



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



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

Supporting Environmental governance for the POSidonia  
oceanica Sustainable transplanting Operations

LIFE16 GIE/IT/000761

## AZIONE A.3/B.2

Report di ulteriori casi studio  
relativamente all'attività di  
trapianto di *Posidonia oceanica*

31 marzo 2022



A cura di:

Tiziano Bacci (ISPRA – Coordinatore di Progetto)  
Sebastiano Calvo (Università di Palermo, DISTeM)  
Agostino Tomasello (Università di Palermo, DISTeM)  
Michele Scardi (Università degli studi di Roma “Tor Vergata”)  
Jacopo Giampaolletti (Università degli studi di Roma “Tor Vergata”)  
Fabio Bertasi (ISPRA)  
Barbara La Porta (ISPRA – Coordinatore di Progetto)

Hanno collaborato:

Vincenzo Raimondi (Università di Palermo), Mauro Assenzo (Università di Palermo), Luigi Maria Valiante (Università di Roma “Tor Vergata”), Enrico Cecchi (ARPAT), Luigi Piazzini (ARPAT), Francesco Sozzi (Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno Settentrionale)

Francesca Frau (AMP Capo Carbonara), Maria Francesca Cinti (AMP Capo Carbonara), Fabrizio Atzori (AMP Capo Carbonara), Valeria Masala (Comune di Villasimius), Stefano Acunto (ISSD) - Caso studio del trapianto di *Posidonia oceanica* nell’Area Marina Protetta Capo Carbonara (Villasimius - Sardegna).

## Citazione

AA. VV. Report di ulteriori casi studio relativamente all’attività di trapianto di *Posidonia oceanica*. Progetto LIFE SEPOSSO (Supporting Environmental governance for the POSidonia oceanica Sustainable transplanting Operations), LIFE16 GIE/IT/000761. Documento redatto con il contributo finanziario del Programma LIFE della Commissione Europea. Marzo 2022



## **ABSTRACT**

### **Action A.3/B.2 - Report of additional case studies on *Posidonia oceanica* transplantation**

Action A.3 "*Posidonia oceanica* transplanting: case studies analysis" and Action B.2 "Monitoring performance of existing *Posidonia oceanica* transplanting" of the LIFE SEPOSSO project aims at analyzing and sharing technical-scientific information, including also the performance data, related to *P. oceanica* transplant sites analyzed within the Project. This report describes some additional case studies of *P. oceanica* transplants analyzed in the Project, carried out in Sicily (Mondello-Palermo and Porto Grande di Syracuse), in Sardinia (Villasimius) and in Lazio (Capo Linaro - S. Marinella).

Analysis of the specific documentation for each study site was carried out, which made it possible to acquire: i) information relating to the context in which the transplantation activities were carried out; ii) information on the transplantation technique used; (iii) approach in which the explant and transplant operations were carried out (site selection, handling of cuttings, transplant surface, bathymetry, substrate, etc.), (iv) previous monitoring data of the transplant; v) site-specific issues that may have compromised the transplant. These information, acquired by office and field activities, were transferred to the whole partnership, allowing to feed the discussion on what has been achieved in the past and on how to approach the integrative monitoring on the transplant sites provided for in action B2 within the SEPOSSO project. Lastly, information of monitoring performed within the SEPOSSO project (Action B.2) were described in the current report.

In three sites (Mondello-Palermo, Porto Grande di Siracusa and Capo Linaro - S. Marinella ) the *P. oceanica* transplants were carried out as a measure to compensate for damage caused by coastal works and infrastructures, as indicated in the relevant Decrees of Environmental Impact Assessment (EIA). Differently in Villasimius site, in the Marine Protect Area of Capo Carbonara the transplant was carried out in a LIFE project, as a measure to restore some areas of the pre-existing meadow destroyed from mechanical damages.

With regard to the sites of Mondello-Palermo and Porto Grande of Syracuse, the biodegradable modules have been found to be effective as an anchoring system on dead mat and for the relative simplicity of assembly and installation, but rather exposed to direct damage, such as example the anchorages of pleasure boats.

In this regard, extensive damage to the transplant was detected in the SEPOSSO monitoring activities. Otherwise solid supports in reinforced concrete, tested in the same area of Mondello-Palermo, have demonstrated a greater effectiveness and resistance against the same mechanical impacts, due to mainly to anchorages, and show encouraging results in the short to medium term. At the transplant site of Capo Linaro-S. Marinella the anchoring systems used, such as carpets and mattresses, due to the strong hydrodynamism that characterizes the area and the existence of storm surges exceptional that affected the area shortly after the transplant intervention, were not found effective on the sandy bottoms of the receiving site, with the loss of all modules and related cuttings anchored to them. No integrative monitoring was carried out within the SEPOSSO project as the transplant was almost entirely destroyed shortly after its realization.

In Villasimius case study, the carpets used in the transplantation have proven to be effective both for use on dead matte and for the relative simplicity of assembly and implementation. The material chosen has proven to be highly stable and resistant to the strong hydrodynamism that characterizes the area. Data shows encouraging results in the short to medium term.

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

Case study (Site)	Context	Technique	Substrate/ Depth	Monitoring (Year)
Mondello-Palermo	E.I.A. (regional)	Biodegradable modules /reinforced concrete	Matte/6-7 m	6 years* (survey SEPOSSO in the fourth year)
Capo Linaro-S. Marinella	E.I.A. (national)	carpets/mattresses	Sand/5-10 m	3 years **
Porto Grande di Siracusa	E.I.A. (regional)	Biodegradable modules	Matte/ 6 m	5 years* (survey SEPOSSO in the third year)
Villasimius	LIFE Project	carpets	Matte/20 m	3 years* (survey SEPOSSO in the third year)

\*Monitoring in progress

\*\* interrupted (damaged transplant)

## Indice

Legenda abbreviazioni usate.....	3
Introduzione.....	4
1. Caso studio del trapianto di <i>Posidonia oceanica</i> nella baia di Mondello - Palermo (Sicilia).....	6
1.1. Contesto.....	6
1.2. Tecnica di trapianto.....	6
1.3. Attività di trapianto.....	7
1.4. Monitoraggio dei trapianti su supporti in bioplastica.....	8
1.5. Monitoraggio dei trapianti su supporti in cemento armato.....	14
1.6. Criticità rilevate.....	18
1.7. Attività di monitoraggio nell'ambito del LIFE SEPOSSO.....	18
2. Caso studio del trapianto di <i>Posidonia oceanica</i> nel Porto Grande di Siracusa (Sicilia).....	21
2.1. Contesto.....	21
2.2. Tecnica di trapianto.....	21
2.3. Attività di trapianto.....	22
2.4. Monitoraggio dei trapianti su supporti in bioplastica.....	24
2.5. Criticità rilevate.....	27
2.6. Attività di monitoraggio nell'ambito del LIFE SEPOSSO.....	28
3. Caso studio del trapianto di <i>Posidonia oceanica</i> nell'Area Marina Protetta Capo Carbonara (Villasimius, Sardegna).....	30
3.1. Contesto.....	30
3.2. Tecnica di trapianto.....	31
3.3. Attività di trapianto.....	32
3.4. Monitoraggio dei trapianti su geostuoie.....	33
3.5. Criticità sito specifiche.....	34
3.6. Attività di monitoraggio congiunta nell'ambito del LIFE SEPOSSO.....	35
4. Caso studio del trapianto di <i>Posidonia oceanica</i> nell'area antistante Capo Linaro (S. Marinella, Lazio).....	38
4.1. Contesto.....	38
4.2. Tecnica di trapianto.....	39
4.3. Attività di trapianto.....	39
4.4. Monitoraggio dei trapianti su materassi e geostuoie.....	41
4.5. Criticità rilevate.....	45
5. Conclusioni.....	47
6. Bibliografia.....	50

## Legenda abbreviazioni usate

ADSPMTS - Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno Settentrionale

ARPA - Agenzie Regionali e Provinciali per la Protezione dell'Ambiente

CSW - Catalog Service for the Web (servizio ricerca metadati secondo lo standard OGC)

DVA - Direzione Valutazione Ambientale del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare

EEA - Environmental European Agency (Agenzia Europea per l'Ambiente)

EIONET - European Environment Information and Observation Network (Rete Europea di Informazione e Osservazione Ambientale)

EPSG - EPSG Geodetic Parameter Dataset è una raccolta di definizioni di sistemi di riferimento coordinati e trasformazioni di coordinate che possono essere di applicazione globale, regionale, nazionale o locale

IIMM - Istituto Idrografico Marina Militare

ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e Ricerca Ambientale

MATTM - Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare

MSFD - Marine Strategy Framework Directive 2008/56/CE (Direttiva Strategia Marina)

OGC - Open Geospatial Consortium

PREI - Posidonia Rapid Evaluation Index

PTSI - Posidonia Transplanting Suitability Index

PWP - Posidonia Web Platform

RNDT - Repertorio Nazionale dei Dati Territoriali

WFD - Water Framework Directive 2000/60/CE (Direttiva Acque)

WCS - Web Coverage Services

WFS - Web Feature Services (servizio scaricamento dati secondo lo standard OGC)

WMS - Web Map Services (servizio visualizzazione dati secondo lo standard OGC)

VAS - Valutazione Ambientale Strategica

VIA - Valutazione di Impatto Ambientale

VINCA - Valutazione di INCidenza

## Introduzione

L'obiettivo del presente Report è fornire informazioni in merito a quattro progetti di trapianto di *Posidonia oceanica* avvenuti in Italia (Capo Linaro-S. Marinella, Mondello-Palermo, Porto Grande di Siracusa e Villasimius), , facenti parte dell'intera casistica analizzata nell'ambito del progetto LIFE SEPOSSO (AA.VV., 2019a; AA.VV., 2020a, AA.VV., 2021).

I quattro progetti di trapianto di *P. oceanica* sono stati realizzati con differenti finalità, sia come misure di compensazione nell'ambito di valutazioni ambientali sia come progetti di ricerca.

In generale, è importante sottolineare che, a prescindere dalle dimensioni dell'area trapiantata, dalla loro longevità e dalla tecnica utilizzata, analizzare trapianti diversi rappresenta la dimostrazione che tali attività sono in continua evoluzione e che l'acquisizione da dati diversi, su diverse scale spaziali e temporali, è in grado di fornire alla ricerca differenti risultanze da analizzare e considerare per la redazione di buone pratiche e per i trapianti futuri.

Per ognuno dei quattro casi di studio presentati, sono state reperite informazioni riguardo al contesto nel quale è avvenuto il trapianto, le tecniche utilizzate, le attività svolte nell'ambito del trapianto e del monitoraggio e i risultati del monitoraggio ottenuti prima dei sopralluoghi del progetto LIFE SEPOSSO.

Nei casi di studio di Mondello-Palermo, Porto Grande di Siracusa e Villasimius (Tabella 1, Figura 1), inoltre, sono riportati anche i risultati delle attività di monitoraggio realizzate nell'ambito del LIFE SEPOSSO, finalizzate all'acquisizione di informazioni integrative ai monitoraggio precedenti grazie all'applicazione del piano di monitoraggio sviluppato nel progetto LIFE SEPOSSO, condividendo con i partner di progetto e gli *stakeholders* coinvolti i risultati osservati sullo stato del trapianto e sulle eventuali criticità riscontrate.



**Figura 1** - Localizzazione dei siti di trapianto di *P. oceanica* analizzati

Tabella 1: Localizzazione dei siti di trapianto analizzati.

Caso-studio	Latitudine (WGS 84)	Longitudine (WGS 84)
Mondello-Palermo	38°12'16" N	13°19'46" E
Capo Linaro-S. Marinella	42°02'03" N	11°49'40" E
Porto Grande di Siracusa	37°02'21" N	15°17'29" E
Villasimius	42°45'26" N	10°21'20" E



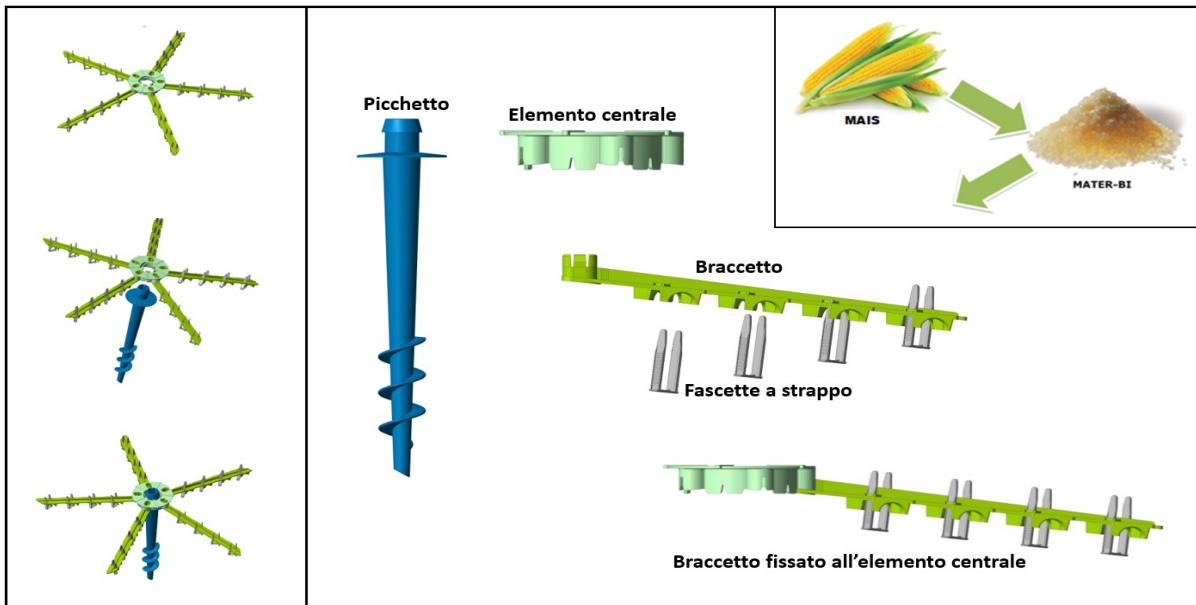
# 1. Caso studio del trapianto di *Posidonia oceanica* nella baia di Mondello - Palermo (Sicilia)

## 1.1. Contesto

Nell'ambito del giudizio di compatibilità ambientale DVA-DEC – 2012 – 0000739 del 20/12/2012, relativo al progetto denominato "Collegamento in corrente alternata a 220 Kw Italia–Malta – Tratto compreso tra la S.E. di Ragusa e il limite delle acque territoriali" presentato dalla Società Enemalta, il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, ha richiesto con la prescrizione n° A. 21, la realizzazione di un reimpianto con *Posidonia oceanica* la cui "superficie minima netta di reimpianto dovrà essere in rapporto di almeno 1:1 rispetto a quella che andrà ad essere distrutta dalle operazioni a mare del progetto". In tale contesto, al fine di ottemperare in maniera definitiva alla prescrizione A. 21, la società VDP s.r.l. in data 11 luglio 2014 ha affidato a Biosurvey s.r.l., Spin-off dell'Università di Palermo l'incarico relativo all'esecuzione di attività di espianto di *Posidonia oceanica* dal sito di Marina di Ragusa (Ragusa) e successiva realizzazione di un impianto di riforestazione con *Posidonia oceanica* di circa 50 m<sup>2</sup> da eseguirsi presso la baia di Mondello (Palermo).

## 1.2. Tecnica di trapianto

La tecnica utilizzata è stata quella del supporto modulare in biomateriale dotato di picchetto, di un nodo centrale, di elementi longitudinali disposti radialmente e sistemi a strappo di tenuta delle talee di *Posidonia oceanica* (Figura 2).



**Figura 2:** Sistema modulare di fissaggio di talee di *Posidonia* al fondale interamente in materiale bioplastico

### 1.3. Attività di trapianto

Il materiale vegetale espantato nel sito donatore è stato conservato in sacchi di juta e trasportato immerso in acqua immediatamente a terra per le successive operazioni. In ogni modulo di ancoraggio in materiale bioplastico sono state fissate 10 talee portanti almeno tre fasci. Pertanto, sono state trapiantate 480 talee e circa 1.440 fasci. L'impianto di riforestazione è stato realizzato da Biosurvey s.r.l. nella baia di Mondello (Figura 3) su *matte* morta e alla profondità di 6-7 m nel maggio del 2015. Nell'aprile del 2016 è stato realizzato nella stessa area un ulteriore impianto sperimentale formato da 10 moduli posizionati su supporti solidi in cemento armato.

