61.
- Pergent P., Bazairi H., Bianchi C.N., Boudouresque C.F., Buia M.C., Calvo S., Clabaut P., Harmelin-Vivien M., Mateo M.A., Montefalcone M., Morri C., Orfanidis S., Pergent-Martini C., Semroud R., Serrano O., Thibaut T., Tomasello A., Verlaque M., 2014. Climate change and Mediterranean seagrass meadows: a synopsis for environmental managers. *Mediterranean Marine Science*, 15(2): 462-473.
- 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. *Medit. Mar. Sci.* 16 (3), 591–603.
- 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.
- Procaccini G., Piazzi L., 2001. Genetic polymorphism and transplantation success in the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*. *Restoration Ecology*, 9: 332–338.
- Rende S.F., Bosman A., Menna F., Lagudi A., Bruno F., Severino U., Montefalcone M., Irving A.D., Raimondi V., Calvo S., Pergent G., Pergent-Martini C., And Tomasello A., 2022. Assessing seagrass restoration actions through a micro-bathymetry survey approach (Italy, Mediterranean Sea). *Water* 2022, 14, 1285. <https://doi.org/10.3390/w14081285>
- Sanchez-Lizaso J.L., Fernandez-Torquemada Y., Gonzalez-Correa J.M., 2009. Evaluation of the viability of *Posidonia oceanica* transplants associated with a marina expansion. *Botanica Marina*, 52: 471-476.
- Shafer D.J., 2008. Giga Unit Transplant System: A New Mechanical Tool for Transplanting Submerged Aquatic Vegetation. [ERDC/TN SAV-08-2](#), U.S. Army Engineer Research and Development Center, Vicksburg, MS.
- Sintes T., Marbà N., Duarte C.M., 2006. Modeling Nonlinear Seagrass Clonal Growth: Assessing the Efficiency of Space Occupation across the Seagrass Flora. *Estuaries and Coasts*, 29(1): 72–80.
- Wear R. J., 2006. Recent advances in research into seagrass restoration. Prepared for the Coastal Protection Branch, Department for Environment and Heritage. *SARDI Aquatic Sciences Publication No. RD 04/0038-4. SARDI Aquatic Sciences, Adelaide.*