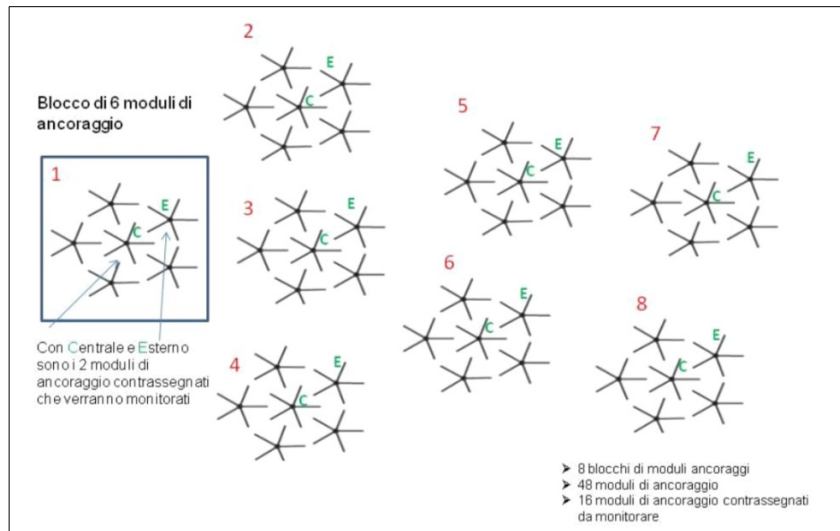


Figura 3: Baia di Mondello: sonogramma SSS nell'area interessata. La linea rossa delimita l'impianto

#### 1.4. Monitoraggio dei trapianti su supporti in bioplastica

L'attività di monitoraggio originaria commissionata dal committente prevedeva lo svolgimento nel quinquennio 2016 – 2020, con cadenza quadrimestrale nel primo anno, semestrale nel secondo anno e annuale nei rimanenti 3 anni. Ulteriori attività di monitoraggio sono state effettuate anche subito dopo il trapianto nel 2015 e continuano tutt'oggi su base volontaria della Biosurvey s.r.l.

In particolare, l'impianto è costituito da 8 blocchi di moduli, ciascuno formato da 6 moduli di ancoraggio per un totale di 48 moduli, vicini tra loro in modo da emulare una *patch*. In ognuno dei blocchi, sono stati individuati 2 moduli contrassegnati dalle lettere E (esterno) e C (centrale) per complessivi 16 moduli di ancoraggio (Figura 4) interessati dalle attività di monitoraggio.

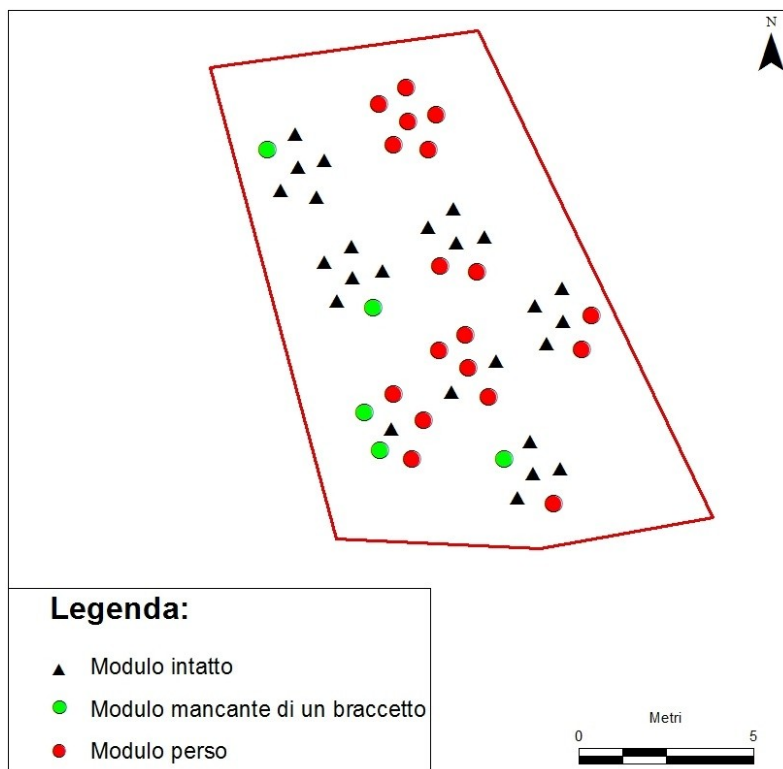


**Figura 4:** Indicazione dei blocchi e dei moduli interessati dalle attività di monitoraggio

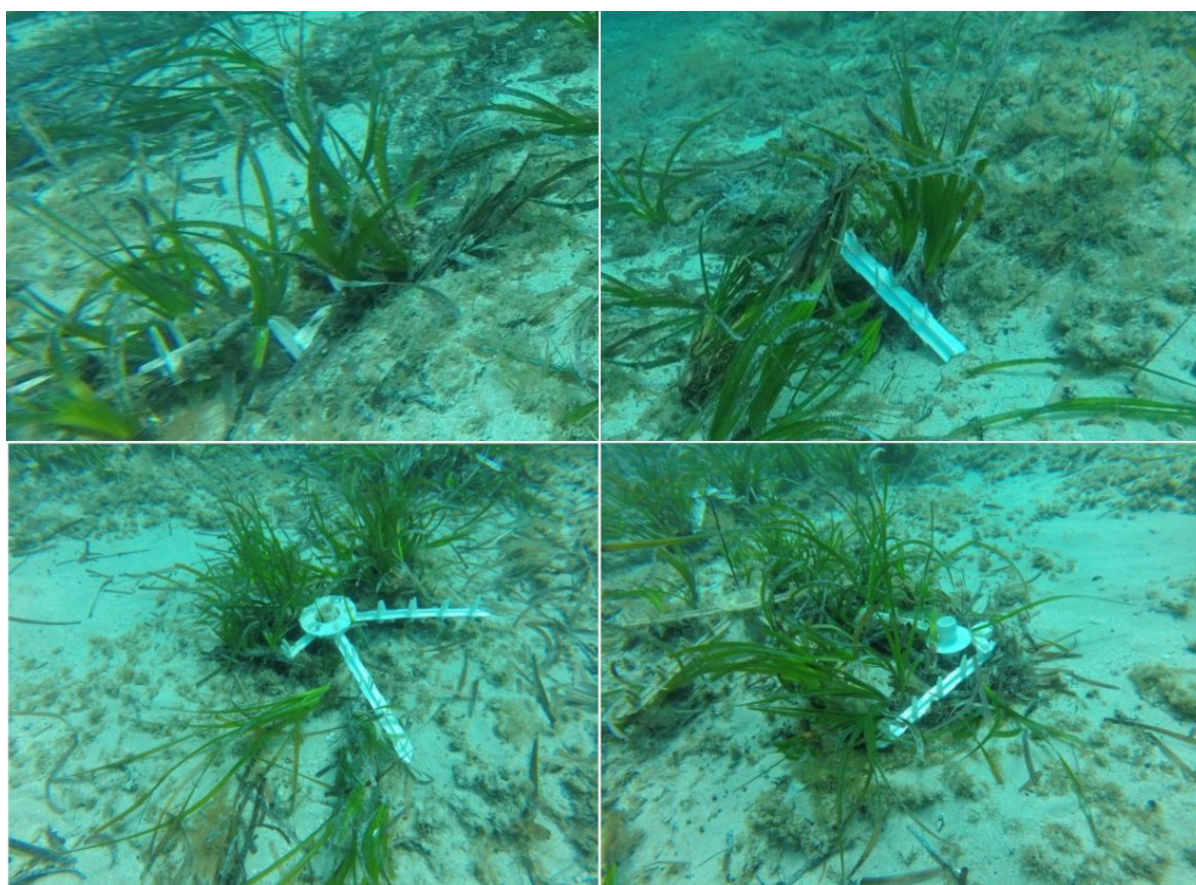
Sui moduli di ancoraggio opportunamente marcati sono state effettuate *in situ* le seguenti misure ed osservazioni:

- sopravvivenza (num. talee sopravvissute/ num. talee trapiantate, %), distacco (num. talee perse per distacco/num. talee trapiantate, %) e mortalità (num. talee morte sul supporto/num. talee trapiantate, %) delle talee;
- numero fasci (num. fasci per modulo / num. fasci trapiantati per modulo, %);
- attecchimento radicale (num. talee radicate/num. talee trapiantate, %);
- allungamento plagiotropo delle talee (dimensione rizomi plagiotropi, cm).
- altezza della prateria (dimensione foglia più lunga, cm);

la sopravvivenza, il distacco e la mortalità delle talee e il numero di fasci sono le medesime metriche presentate nell'ambito del Progetto LIFE SEPOSSO nello studio del sito di trapianto di Priolo Gargallo (AA.VV., 2020a). Le indagini *in situ* condotte a marzo 2016 hanno evidenziato, rispetto alle indagini condotte nel 2015 al momento del trapianto, la perdita di 18 moduli di ancoraggio dei 48 posizionati, dovuta soprattutto all'azione di ancoraggio di barche da diporto; altri 5 moduli sono risultati mancanti ognuno di un braccetto che appare spezzato per azione meccanica (trazione, strappo, etc.) (Figura 5, Figura 6).



**Figura 5:** Stato dei blocchi e dei moduli di ancoraggio a marzo 2016.

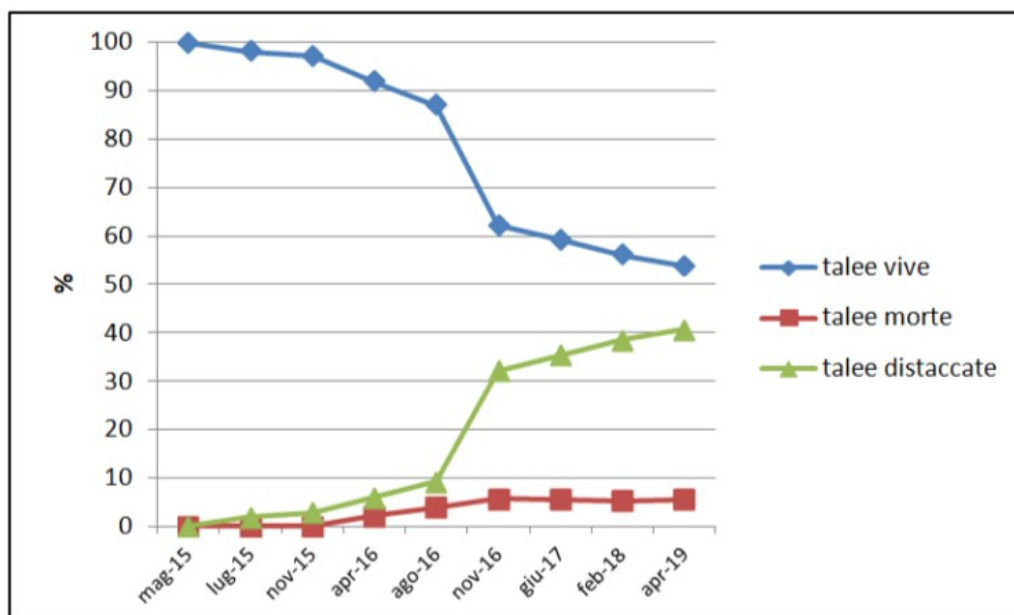


**Figura 6:** Braccetti del modulo di ancoraggio danneggiati da attività di pesca ed ancoraggio (Marzo 2016).

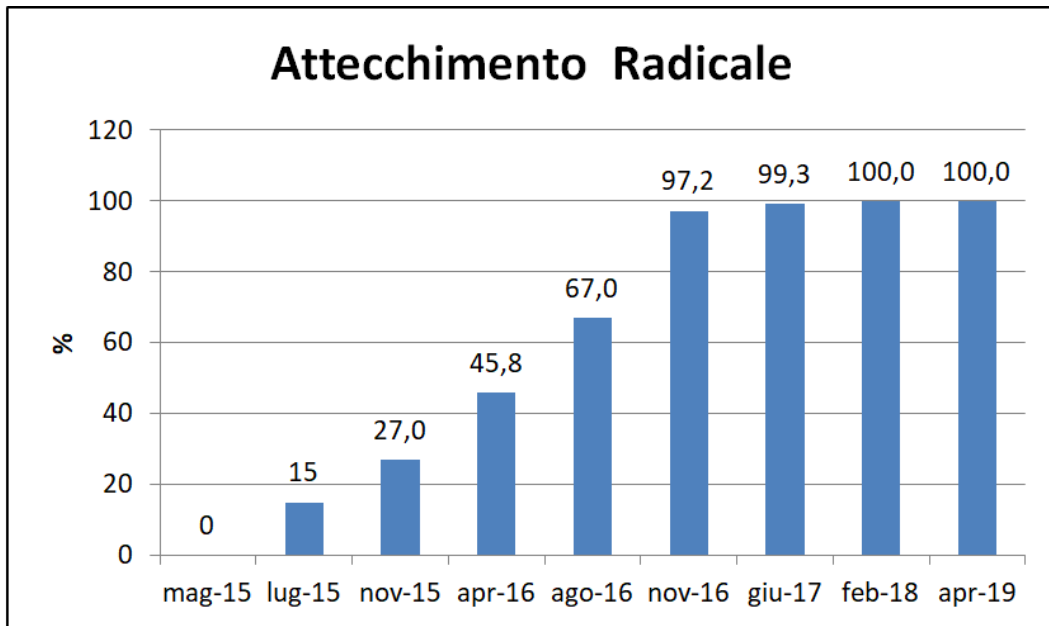
Pertanto, nella prima decade di aprile 2016 è stata effettuata un intervento riparatore nella baia di Mondello al fine di ripristinare l'impianto di riforestazione, provvedendo alla sostituzione dei moduli mancanti. In particolare, sono stati riposizionati 18 moduli di ancoraggio e nel complesso sono state utilizzate 180 talee per un totale di oltre 540 fasci.

In un'ottica di sostenibilità le talee impiantate sono state raccolte tra quelle già staccate dalla prateria naturale e depositate sul fondale prossimo all'impianto.

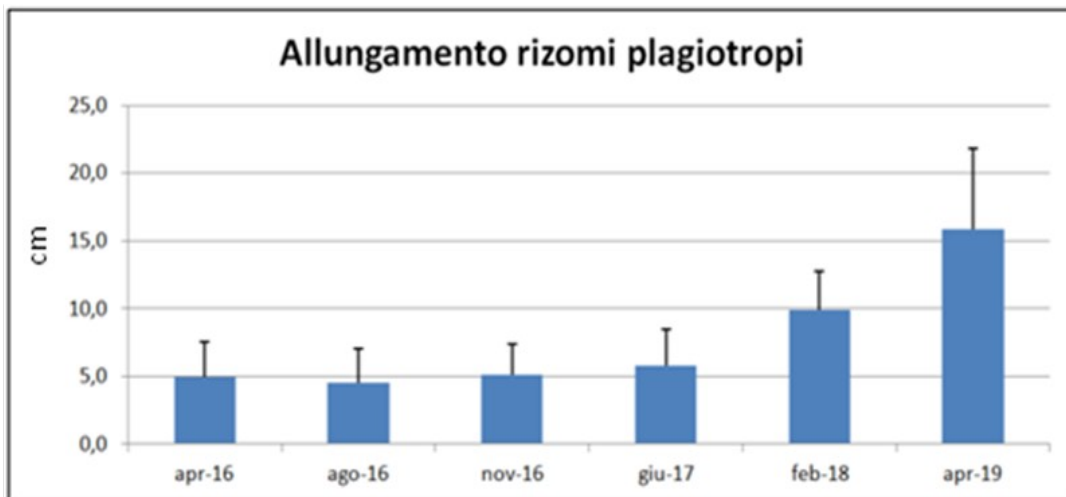
Di seguito vengono riportati alcuni risultati del monitoraggio effettuato relativi ad alcuni parametri (sopravvivenza, distacco e mortalità delle talee, attecchimento radicale, allungamento plagiotropo delle talee) prima delle attività eseguite nell'ambito del Progetto LIFE SEPOSSO. Dopo quasi 4 anni dal trapianto, i risultati indicano che – malgrado i danni ripetuti a carico dell'impianto – il 53,8% delle talee sono sopravvissute agli stress dovuti al taglio, alla manipolazione ed al reimpianto (Figura 7); nello stesso intervallo temporale i valori di mortalità si sono mantenuti stabili (5,4%) rispetto al periodo precedente, mentre le talee distaccate sono risultate pari al 40,8% (Figura 7). Le talee evidenziano una elevata percentuale di attecchimento e radicazione (97,2%) già a novembre del 2016 (Figura 8). Inoltre, in quattro anni i plagiotropi terminali hanno mostrato un allungamento medio di 11 cm, passando da  $4,9 \pm 2,6$  cm ad aprile 2016, a  $15,9 \pm 6,0$  cm ad aprile 2019 (Figura 9).



**Figura 7:** Andamenti nel tempo di sopravvivenza, distacco e mortalità delle talee su supporti in bioplastica.



**Figura 8:** Attecchimento radicale delle talee su supporti in bioplastica.



**Figura 9:** Allungamento dei rizomi plagiotropi ( $\pm$ D.S.) misurato in situ su supporti in bioplastica.



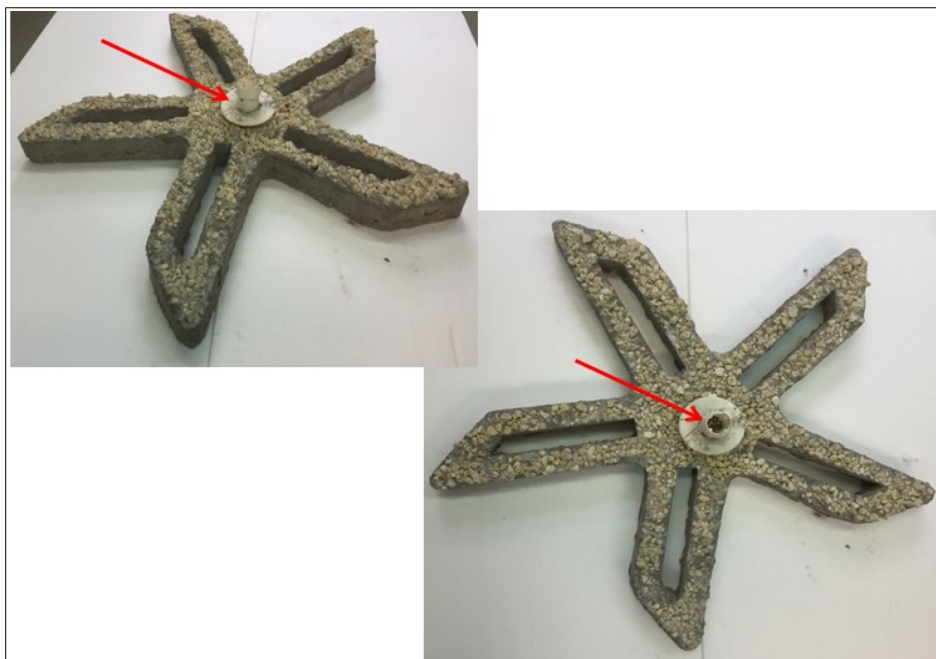
**Figura 10:** Baia di Mondello: particolari dell'impianto di riforestazione su *matte* morta all'inizio (foto in alto a sinistra) e nel 2019.



## 1.5. Monitoraggio dei trapianti su supporti in cemento armato

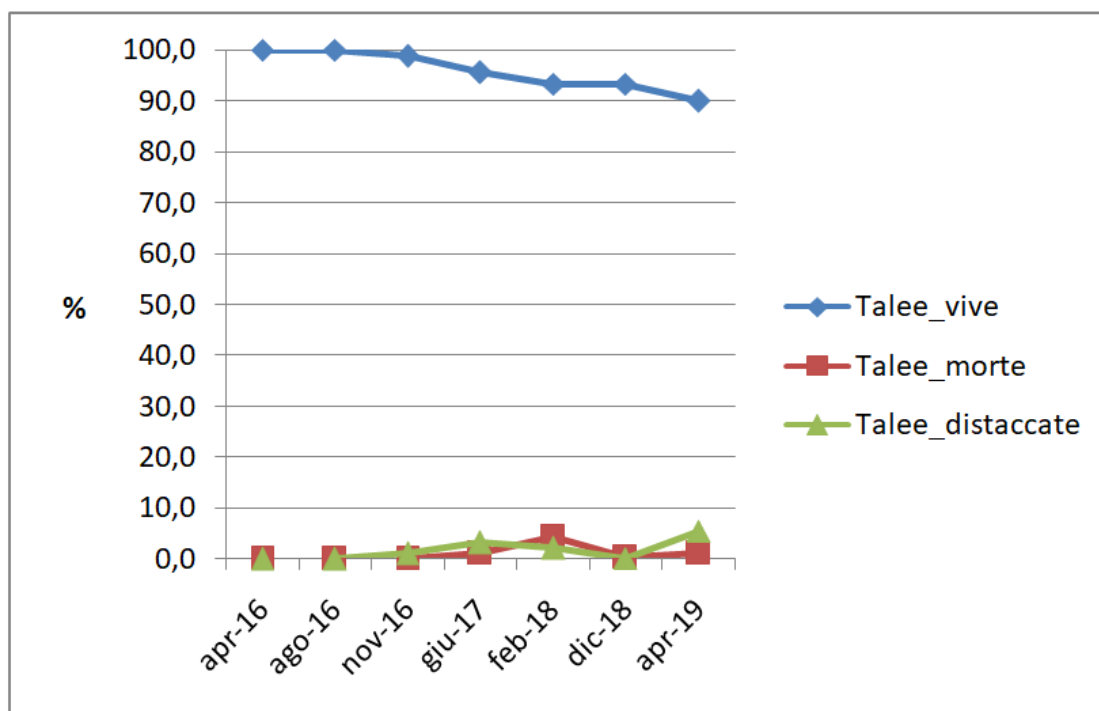
Nell'aprile del 2016, oltre a ripristinare l'impianto danneggiato da azioni meccaniche, fu realizzato in via sperimentale nella stessa area su *matte* morta e sabbia, un impianto formato da 10 moduli posizionati su supporti solidi in cemento armato - già testati con positivi risultati nell'ambito del progetto PONo1\_03112 – TETIDE nel SIN di Priolo (Tomasello *et al.*, 2019) - che emulavano la forma a stella del supporto biodegradabile (Figura 11).

Al fine di ridurre gli effetti delle azioni meccaniche sui fondali le talee furono ulteriormente fissate al supporto solido in cemento armato mediante fascette a strappo in plastica.



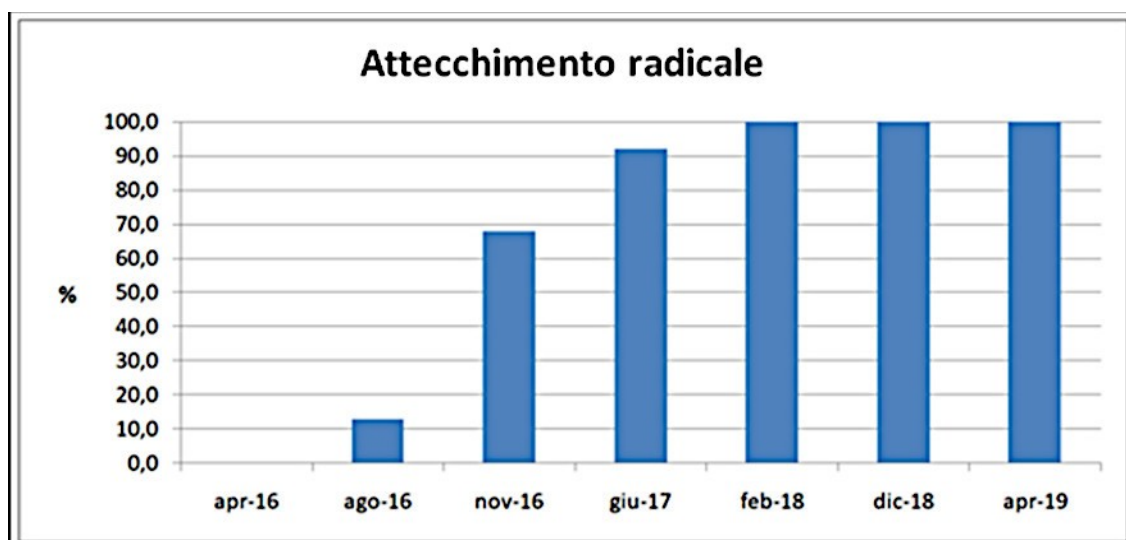
**Figura 11:** Supporto in cemento armato portante al centro la porzione finale del paletto (freccia rossa) e sul quale è stato impiantato il modulo in materiale biodegradabile.

Di seguito vengono riportati alcuni risultati del monitoraggio (sopravvivenza, distacco e mortalità delle talee, attecchimento radicale, allungamento plagiotropo delle talee) effettuato tra aprile 2016 e aprile 2019, prima delle attività eseguite nell'ambito del Progetto LIFE SEPOSSO. Dopo tre anni dal trapianto il 90% delle talee sono sopravvissute al trapianto (Figura 12); nello stesso intervallo temporale i valori di mortalità e distacco sono pari rispettivamente a 6,9% e 3,1%.



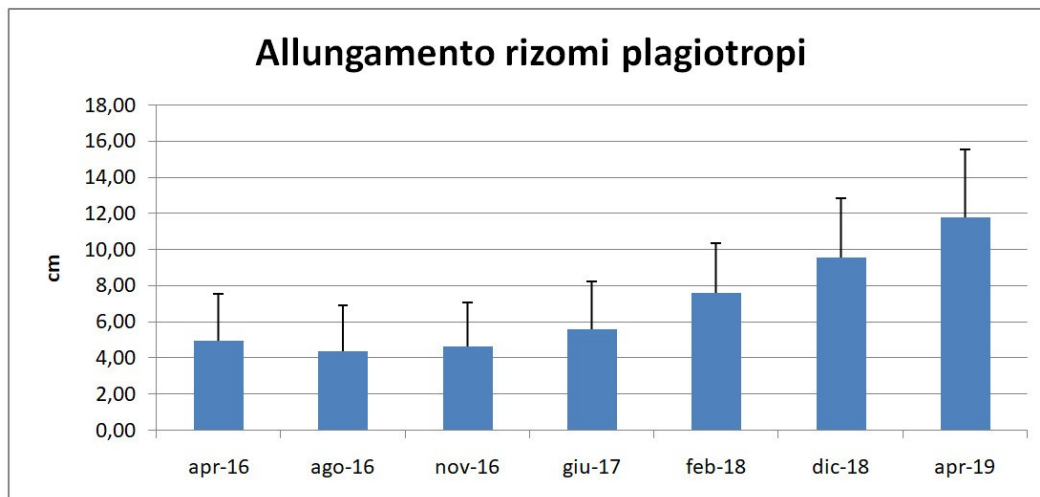
**Figura 12:** Andamenti nel tempo di sopravvivenza, distacco e mortalità delle talee impiantate su supporto in cemento armato.

Nel contempo le talee vive hanno attivato già ad agosto 2016 processi di radicazione su substrato duro, raggiungendo il 100% di attecchimento a febbraio 2018, dopo quasi 2 anni dall'intervento (Figura 13).



**Figura 13:** Attecchimento radicale. delle talee impiantate su supporto in cemento armato.

Infine, in tre anni i plagiotropi terminali hanno mostrato un allungamento di 6,6 cm, passando da  $4,9 \pm 2,6$  cm ad aprile 2016 a  $11,5 \pm 2,2$  cm ad aprile 2019 (Figura 14).



**Figura 14:** Allungamento medio dei rizomi plagiotropi ( $\pm$ D.S.) misurato in situ, su supporto in cemento armato.



**Figura 15:** Baia di Mondello: particolari dell'impianto di riforestazione su supporti in cemento armato su *matte* morta e sabbia all'inizio (foto in alto a sinistra) e in momenti successivi

## 1.6. Criticità rilevate

In tutte le campagne di monitoraggio sono stati rilevati danni all'impianto di riforestazione. In particolare, i danni e le rotture dei moduli di ancoraggio (cfr foto) evidenziano un significativo livello di pressione antropica dovuta a stress meccanici, probabilmente da ricondurre ad attività di ancoraggio di natanti - soprattutto durante il periodo estivo - e pesca artigianale, effettuate con reti da posta, nasse e bolentino, malgrado lo specchio acqueo interessato all'intervento di riforestazione sia stato interdetto all'ancoraggio e alla pesca con ordinanza 121/2015 del 18 dicembre 2015 della Capitaneria di Porto di Palermo.

Particolare attenzione dovrebbe essere prestata nella sorveglianza degli impianti di riforestazione da parte degli organi preposti alle azioni di controllo e repressione delle attività nautiche e di pesca illegale.

## 1.7. Attività di monitoraggio nell'ambito del LIFE SEPOSSO



Figura 16: Attività di monitoraggio nell'ambito del LIFE SEPOSSO

L'attività di monitoraggio è stata effettuata il 20 maggio 2019, con la partecipazione di subacquei afferenti a ISPRA, ARPAT, Università "Tor Vergata", AdSP Mar Tirreno Settentrionale e Università di Palermo. Nell'ambito di queste attività è stato effettuato un *briefing* pre-immersione coordinato dall'Università di Palermo, esecutrice del trapianto e del monitoraggio tutt'ora in corso.

Preso atto della parziale perdita dei supporti di ancoraggio in materiale bioplastico e considerata l'area ridotta di indagine, si è proceduto al monitoraggio di tutti i supporti superstiti dell'impianto di riforestazione, al fine di acquisire dati supplementari a quelli già previsti dal piano di monitoraggio originario. Inoltre il monitoraggio realizzato nell'ambito del LIFE SEPOSSO ha interessato anche l'intero impianto sperimentale realizzato su supporti solidi in cemento armato (monitoraggio su tutti i moduli come nel monitoraggio pregresso).

Su entrambe le tipologie di ancoraggio (supporti in materiale bioplastico, supporti solidi in cemento armato) sono state effettuate *in situ* misure e osservazioni in continuità con il monitoraggio pregresso. Su ciascun modulo è stato possibile acquisire informazioni relative alla sopravvivenza, distacco e mortalità delle talee, numero di fasci, attecchimento radicale e accrescimento dei rizomi plagiotropi.

Le informazioni acquisite, anche di tipo video-fotografico, sono state funzionali all'analisi del caso studio nell'ambito di un *briefing* post-immersione.

L'impianto realizzato mediante gli ancoraggi in materiale bioplastico risulta essere costituito al momento del monitoraggio da 19 moduli, che rappresentano il 39,6 % del numero totale dei moduli originari (48 unità). Relativamente ai moduli superstiti i risultati indicano un numero medio di talee sopravvissute per modulo pari a 35,9 %, un numero medio di talee distaccate per modulo pari a 63,1 % e un numero medio di talee morte per modulo pari a 0,9 %. Il valore medio della lunghezza dei fasci plagiotropi è risultata  $12,6 \pm 4,4$  cm mentre l'attecchimento radicale è risultato pari al 100%. Considerando solamente i moduli superstiti, il valore medio di fasci per modulo è risultato pari a  $46,3 \pm 19,6$  pari al 145,4 % rispetto a quelli trapiantati. Se si considerano invece tutti i moduli del trapianto originario, comprensivi di tutti i moduli distrutti (totale 48 moduli), il valore percentuale del numero di fasci per modulo rispetto a quelli trapiantati è ovviamente minore e risulta essere pari al 51,7%, valore confrontabile con altri trapianti effettuati con la medesima tecnica e substrato (*matte*) nel breve medio periodo (AA.VV., 2020a). Complessivamente si evidenziano perdite ingenti all'impianto realizzato mediante gli ancoraggi in materiale bioplastico per la distruzione di numerosi moduli. I moduli rimanenti presentano anch'essi danni significativi e superiori a quanto stimato precedentemente dal monitoraggio

originario, evidenziando un più elevato numero di talee distaccate. I dati acquisiti sembrano confermare invece i valori estremamente bassi di talee morte, oramai quasi inesistenti e l'attecchimento e la radicazione di tutte le talee superstiti. Inoltre i dati confermano quanto già evidenziato riguardo alla crescita dei rizomi plagiotropi e mostrano la formazione di nuovi fasci delle talee superstiti.

.L'impianto realizzato mediante i sostegni solidi in cemento armato risulta essere costituito al momento del monitoraggio da 9 moduli, che rappresentano il 90% del numero totale dei moduli originari (10 unità). Relativamente ai moduli superstiti i risultati indicano un numero medio di talee sopravvissute per modulo pari al 90 %, un numero medio di talee distaccate per modulo pari a 8,9 % e un numero medio di talee morte per modulo pari a 1,1 %. Il valore medio della lunghezza dei fasci plagiotropi è risultata  $11,5 \pm 3,2$  cm mentre l'attecchimento radicale è risultato pari al 100% .

Il valore medio di fasci per modulo, comprensivo anche del modulo perso, è risultato pari a  $47,6 \pm 20,5$  pari al 158,7 % rispetto a quelli trapiantati.

Complessivamente l'impianto realizzato mediante i sostegni solidi in cemento armato risulta essere pressoché integro. I dati confermano quanto già evidenziato dal monitoraggio pregresso, con una perdita di talee estremamente bassa e una crescita delle stesse nel tempo.

## 2. Caso studio del trapianto di *Posidonia oceanica* nel Porto Grande di Siracusa (Sicilia)

### 2.1. Contesto

Nel quadro dell'intervento realizzato nel comune di Siracusa denominato "SR188 A – Siracusa (SR), stralcio esecutivo *"Lavori di ripristino e consolidamento della falesia"*, e nell'ambito del progetto generale *"Lavori di ripristino e consolidamento della falesia compresa tra punta Carrozza e Punta Castelluccio"*, l'Ufficio del Commissario Straordinario delegato per la realizzazione degli interventi per la mitigazione del rischio idrogeologico nella Regione Sicilia previsti nell'Accordo di Programma siglato il 30.03.2010, ex DCPM 10 Dicembre 2010, con nota prot. n. 3707 del 30.07.2014, ha affidato a Biosurvey S.r.l., Spin-off accademico dell'Università degli Studi di Palermo, l'incarico per l'espletamento delle attività di compensazione relative al reimpianto di 250 m<sup>2</sup> di *Posidonia oceanica* e del relativo monitoraggio.

In particolare, il D.D.G. dell'ARTA n. 489 del 26.09.2012, autorizzativo dell'intervento di *"Ripristino e consolidamento della falesia compresa tra punta Carrozza e Punta Castelluccio"*, prevede *"idonee misure di conservazione nell'area marina interessata dagli impatti generati dalla realizzazione dell'intervento...anche attraverso interventi di recupero e, compatibilmente con la tipologia dei fondali limitrofi all'area di intervento, attraverso il trapianto di Posidonia oceanica"*.

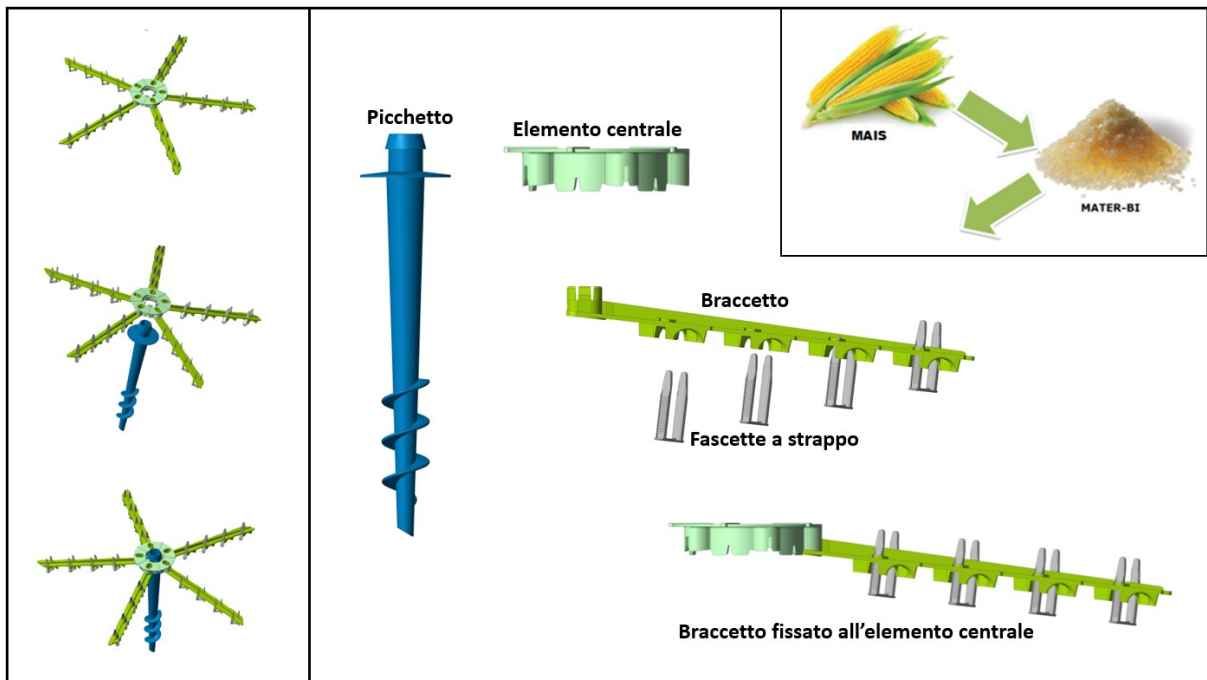
Inoltre, la nota n. 18407 del 21.03.2016 del Servizio 1 VIA-VAS dell'ARTA *"Esito riunione del 09/03/2016 per il reimpianto Posidonia oceanica prevista dal D.D.G. n. 489 del 26.09.2012"* prescrive che *"il trapianto di Posidonia oceanica dovrà essere realizzato, così come previsto dal D.D.G. n. 489, nell'area marina interessata dagli impatti generati dalla realizzazione dell'intervento"*.

Tenuto conto che l'area potenzialmente individuata per ospitare l'impianto di riforestazione si trova su *matte* morta a 6 m di profondità al di sotto del limite inferiore della prateria (Figura 4), si rileva che la suddetta nota viene riportato: *"considerate le non facile condizioni fisiche dell'area marina individuata nei pressi di P.ta Carrozza e di P.ta Castelluccio (SR), il trapianto di Posidonia oceanica, la cui estensione sarà di 250 mq, assumerà un carattere sperimentale"*.

### 2.2. Tecnica di trapianto

La tecnica utilizzata è stata quella del supporto modulare in biomateriale dotato di picchetto, di un nodo centrale, di elementi longitudinali disposti radialmente e sistemi a strappo di tenuta delle talee di *Posidonia oceanica* (Figura 17).





**Figura 17:** Sistema modulare di fissaggio di talee di *Posidonia* al fondale interamente in materiale bioplastico.

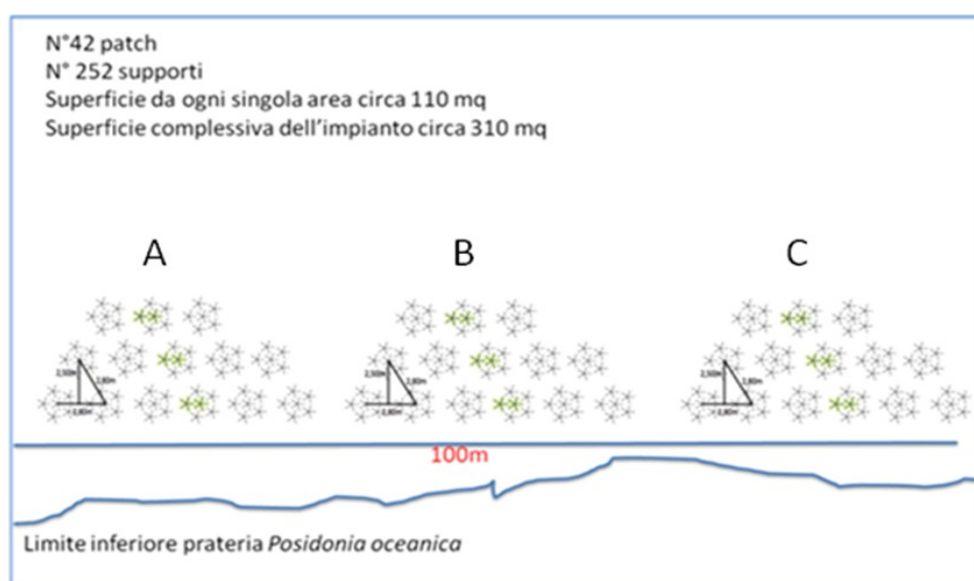
### 2.3. Attività di trapianto

Il materiale vegetale espantato nel sito donatore è stato conservato in sacchi di juta e trasportato immerso in acqua immediatamente a terra per le successive operazioni. In ogni modulo di ancoraggio in materiale bioplastico sono state fissate 10 talee portanti almeno tre fasci. Al fine di emulare il meccanismo di colonizzazione di *Posidonia* ed il mantenimento a regime della prateria in condizioni naturali, i supporti di ancoraggio sono stati ordinati in blocchi formati da 6 sistemi di ancoraggio, vicini tra loro a formare una *patch*, contenente 60 talee e circa 180 fasci (Figura 18).



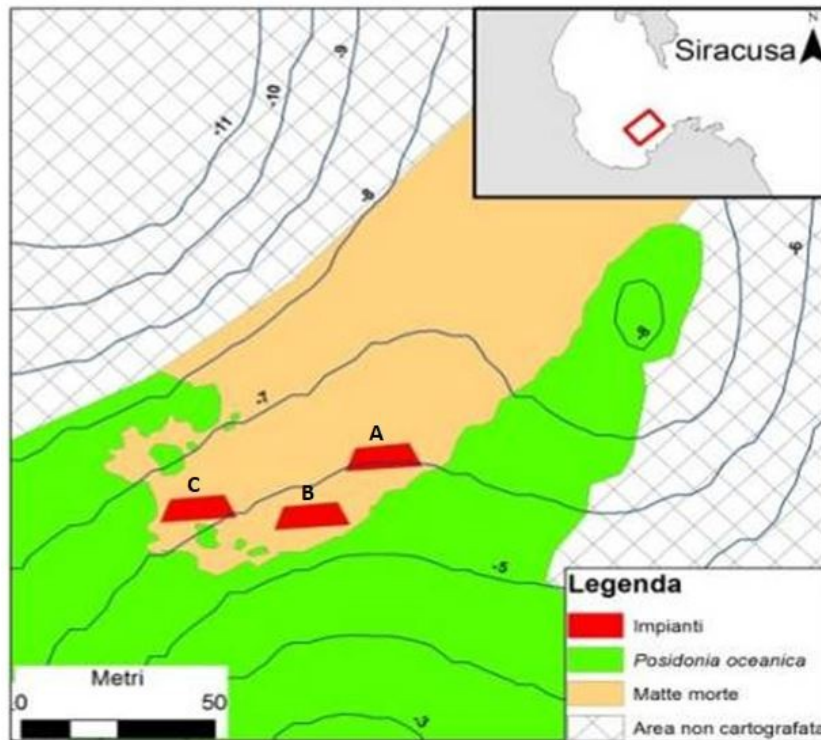
**Figura 18:** Disposizione di 6 moduli di ancoraggio che emulano una patch di *Posidonia* (giugno 2016).

Le *patch* sono state organizzate in tre aree secondo lo schema presentato in Figura 19.



**Figura 19:** Disposizione spaziale in tre aree (A, B, C) delle patch formate ognuna da 6 moduli in ancoraggio. I moduli marcati per le attività di monitoraggio sono evidenziati in verde (18 moduli totali)

Sono stati complessivamente posizionati 252 moduli di ancoraggio e impiantate 2.520 talee e circa 7.500 fasci su una superficie complessiva di circa 310 m<sup>2</sup>. In Figura 20 si riporta la distribuzione dell'impianto di riforestazione tra P.ta Carrozza e P.ta del Pero (SR) ottenuta a seguito dell'elaborazione dei rilievi SSS realizzati *subito dopo* la realizzazione dell'impianto.



**Figura 20:** Localizzazione degli impianti di riforestazione in località Castelluccio nel Porto Grande di Siracusa.

## 2.4. Monitoraggio dei trapianti su supporti in bioplastica

Il trapianto è stato realizzato a giugno 2016. L'attività di monitoraggio originaria commissionata dal committente prevedeva lo svolgimento nel quinquennio 2016-2021, con cadenza quadrimestrale nel primo anno, semestrale nel secondo anno e annuale nei rimanenti 3 anni. Ulteriori attività di monitoraggio del trapianto continuano tutt'oggi su base volontaria della Biosurvey s.r.l.

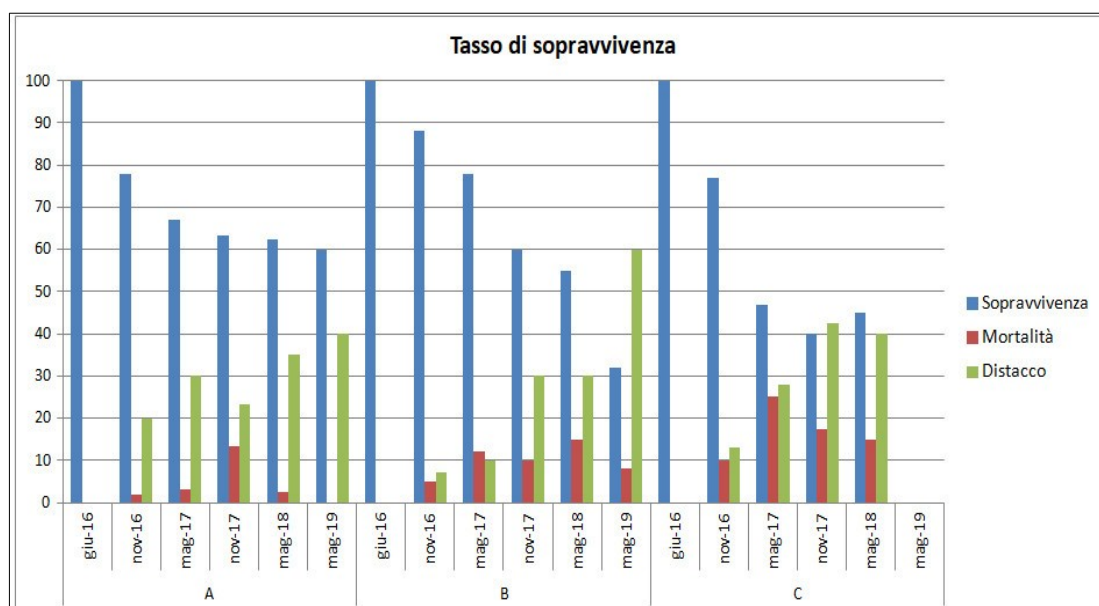
Sull'impianto di riforestazione con *P. oceanica* sono state effettuate *in situ* le seguenti misure ed osservazioni in moduli di ancoraggio opportunamente marcati (Figura 19):

- sopravvivenza (num. talee sopravvissute/ num. talee trapiantate, %), distacco (num. talee perse per distacco/num. talee trapiantate, %) e mortalità (num. talee morte sul supporto/num. talee trapiantate, %) delle talee;
- numero fasci (num. fasci per modulo / num. fasci trapiantati per modulo, %);
- attecchimento radicale (num. talee radicate/num. talee trapiantate, %);
- allungamento plagiotropo delle talee (dimensione rizomi plagiotropi, cm).
- altezza della prateria (dimensione foglia più lunga, cm);

la sopravvivenza, il distacco e la mortalità delle talee e il numero di fasci sono le medesime metriche presentate nell'ambito del Progetto LIFE SEPOSSO nello studio del sito di trapianto di Priolo Gargallo (AA.VV., 2020a).

Infine, il monitoraggio prevedeva due rilievi cartografici di dettaglio mediante sistemi acustici ad alta risoluzione. Il primo rilievo è stato realizzato subito dopo il trapianto per fissare il punto iniziale, mentre il secondo dopo 5 anni per valutare i risultati dell'intervento di riforestazione, anche in termini di ricoprimento dell'area colonizzata.

Di seguito vengono riportati alcuni risultati del monitoraggio (sopravvivenza, distacco e mortalità delle talee, attecchimento radicale, allungamento plagiotropo delle talee) effettuato tra giugno 2016 e maggio 2019, prima delle attività eseguite nell'ambito del Progetto LIFE SEPOSSO. A distanza di 36 mesi dal trapianto (Figura 21) è stato possibile rilevare che nel terzo anno di monitoraggio mediamente il 46% (60% nell'area A e 32% nell'area B) delle talee sono sopravvissute agli stress dovuti al taglio, alla manipolazione ed al reimpianto, con valori medi tra le tre aree di mortalità e distacco rispettivamente del 4% e del 50%. Nell'area C non è stato possibile nel 2019 effettuare le misure a causa della scomparsa di tutti i moduli campione oggetto del monitoraggio dell'impianto per danni dovuti ad attività antropiche (cfr. Figura 22).



**Figura 21:** Andamento temporale della sopravvivenza, mortalità e distacco delle talee nelle tre aree trapiantate.

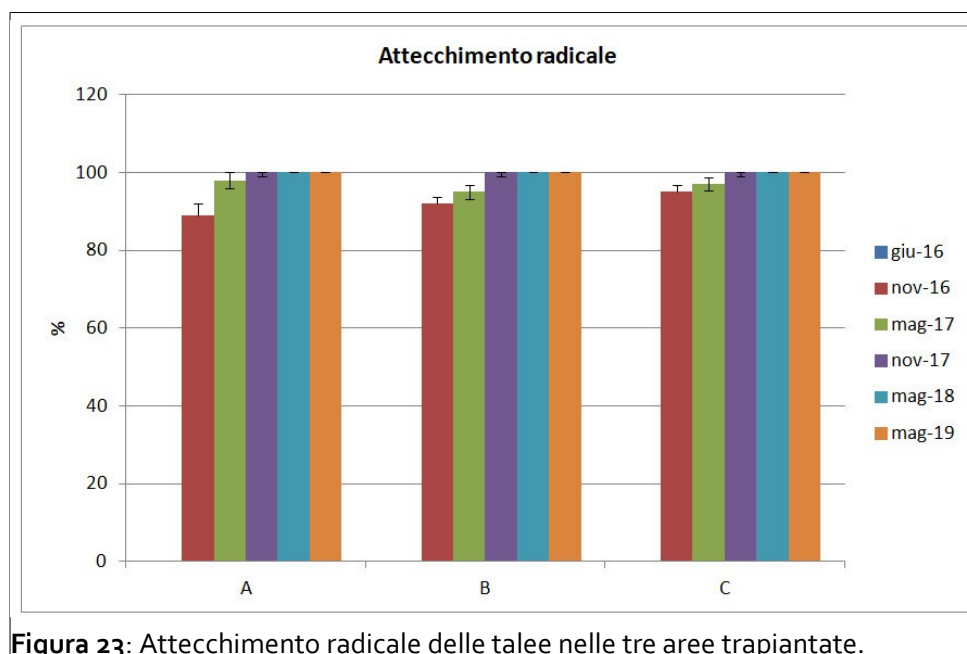
Il distacco delle talee è principalmente determinato dalla rottura di braccetti del modulo di ancoraggio, dovuto a stress meccanico di natura antropica (ancoraggio e principalmente attrezzi

legati alla piccola pesca). Tali rotture sono state osservate in modo più evidente già a maggio 2017 soprattutto nell'area C (cfr. foto), prossima ad un impianto di mitilicoltura. Si osserva comunque che una parte delle talee fissate ai braccetti spezzati del modulo di ancoraggio hanno comunque attecchito e radicato in prossimità dell'impianto (Figura 22).



**Figura 22:** Braccetto del modulo di ancoraggio spezzato con talee che hanno attecchito e radicato.

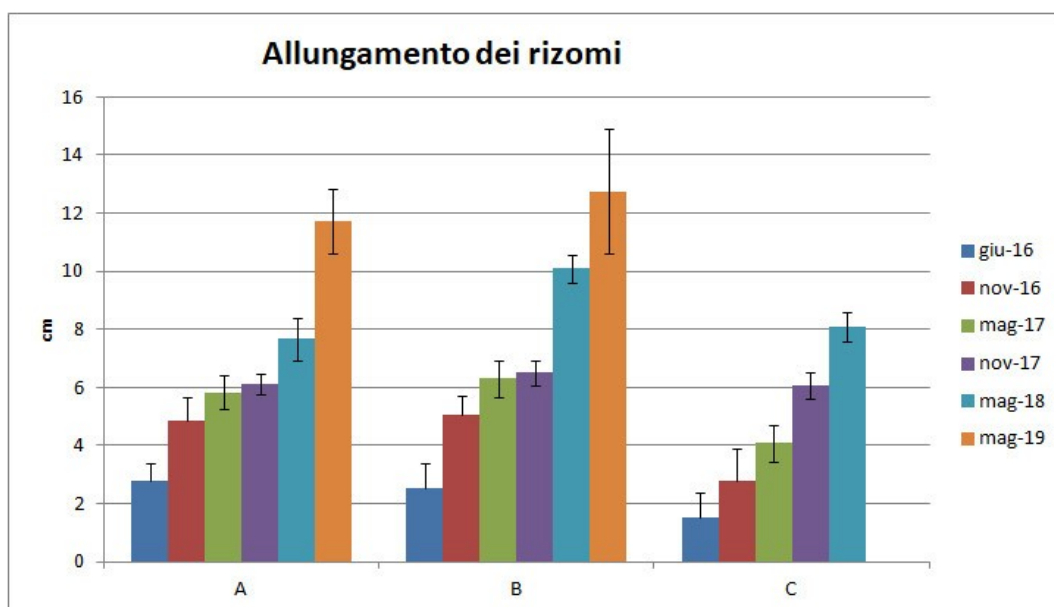
Dopo 12 mesi dall'impianto è stato analizzato, come previsto, un attecchimento radicale del 100% delle talee presenti in tutte e tre le aree (Figura 23).



**Figura 23:** Attecchimento radicale delle talee nelle tre aree trapiantate.

È stato stimato l'allungamento dei rizomi nella prateria trapiantata, attraverso la misura in campo delle talee fissate al modulo di ancoraggio biodegradabile. I risultati evidenziano una significativa

crescita dei rizomi soprattutto in tutte e tre le aree con valori compresi a maggio 2019 tra 12,8 cm nell'area A e 11,7 cm nell'area B (Figura 24). Il dato, in crescita costante in tutte le aree, attesta dopo 36 mesi dal trapianto il recupero della talee attecchite.



**Figura 24:** Allungamento medio dei rizomi plagiotropi ( $\pm$ D.S.) misurato in situ nelle tre aree trapiantate.

## 2.5. Criticità rilevate

Nell'area C, si rilevano pesanti e significativi stress meccanici da aratura sull'impianto, causati probabilmente ad ancoraggi di piccole imbarcazioni da diporto e/o all'azione sul fondo di attrezzi in dotazione alla piccola pesca anche da diporto e, non ultimo, all'impatto dovuto all'allargamento del vicino impianto di mitilicoltura.

Sulla base delle esperienze di riforestazione realizzate in Sicilia il successo del trapianto di fanerogame marine si caratterizza per un ridotto livello di mortalità (< 10%) ma nel contempo da un elevato tasso di distacco legato soprattutto alla concomitante azione nell'impianto di specifiche pressioni antropiche legate prevalentemente al diporto ed alle attività legate alla pesca sia artigianale che sportiva.

Particolare attenzione dovrebbe essere prestata nella sorveglianza degli impianti di riforestazione da parte degli organi preposti alle azioni di controllo e repressione delle attività nautiche e di pesca illegale.

## 2.6. Attività di monitoraggio nell'ambito del LIFE SEPOSSO



Figura 25: Attività di monitoraggio nell'ambito del LIFE SEPOSSO

L'attività di monitoraggio è stata effettuata il 23 maggio 2019, con la partecipazione di subacquei afferenti a ISPRA, ARPAT, Università "Tor Vergata", AdSP Mar Tirreno Settentrionale e Università di Palermo. Nell'ambito di queste attività è stato effettuato un *briefing* pre-immersione coordinato dall'Università di Palermo, esecutrice del trapianto e del monitoraggio tutt'ora in corso.

Considerata la parziale perdita dei supporti di ancoraggio in plastica biodegradabile e la difficile identificazione dei supporti oggetto del monitoraggio pregresso a causa della parziale perdita delle etichette identificative e della scarsa visibilità nell'area di indagine, si è proceduto al monitoraggio di 28 supporti, identificati in maniera casuale tra quelli presenti, ugualmente distribuiti tra l'area A, B, C. Il monitoraggio è stato effettuato quindi su un numero significativo di

supporti, anche superiore al numero monitorato originariamente (28 supporti vs 18 supporti nel monitoraggio pregresso), al fine di acquisire dati supplementari a quelli già in possesso.

Su tali supporti in materiale bioplastico sono stati effettuati *in situ* misure e osservazioni in continuità con il monitoraggio pregresso. Su ciascun modulo è stato possibile acquisire informazioni relative alla sopravvivenza, distacco e mortalità delle talee, numero di fasci, attecchimento radicale e accrescimento dei rizomi plagiotropi. Le informazioni acquisite, anche di tipo video-fotografico, sono state funzionali all'analisi del caso studio nell'ambito di un *briefing* post-immersione.

L'impianto risulta essere parzialmente danneggiato ma non è stato possibile quantificare il numero totale dei moduli presenti considerando la dimensione dell'area di indagine piuttosto vasta nonché la scarsa visibilità della stessa al momento del monitoraggio. Relativamente ai 28 moduli oggetto di monitoraggio i risultati indicano un numero medio di talee sopravvissute per modulo pari a 52.8% (Area A: 64%; Area B: 57.1% ; Area C: 37,3%), un numero medio di talee distaccate per modulo pari a 46,2% (Area A: 35%; Area B: 42.85 ; Area C: 60,9%) e un numero medio di talee morte per modulo pari a 0,9% (Area A: 1%; Area B: 0%; Area C: 1,8%). il valore medio della lunghezza dei fasci plagiotropi è risultata cm  $11,5 \pm 4,8$  (Area A:  $11,6 \pm 5,4$  cm; Area B:  $10,8 \pm 3,6$ ; Area C  $11,9 \pm 4,9$ ), mentre l'attecchimento radicale tra le talee superstiti è risultato sempre pari al 100% .

Il valore medio di fasci per modulo, tra quelli monitorati, è risultato pari a: Area A  $29,4 \pm 6,0$ , Area B  $27,4 \pm 17,0$ , Area C  $14,1 \pm 7,0$ , pari al 98,0 %, 91,4 %, 47,0 % rispetto a quelli trapiantati nell'Area A, B, C rispettivamente (valore medio totale 78.8% relativo ai 28 moduli superstiti monitorati).

Complessivamente l'impianto ha mostrato danni parziali per la perdita di alcuni moduli non quantificabili al momento del monitoraggio. Coerentemente con il monitoraggio pregresso le talee distaccate risultano essere ingenti e maggiori nell'Area C e minori nell'Area A, confermando una certa variabilità spaziale nell'attecchimento delle talee nell'area di indagine. Si conferma il numero delle talee morte, che risulta essere estremamente basso e l'attecchimento e la radicazione di tutte le talee superstiti, quest'ultime con formazione di nuovi fasci. La crescita dei rizomi plagiotropi risulta essere comparabile con quella riscontrata nel monitoraggio pregresso eseguita su moduli campione differenti.



### 3. Caso studio del trapianto di *Posidonia oceanica* nell'Area Marina Protetta Capo Carbonara (Villasimius, Sardegna)

#### 3.1. Contesto

Nell'ambito del progetto Life+ RESMARIS (LIFE13 NAT/IT/000433 *Recovering Endangered habitats in the Capo Carbonara MARine area, Sardinia*), uno degli obiettivi è stato quello di favorire il ripristino di alcune porzioni dell'habitat prioritario 1120\* prateria di *P. oceanica* (*Posidonium oceanicae*) presente all'interno del Sito di interesse comunitario (SIC) ITB040020 "Isola dei Cavoli, Serpentara e Punta Molentis" ricadente nell'AMP Capo Carbonara (AMPCC), Villasimius (Sud Sardegna). Dopo le indagini preliminari (Acunto *et al.*, 2017) è stato individuato il sito di intervento caratterizzato da porzioni sufficientemente ampie a *matte* morta dove è stato deciso di intervenire con un progetto di riforestazione per favorire il processo di ricolonizzazione e ripristino della continuità della prateria. Parte dei contenuti riportati di seguito sono tratti dai risultati delle azioni A2, C2, D2 del progetto Life+ RESMARIS ([www.resmaris.eu](http://www.resmaris.eu)).

Il sito interessato dal trapianto è situato al largo della spiaggia di Campulongu, grande baia ad ovest del promontorio di Capo Carbonara, Villasimius (Sardegna, Italia), all'interno dell'Area Marina Protetta. Il fondale è caratterizzato da una prateria densa di *Posidonia oceanica* all'interno della quale sono state selezionate due aree a *matte* morta (CL1 e CL2) che interrompevano in modo innaturale la continuità della prateria e dove, per questo motivo, è stato deciso di intervenire (Figura 26). L'attività di trapianto è stata effettuata a settembre 2016 e maggio 2017.

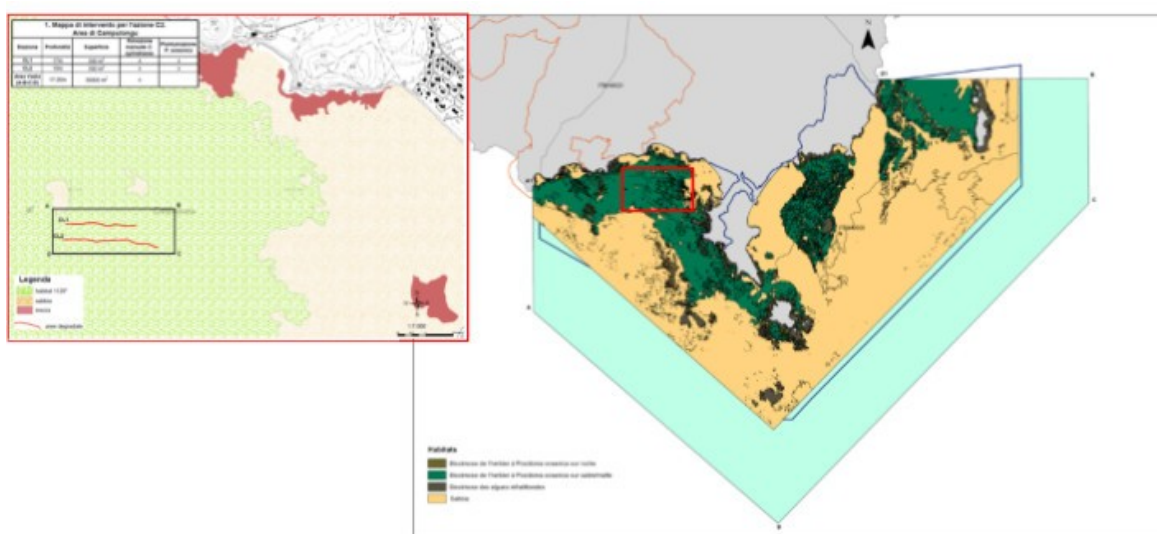


Figura 26: Area interessata dal trapianto all'interno dell'AMPCC e SIC ITB040020

### 3.2. Tecnica di trapianto

Per ancorare le talee sono state utilizzate geostuoie in "MACMAT®" (Figura 27), ritenute idonee per un substrato a *matte* morta di *Posidonia oceanica* (Cinelli *et al.*, 2014), che è caratteristico dell'area di intervento di Campulongu. Le geostuoie sono state preventivamente dimensionate in porzioni di dimensioni massime di 12.5 x 2 m (=25 m<sup>2</sup>) ciascuna e posizionate da personale in possesso di Diploma di Operatore Tecnico Subacqueo professionale (OTS). A seguito del posizionamento delle geostuoie si è proceduto alla selezione delle talee idonee per la piantumazione, utilizzando esclusivamente quelle scalzate naturalmente, possibilmente con rizoma plagiotropo (Meinesz *et al.*, 1992; Molenaar *et al.*, 1993); La raccolta è stata eseguita da biologi esperti a una profondità di circa 20 m in zone di accumulo limitrofe alle aree di intervento e messe a dimora dopo poche ore.

Il posizionamento delle geostuoie è stato realizzato nel mese di luglio 2016 su una superficie complessiva di 1000 m<sup>2</sup>, per un totale di 40 geostuoie distribuite in due aree distinte (CL1 e CL2) alla profondità di 20 m.

Successivamente, sono state effettuate due sessioni di trapianto: la prima nel mese di settembre 2016 con la raccolta e trapianto di n. 20.000 talee (nuclei da 20 talee/m<sup>2</sup>), la seconda nel mese di maggio 2017 per il rafforzamento della densità dei nuclei fino a 30 talee/m<sup>2</sup> (portando il numero di talee trapiantate a 30.000).

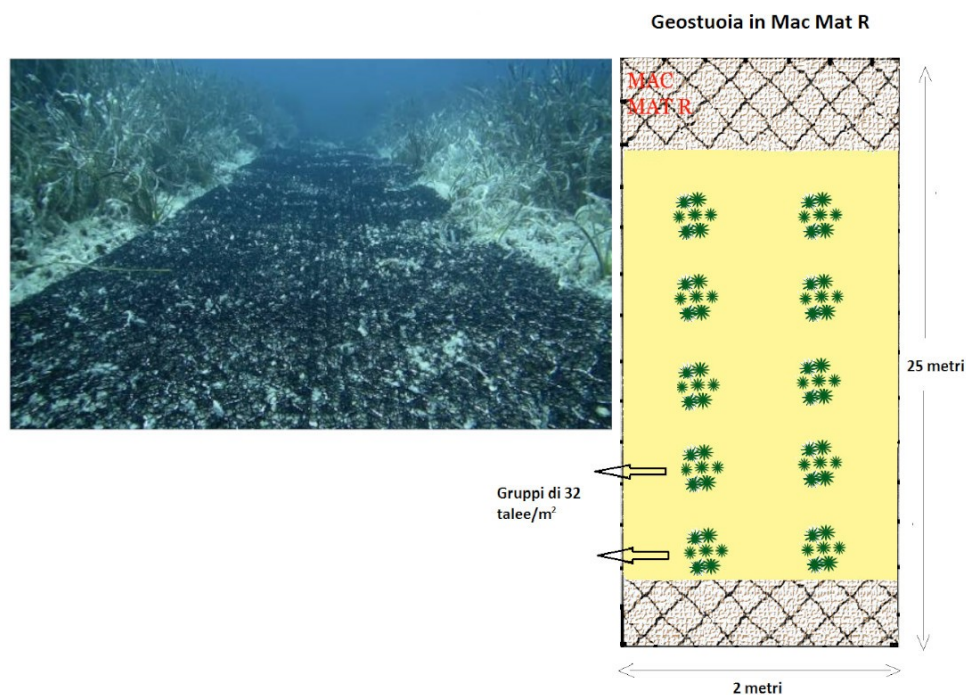


Figura 27: Geostuoia "MacMat® R" posizionata su *matte*.

### 3.3. Attività di trapianto

Le operazioni di piantumazione sono state effettuate da Operatori Scientifici Subacquei con un'adeguata preparazione dal punto di vista sia biologico sia subacqueo a garanzia della corretta esecuzione della tecnica di messa a dimora delle talee.

In merito alla scelta delle talee di *Posidonia oceanica* sono state utilizzate esclusivamente talee scalzate naturalmente, trovate in aree di accumulo limitrofe alle aree di intervento e prediligendo quelle con rizoma plagiotropo. La scelta dei rizomi plagiotropi sembrerebbe infatti garantire risultati migliori in termini di velocità di crescita vegetativa e di sopravvivenza delle talee, grazie alle riserve di nutrienti e di sostanze antibiotiche immagazzinate dalla pianta, indispensabili per sostenere la pianta nella fase critica post-espianto (Meinesz *et al.*, 1992; Molenaar *et al.*, 1993)

Nello specifico l'attività di piantumazione è stata svolta secondo i seguenti passaggi:

1. Identificazione delle aree di accumulo di talee naturalmente scalzate (Figura 28);
2. Raccolta e lavorazione in superficie delle talee (Figura 29);
3. Messa a dimora delle talee (piantumazione) entro poche ore dal loro recupero (Figura 30).



**Figura 28:** Talee scalzate in area di accumulo



**Figura 29:** Talee in fase di lavorazione.



**Figura 30:** Talee piantumate su geostuoia e organizzate in nuclei di ricolonizzazione.

Di seguito in Tabella 2 sono riassunti i dati relativi alle attività svolte durante le due sessioni.

**Tabella 2:** Sintesi dei dati relativi alle attività svolte durante le due sessioni di trapianto.

Sessione	Periodo	Superficie piantumata (m <sup>2</sup> )	Talee recuperate e messe a dimora (n°)	Densità nuclei (talee/m <sup>2</sup> )
Prima	Autunno 2016	1.000	20.000	20
Seconda	Primavera 2017		10.000	30

### 3.4. Monitoraggio dei trapianti su geostuoie

Tra maggio e giugno 2017 è stato condotto un primo monitoraggio per verificare il tasso di sopravvivenza delle talee e la tenuta dei supporti. Contemporaneamente, è stata eseguita la seconda sessione di ripopolamento per il rafforzamento della densità dei nuclei (vedi sopra). Nel mese di settembre 2017, allo scopo di valutare la vitalità delle talee piantumate, è stato calcolato il tasso di sopravvivenza su un campione di 3 *patches* per ciascuna delle 40 stuoie ed è stato eseguito uno studio fenologico su un campione di 20 talee prelevate con campionamento casuale. I monitoraggi successivi alla seconda sessione di ripopolamento, riportati di seguito, sono stati eseguiti a settembre 2017, maggio 2018 e luglio 2019: è stata valutata la percentuale di substrato ricolonizzato dalle piante di *P. oceanica* (n° di nuclei di ricolonizzazione presenti rispetto al numero inizialmente piantumato) e la percentuale di sopravvivenza delle talee mediante conteggio di quelle sopravvissute nelle singole *patches*. Nel 2016 (prima dell'intervento) e nel 2019 è stato calcolato l'Indice di Conservazione (CI = *Conservation Index*; Moreno *et al.*, 2001) della prateria naturale al fine di valutare eventuali incidenze su di essa. Ulteriori attività di monitoraggio sono state eseguite dall'AMPCC e continuano tutt'oggi nell'ambito del piano post LIFE del progetto RESMARIS.

Nel corso del monitoraggio di maggio 2017, tutte le geostuoie e tutti i nuclei di ricolonizzazione sono risultati *in situ* (successo di ricolonizzazione del 100%) e le talee avevano tassi di sopravvivenza pari a 66,62% in CL1 e 59,48% in CL2, presentando rispettivamente una media di  $13,3 \pm 1,36$  talee/nucleo e di  $11,89 \pm 2,6$  talee/nucleo; considerando insieme entrambe le aree, la percentuale totale di sopravvivenza è risultata del 63,05% (Frau *et al*, in stampa). A settembre 2017, dopo 12 mesi dal posizionamento delle geostuoie e 4 mesi dalla seconda sessione di piantumazione (30 talee/m<sup>2</sup>) tutte le geostuoie apparivano integre e tutti i nuclei *in situ* con una densità media di  $25,45 \pm 1,63$  talee/nucleo e con un tasso di sopravvivenza del 84,83% (Frau *et al*, in stampa). Per quanto concerne la vitalità delle piante, l'analisi fenologica su tutte le talee campionate (n = 20) ha evidenziato la presenza di foglie giovanili ( $1,9 \pm 0,7$  foglie per fascio) sicuramente nate nel periodo successivo al momento del trapianto e, nel 65% dei casi, è stato osservato un apparato radicale ben sviluppato (Frau *et al*, in stampa). Anche a distanza di 20 mesi (maggio 2018) tutte le geostuoie apparivano integre e con evidenti segni di rinaturalizzazione; tutti i nuclei erano *in situ* e le talee presentavano tassi di sopravvivenza di 69,1% in CL1 e 59,1% in CL2, con una media rispettivamente di  $21 \pm 2,2$  talee/nucleo e  $17,75 \pm 1,8$  talee/nucleo; la percentuale totale di sopravvivenza (entrambe le aree) risultava pari al 63,5% (Frau *et al*, in stampa). Dopo 34 mesi (luglio 2019) 3 delle 40 geostuoie sono risultate perse a causa presumibilmente delle condizioni meteo marine sfavorevoli che hanno portato al loro sollevamento e la conseguente perdita di tutti i nuclei di ricolonizzazione in esse contenuti (successo di ricolonizzazione pari a 92,5%) (Frau *et al*, in stampa). Le altre 37 geostuoie hanno mostrato un ottimo stato di conservazione, un ancoraggio ancora efficace ed evidenti segnali di rinaturalizzazione con tassi di sopravvivenza: 53,5% in CL1 e 45,2% in CL2, per una media rispettivamente di  $16,5 \pm 3$  talee/nucleo e  $13,55 \pm 2,26$  talee/nucleo (Frau *et al*, in stampa). Nel luglio 2019, la percentuale totale di sopravvivenza (entrambe le aree) è risultata pari a 51% con una media di  $15,3 \pm 4,45$  talee/nucleo (Frau *et al*, in stampa).

L'Indice di Conservazione (CI) della prateria valutato nel 2016 e poi nel 2019 è risultato sempre pari a 1 equivalente ad un elevato stato di conservazione (classe 5) (Frau *et al*, in stampa).

### 3.5. Criticità sito specifiche

Non sono state rilevate particolari criticità sito specifiche. Le 3 stuoie sono state perse a causa delle condizioni meteo marine sfavorevoli che hanno portato al loro sollevamento e la conseguente perdita di tutti i nuclei di ricolonizzazione in esse contenuti (successo di

ricolonizzazione pari a 92,5%) e che, con buona probabilità, erano state fissate al substrato in maniera non ottimale.

### 3.6. Attività di monitoraggio congiunta nell'ambito del LIFE SEPOSSO

Tra il 30 e il 31 Ottobre 2019 il Partenariato SEPOSSO nell'ambito delle attività di *networking* con il progetto LIFE RESMARIS, ha partecipato a una campagna di monitoraggio organizzata nell'ambito delle attività di campo previste nel piano post LIFE del progetto RESMARIS (2018 – 2021) iniziate nel 2018 e proseguite fino al 2021, sul sito di trapianto di Campulungu, AMPCC. Nello specifico hanno partecipato alle attività complessivamente 5 subacquei afferenti a ISPRA, ARPAT, e Università "Tor Vergata". Nell'ambito di queste attività è stato effettuato un *briefing* pre-immersione, dove lo staff tecnico scientifico della AMPCC ha coordinato le attività.

Le informazioni acquisite da parte dei biologi della AMPCC relativamente al caso studio e riportate nella prima sezione, derivano dall'analisi di sintesi delle attività effettuate da maggio 2016 a maggio 2018 nell'ambito del progetto RESMARIS e fino a luglio 2019 come attività del post LIFE in programma fino al 2021. Le informazioni acquisite, anche di tipo video-fotografico, sono state funzionali all'analisi del caso studio nell'ambito di un *briefing* post-immersione.

Si riporta di seguito il protocollo di monitoraggio pianificato nell'ambito del post LIFE e effettuato in network con il progetto SEPOSSO (Figura 31, Figura 32):

È stato effettuato il seguente monitoraggio non distruttivo. La partecipazione congiunta degli operatori scientifici subacquei afferenti ai due progetti ha permesso di monitorare circa il 50% delle talee trapiantate, e di raccogliere un numero di dati rappresentativo dello stato dell'intervento. Nello specifico è stata effettuata:

- conta del numero di talee per nucleo;
- conta del numero dei fasci fogliari per nucleo;
- densità fasci nella prateria circostante in CL1 e CL2.

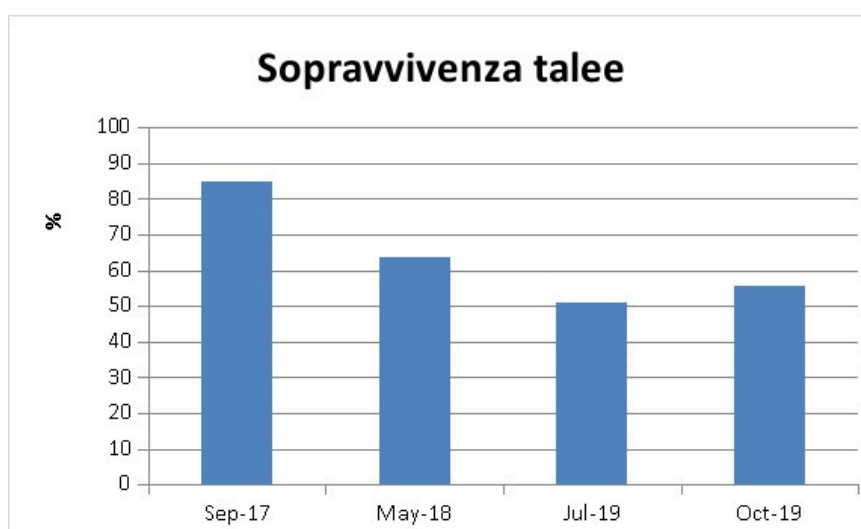


**Figura 31:** Area di trapianto CL1 - durante l'attività di monitoraggio.



**Figura 32:** Operatori subacquei dell'AMPCC e del LIFE SEPOSSO nell'ambito delle attività di monitoraggio (azione B2).

Complessivamente l'impianto è risultato pressoché integro con la maggior parte delle geostuoie ben ancorate al substrato e con segni di rinaturalizzazione grazie al feltro algale che nel tempo ricopre la struttura. Nelle geostuoie monitorate tutti i nuclei erano *in situ* e le talee presentavano tassi di sopravvivenza di 57,9% in CL1 e 45,5% in CL2, con una media rispettivamente di  $17,36 \pm 2,5$  talee/nucleo e  $13,65 \pm 3,9$  talee/nucleo. La percentuale totale di sopravvivenza (entrambe le aree) risultava pari al 55,4%. con una media di  $16,6 \pm 2,8$  talee/nucleo, coerentemente con gli ultimi dati acquisiti nel monitoraggio pregresso prima del monitoraggio congiunto LIFE SEPOSSO – AMPCC, evidenziando per la prima volta una stabilità nella perdita delle talee (Figura 33).



**Figura 33:** Andamento della sopravvivenza delle talee nel sito di trapianto di Villasimius (settembre 2017, maggio 2018, luglio 2018 – monitoraggio AMPCC; ottobre 2019 – monitoraggio congiunto LIFE SEPOSSO/AMPCC).

Inoltre, i dati acquisiti nell'autunno del 2019, relativi al numero di fasci per nucleo, mostravano  $25,86 \pm 4,0$  fasci/nucleo in CL1 e  $21,6 \pm 2,2$  fasci/nucleo in CL1. Complessivamente (entrambe le aree) il valore è risultato essere pari a  $25,02 \pm 4,1$  fasci/nucleo. I dati relativi al numero di fasci per nucleo evidenziano la presenza di talee tipiche di giovani trapianti; esse risultano ben ancorate al substrato, vitali, ma ancora non in grado di accrescersi e moltiplicarsi velocemente, così come nei trapianti più maturi. Infine, i dati relativi alla macrostruttura della prateria circostante l'area di trapianto ha evidenziato valori di copertura coerenti con i monitoraggi pregressi riportati nel presente documento (CI = 1) e valori di densità assoluta pari a  $55,2 \pm 3,8$  fasci ( $1600 \text{ cm}^2$ ) in CL1 e  $64,1 \pm 17,5$  fasci ( $1600 \text{ cm}^2$ ) in CL2, evidenziando in entrambi i casi la presenza di "praterie in equilibrio" *sensu* Pergent *et al.* (1995 modificata).



## 4. Caso studio del trapianto di *Posidonia oceanica* nell'area antistante Capo Linaro (S. Marinella, Lazio)

### 4.1. Contesto<sup>1</sup>

Le Opere Strategiche per il Porto di Civitavecchia, approvate il 20 dicembre 2003 dalla Commissione Speciale V.I.A. del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, sono state pianificate con lo scopo di favorire l'incremento dei traffici marittimi per assumere il ruolo di Hub Portuale del Tirreno. Gli interventi hanno portato a un sostanziale aumento della lunghezza di banchina disponibile, all'ottimizzazione e specializzazione degli accosti e delle aree a terra dedicate. Nell'ambito delle Opere Strategiche, è risultata essere prioritaria la realizzazione del prolungamento dell'antemurale C. Colombo, nonché quella delle Darsene Traghetti e Servizi con la finalità di separare il porto legato al turismo da quello dei traffici commerciali e dalle attività industriali.

L'Autorità Portuale di Civitavecchia (APC), a seguito della Valutazione di Impatto Ambientale a cui fu sottoposto il Piano Regolatore Portuale di Civitavecchia del 2004 (PRP 2004), si impegnò a far svolgere, un nuovo specifico Studio ai fini della Valutazione d'Incidenza ambientale (VINCA), redatto secondo l'allegato G del D.P.R. 8 Settembre 1997 n. 357, in relazione ai Siti di Interesse Comunitario (SIC) (SIC IT6000005 "Fondali tra Punta S. Agostino – Punta della Mattonara" e SIC IT6000006 "Fondali tra Punta del Pecoraro - Capo Linaro"), che analizzasse gli effetti, diretti ed indiretti, che l'attuazione dei progetti già realizzati o previsti avrebbero potuto indurre sui siti stessi.

L'APC dunque indisse una gara per l'affidamento del servizio di espianto di talee di *Posidonia oceanica* dai fondali tra Punta S. Agostino e Punta Mattonara nel Porto di Civitavecchia e reimpianto delle medesime talee nei fondali tra Punta del Pecoraro e Capo Linaro sul litorale di Santa Marinella, comprensiva dei servizi di georeferenziazione, mappatura e monitoraggio quinquennale; con il Decreto del Presidente dell'Autorità Portuale n. 309 del 21.12.2011 venivano affidate le suddette attività all'R.T.I. Nuova Indago S.r.L.

Furono quindi selezionate due possibili aree di espianto e due di impianto delle talee; nelle stesse vennero prodotte caratterizzazioni fisico-chimiche dei sedimenti e della colonna d'acqua, nonché studi correntometrici e sulle caratteristiche meteo-marine della zona, tutto al fine di garantire la

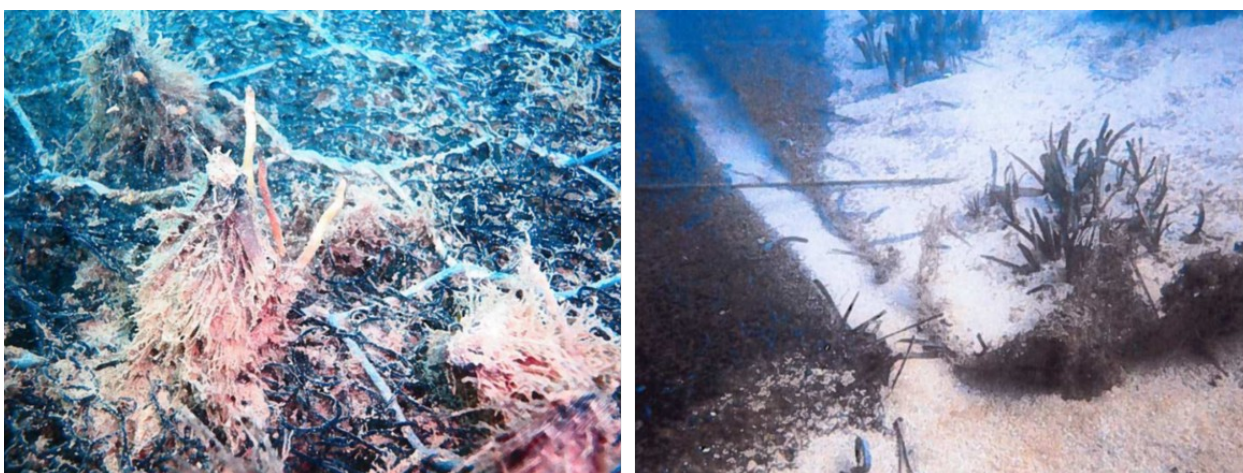
---

<sup>1</sup> Le informazioni riportate di seguito del presente caso studio sono state sintetizzate dai Rapporti di monitoraggio ufficiali consegnati come da prescrizione dal Proponente al MATTM

massima sopravvivenza possibile delle talee trapiantate. Furono evitati inoltre siti troppo superficiali, in cui l'azione degli agenti meteomarinari può essere troppo intensa, e siti troppo profondi, in cui la dinamica dell'accrescimento delle talee potrebbe risultare rallentata e nel lungo termine, compromessa.

## 4.2. Tecnica di trapianto

Sono stati impiegati due differenti tipi di supporto: "materassi" e "tappeti" (Figura 34). I materassi sono composti da rete a doppia torsione, una maglia esagonale tessuta con trafilato di acciaio, riempiti di sabbia e rivestiti con geostuoia rinforzata, costituita da una matrice polimerica estrusa in tre dimensioni (MacMat®). I tappeti sono invece costituiti da sole strisce di MacMat® (chiamati da qui in avanti semplicemente geostuoie).



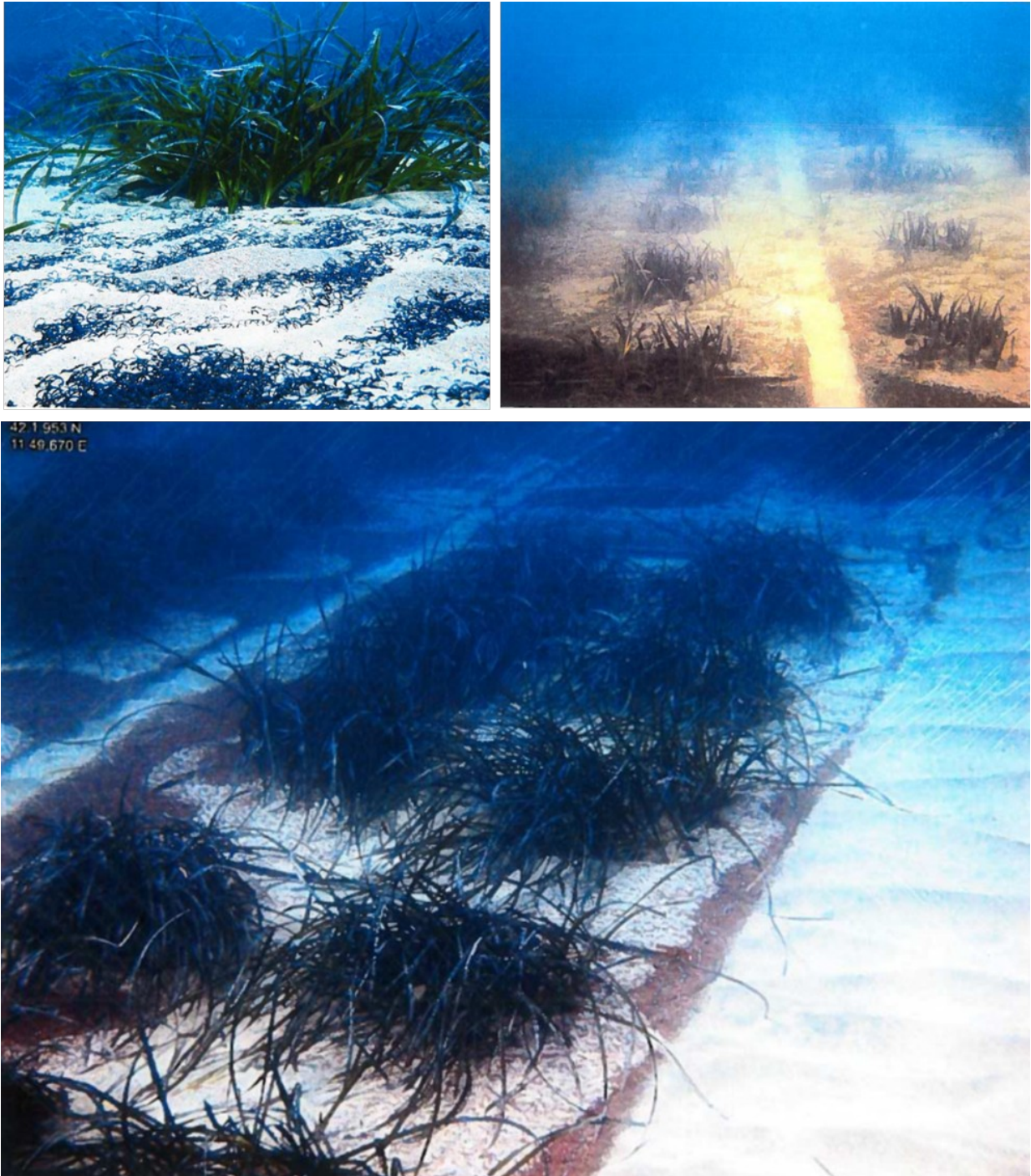
**Figura 34:** Particolare di materasso (a sinistra) e geostuoia (a destra) utilizzati per il trapianto di talee di *P. oceanica* (foto settembre 2012).

## 4.3. Attività di trapianto

Come prima cosa è stata condotta la messa in posa delle strutture di ancoraggio prestabilite: sono stati posizionati 510 m<sup>2</sup> di materassi e 10.214 m<sup>2</sup> di geostuoie in un range batimetrico compreso tra i 7 ed i 10 m di profondità. Successivamente si è proceduto all'attività di espianto delle talee, eseguita nell'area compresa tra l'ingresso del porto di Civitavecchia e la centrale ENEL di Torrevaldaliga, ad una profondità compresa tra 7 e 12 metri; il materiale, prelevato da substrato sabbioso, è stato preparato a terra in un laboratorio all'aperto, ripulito e tagliato a misura e successivamente rimesso in mare dentro retini subacquei.

Durante la fase di trapianto è stata posta particolare attenzione al che le talee fossero inserite laddove la geostuoia combaciava il più possibile con il substrato, al fine di massimizzare la

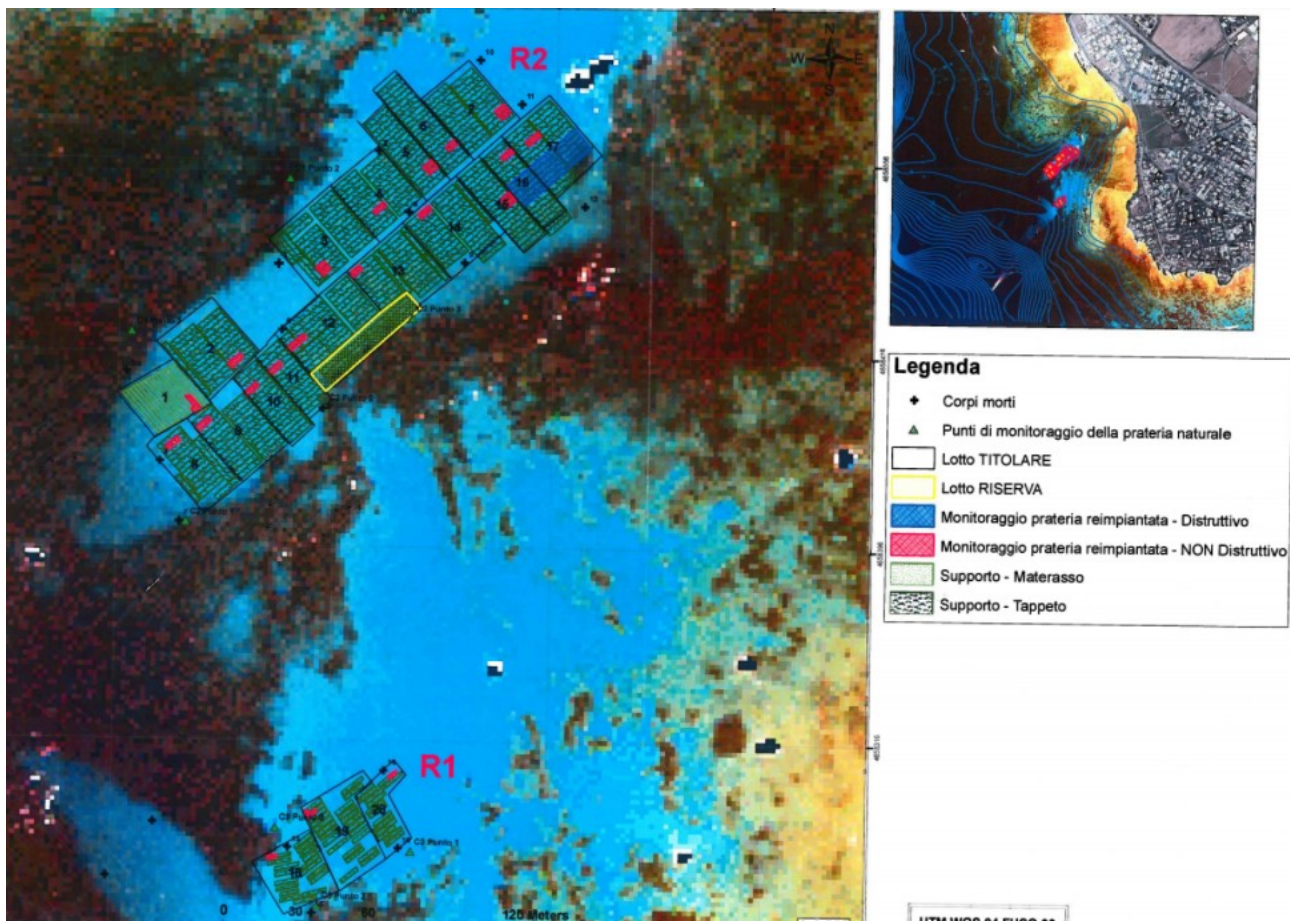
stabilità dell'impianto. Il posizionamento delle talee all'interno di ciascun metro quadro è avvenuto cercando di creare chiazze più dense possibile (un minimo di 32 talee/m<sup>2</sup>) in modo da far sì che le piante potessero ripararsi l'un l'altra dall'abrasione delle particelle di sabbia sollevate durante le mareggiate (Figura 35); tale disposizione non fu però mantenuta costante, in quanto zone di fondo non ritenute idonee non vennero reimpiantate.



**Figura 35:** Disposizione dei moduli di ancoraggio e delle talee (foto settembre 2012).

In totale sono state preparate e impiantate alla profondità compresa tra 5 e 10 metri (media 8 metri) oltre 350.000 talee di cui una parte è stata utilizzata per il ripristino delle zone danneggiate

dalle mareggiate; alla chiusura del cantiere risultavano 10.300 m<sup>2</sup> impiantati, di cui 300 considerati come riserva (Figura 36).



**Figura 36:** Localizzazione delle due aree R1 e R2 e dei settori di reimpianto delle talee di *P. oceanica* presso Capo Linaro (Santa Marinella).

Durante le attività di trapianto si sono verificati alcuni inconvenienti derivati soprattutto dal fissaggio non ottimale delle reti di MacMat® al fondale, ma questi sono stati risolti con l'impiego di traversine di acciaio di adeguato spessore fissate sulla stuoia con picchetti "a vite" di derivazione "agricola".

#### 4.4. Monitoraggio dei trapianti su materassi e geostuoie

Il progetto prevedeva un monitoraggio quinquennale, con inizio tre mesi dopo la fine della messa a dimora delle talee, avvenuta il giorno 08/06/2012. La superficie di impianto è stata suddivisa in 20 settori, 17 situati nell'area R2 e 3 settori nell'area R1. Per ciascun settore è stata individuata una area di campionamento pari al 25% della superficie del settore e in ciascuna area è stata marcata una superficie pari al 10% destinata alle misurazioni *in situ*. Sono state inoltre definite le aree per il

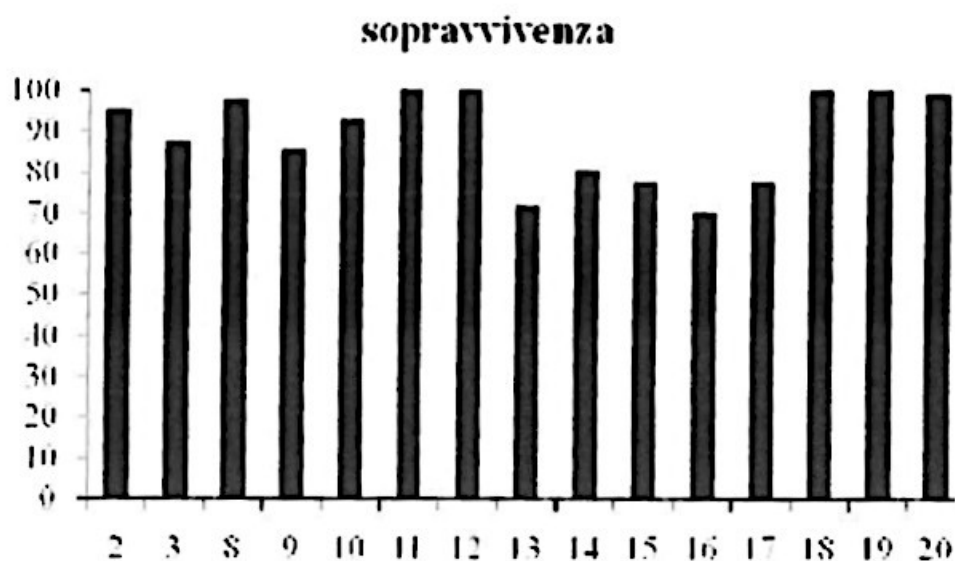
monitoraggio distruttivo adiacenti alle precedenti e aree di confronto nella prateria naturale (Figura 36). Tali settori sono stati modificati nel corso degli anni in seguito alla riduzione dell'area vegetata, dovuta dalla perdita di supporti e talee per cause naturali e antropiche.

Nel primo monitoraggio, effettuato nel **settembre 2012**, tre mesi dopo la fine delle operazioni di trapianto delle talee, sono state effettuate le seguenti attività:

- Monitoraggio tramite indagini dirette: conta delle talee; conta dei fasci; misure della lunghezza e larghezza della foglia più lunga; stima della percentuale di tessuto bruno; determinazione dello stato degli apici (coefficiente A); valutazione qualitativa della comunità epifita delle foglie; determinazione dell'accrescimento fogliare mediante marcatura (Zieman, 1974);
- Riprese video fotografiche su tutta l'area di impianto;
- Monitoraggio tramite data logger: misurazioni di temperatura e livello di luce relativa;
- Monitoraggio tramite immagini satellitari.

Nel primo monitoraggio (settembre 2012) la superficie di impianto presentava una situazione eterogenea tra i diversi settori. Nell'area R1 e nella parte meridionale dell'area R2 la maggior parte delle strutture di fissaggio erano coperte da una quantità ottimale di sabbia; i restanti settori presentavano aree in buone condizioni alternate ad altre con supporti parzialmente sollevati e/o danneggiati, spesso anche per cause antropiche. Tutte le talee esaminate presentavano un buon attecchimento, con un'elevata produzione di radici e, in qualche caso, con inizio di ramificazione del rizoma. Il numero medio di talee al m<sup>2</sup> per l'intero campo (escluso i settori considerati persi), è risultato pari a  $28.6 \pm 0.9$ , con  $35.8 \pm 1.1$  fasci/m<sup>2</sup>. Le aree escluse da danni meccanici presentano quindi una sopravvivenza media pari a 89.5% con differenze sensibili tra i diversi settori dell'impianto (Figura 37).

Dalla ricognizione è tuttavia emerso che la superficie danneggiata risultava essere di 2.022 m<sup>2</sup>; i lavori di ripristino di tale superficie, iniziati in data 2 ottobre 2012, si sono spinti fino all'ultima settimana di ottobre, durante la quale si sono presentate forti mareggiate locali.



**Figura 37:** Andamento del tasso percentuale di sopravvivenza delle talee nei 20 settori di trapianto (dati del monitoraggio eseguito nel settembre 2012).

In seguito a queste mareggiate, sono stati eseguiti dei sopralluoghi nell'area di impianto al fine di valutarne gli effetti: i primi effettuati nel **novembre 2012**, i successivi nel **gennaio** e nel **marzo 2013**. Alla luce di questi sopralluoghi, è emerso che l'area di impianto R1 presentava discrete condizioni (50% dei supporti sollevati e qualche talea persa). Al contrario, l'area di impianto R2 risultava per la maggior parte coperta da uno spesso strato di sabbia che ha portato alla morte delle talee per sommersione, con solo una piccola percentuale, posta al centro dell'impianto, che presentava buone condizioni con talee vive.

Una nuova verifica delle condizioni dell'impianto è stata condotta nei mesi di **giugno, ottobre e novembre 2013**, un anno dopo le forti mareggiate del 2012; la situazione riscontrata rispecchia, in larga misura, quanto osservato nelle precedenti ricognizioni, anche se la percentuale di talee vitali è sembrata ridursi ulteriormente. Le cause sono principalmente attribuibili all'ingente accumulo di sabbia in tutta l'area, con il conseguente ricoprimento delle strutture di sostegno della *Posidonia* ed il forte effetto abrasivo a carico delle talee rimaste; un'ulteriore cospicua percentuale di danni riportati sono imputabili agli ancoraggi ed agli attrezzi da pesca (Figura 38). Alla luce degli ultimi sopralluoghi, complessivamente sono ancora presenti nelle due aree di trapianto (R1 e R2) circa 1.320 m<sup>2</sup> di geostuoie.



**Figura 38:** Danni causati da attività di pesca ed ancoraggio (foto ottobre 2013).

Nel **dicembre 2013** si è eseguito un ulteriore monitoraggio nei siti di trapianto, accompagnato da un campionamento distruttivo finalizzato allo studio fenologico delle talee e ad una stima del tasso di accrescimento di queste mediante marcatura in situ. I risultati riportano  $1.280 \text{ m}^2$  di geostuoie ancora presenti nelle due aree di trapianto, di cui  $940 \text{ m}^2$  ancora occupati da piante vitali. In particolare, 46 geostuoie nell'area R1, con una superficie totale di  $920 \text{ m}^2$  di cui  $799 \text{ m}^2$  con piante vitali, e 18 geostuoie nell'area R2, per una superficie totale di circa  $360 \text{ m}^2$  di cui circa  $140 \text{ m}^2$  con piante vitali. La media dei fasci al  $\text{m}^2$  nelle varie aree varia tra dai  $17 \text{ fasci/m}^2$  per il campo R1 e  $9,67 \text{ fasci/m}^2$  per l'area R2. I risultati ottenuti dall'analisi fenologica evidenziano un buono stato vegetativo delle talee, con la produzione di radici e nuovi fasci fogliari, con una media di  $2,8$  fasci/talea.

Il sopralluogo di dicembre 2013 è stato considerato il punto zero per i nuovi monitoraggi del biennio 2014/2015. Dai sopralluoghi del **maggio- luglio 2014** sono state stimate 56 geostuoie ( $809 \text{ m}^2$ ) con una superficie vegetata, anche da una sola talea, di  $611 \text{ m}^2$  (R1 + R2); la densità media è pari a  $11,18 \pm 0,74 \text{ fasci/m}^2$ . Nuovi monitoraggi, accompagnati da un campionamento distruttivo, sono stati condotti nell'**ottobre 2014**. I risultati di questi monitoraggi sembrano confermare quanto osservato nei precedenti monitoraggi: le geostuoie ancora presenti sono 56 (38 in R1 e 18 in R2) con una superficie utile pari a  $757 \text{ m}^2$ , di cui vegetata, anche da una sola talea,  $570 \text{ m}^2$ . In riferimento alla densità della pianta sono stati calcolati valori medi di  $12,86 \pm 3,10 \text{ fasci/m}^2$ ; i risultati ottenuti dal campionamento distruttivo mostrano un'ottima percentuale di radicazione delle talee ed un valore medio di  $2,6$  fasci/talea.

Dalla ricognizione effettuata nel **giugno 2015** le condizioni dell'area R2 risultavano fortemente compromesse, con poche geostuoie visibili per lo più gravemente danneggiate o sepolte sotto la sabbia; l'area R1 presentava ancora 31 delle 38 geostuoie presenti ad ottobre 2014, per una

superficie complessiva di 424 m<sup>2</sup>. Tuttavia, molte geostuoie erano quasi completamente divelte dal substrato e, per evitare ulteriori danneggiamenti, sono state rimosse del tutto con il relativo trasferimento delle talee vitali residue; in totale l'operazione di manutenzione straordinaria attuata ha portato alla rimozione di 233 m<sup>2</sup> di geostuoie e la messa a dimora di circa 1.000 talee che apparivano in ottime condizioni di vitalità.

Nel monitoraggio del **luglio 2015** le uniche geostuoie presenti sono le 24 localizzate in R1 con 191 m<sup>2</sup> attualmente presenti e una superficie vegetata, anche da una sola talea, di 133 m<sup>2</sup>. La densità media è risultata pari a 15,01 ± 10,33 fasci/m<sup>2</sup>.

Gli ultimi monitoraggi, eseguiti nell'**ottobre** e nel **dicembre 2015**, ed accompagnati da campionamento distruttivo, confermavano la presenza delle 24 geostuoie in R1, con una superficie utile disponibile pari a 171 m<sup>2</sup> e le superfici vegetate, anche da una sola talea, occupavano 137 m<sup>2</sup> (Figura 39); la densità media delle *patches* nel campo è risultata pari a 14,37 ± 9,30 fasci/m<sup>2</sup>. I danni al trapianto sono stati infine dichiarati in un verbale di accertamento danni nel 2015. Tale intervento di trapianto non è pertanto più rintracciabile (AA.VV. 2019b).

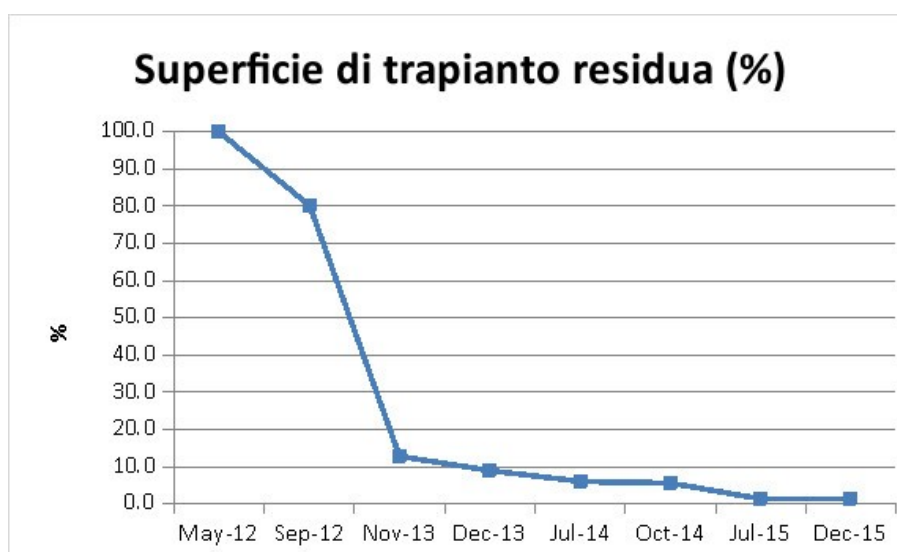


Figura 39: Andamento delle superfici di trapianto residue (%) nell'impianto di Capo Linaro (S. Marinella) nel monitoraggio 2012-2015.

#### 4.5. Criticità rilevate

Per quanto sopra esposto si ritiene che le criticità riscontrate siano prevalentemente legate all'ancoraggio dei supporti su un substrato, quello sabbioso, che stenta a compattarsi sotto di essi. Il Proponente ipotizzava che la presenza dei supporti stessi e l'azione degli apparati radicali delle talee trapiantate sarebbe stata sufficiente a stabilizzare il sedimento; tuttavia, il disturbo provocato dal forte idrodinamismo locale, e dalla conseguente movimentazione di ingenti



quantità di sabbia, ha influito notevolmente nella perdita di piante di *Posidonia* trapiantate e spesso, anche dei relativi supporti.

Si evidenzia inoltre che particolare attenzione dovrebbe essere prestata nella sorveglianza degli impianti di riforestazione da parte degli organi preposti alle azioni di controllo, con conseguente repressione delle attività di ancoraggio da diporto e di pesca illegale; i danni riscontrati, provocati da ancoraggi e/o da attrezzi da pesca, hanno imposto una frequente manutenzione dei supporti e, spesso, la loro rimozione e sostituzione.

## 5. Conclusioni

I progetti di trapianto di *Posidonia oceanica* analizzati nel presente Report (Tabella 3) sono stati realizzati nel tempo in contesti differenti. I trapianti di Mondello-Palermo e di Capo Linaro-S. Marinella sono stati eseguiti nell'ambito di alcune valutazioni di impatto ambientale (VIA) nazionali, mentre il trapianto di Porto Grande di Siracusa in una VIA regionale, come opere di compensazione ai danni arrecati ai posidonieti. Il trapianto realizzato nell'AMPCC a Villasimius è stato invece eseguito nell'ambito del progetto Life+ RESMARIS come opera di ripristino all'interno del Sito di interesse comunitario (SIC) ITBo40020 "Isola dei Cavoli, Serpentara e Punta Molentis".

Al momento del *survey* effettuato nell'ambito del Progetto Life SEPOSSO nel 2019 nei trapianti esaminati di Mondello-Palermo, Porto Grande di Siracusa e Villasimius erano già in corso attività di monitoraggio, utili a restituire dati di breve-medio periodo, le quali continuano tutt'oggi. Diversamente, nel trapianto di Capo Linaro-S. Marinella il monitoraggio previsto dal progetto era già concluso nel 2019; in tale contesto il Progetto Life SEPOSSO non ha effettuato nessun *survey*, in quanto il trapianto nel tempo è stato purtroppo quasi completamente distrutto, così come riportato dalla documentazione esaminata e sintetizzata nel presente Report.

Dall'analisi dei casi di studio si evidenziano, tranne che nel caso studio di Villasimius, ingenti danni ai trapianti sia per cause naturali (es: forti mareggiate), sia per cause antropiche (es: ancoraggi, pesca a strascico), dovuti principalmente ad una inadeguata selezione del sito ricevente in fase di pianificazione nonché ad una gestione dello stesso nel tempo non efficace. Tali criticità sono state evidenziate anche in altri progetti di trapianto facenti parte della casistica analizzata da progetto LIFE SEPOSSO (AA.VV., 2020a, AA.VV., 2021).

Tra i casi di studio analizzati nel presente Report, si evidenzia come nel caso di Villasimius non si siano verificati particolari danni all'impianto per cause antropiche (es: ancoraggi, pesca a strascico), essendo il sito ricevente all'interno di una AMP, dove tale controllo è evidentemente favorito dall'Ente Gestore. I dati di sopravvivenza e accrescimento delle piante nel sito di Villasimius acquisiti nell'attività di *networking* tra il progetto SEPOSSO e il progetto RESMARIS evidenziano nel breve-medio periodo risultati incoraggianti, confermati anche da alcuni recenti dati disponibili in letteratura posteriori al 2019 (Piazzi et al., 2021). Le geostuoie utilizzate si sono rivelate efficaci sia per l'utilizzo su *matte* morta sia per la relativa semplicità d'assemblaggio e messa in opera. Il materiale scelto si è dimostrato ad elevata stabilità e resistente al forte

idrodinamismo che caratterizza l'area. Inoltre, i risultati evidenziano che le talee recuperate in situ e reimpiantate entro pochi giorni possono essere favorevolmente utilizzate per attività di ripristino delle praterie rappresentando, qualora le condizioni lo consentano, una possibile soluzione per il recupero di materiale biologico destinato ad interventi di trapianto.

Per quanto concerne i siti di Mondello-Palermo e di Porto Grande di Siracusa, i moduli biodegradabili si sono rilevati efficaci come sistema di ancoraggio su *matte* morta e per la relativa semplicità d'assemblaggio e messa in opera, ma piuttosto esposti a danni diretti, come ad esempio gli ancoraggi delle barche da diporto. Questi trapianti pur soffrendo di elevate perdite, evidenziano *trend* di crescita delle talee superstiti, confermati anche da più recenti dati posteriori al 2019 (com. pers. Sebastiano Calvo), le quali però sono purtroppo compromesse da impatti antropici ripetuti che a volte ne inficiano la permanenza. Diversamente i supporti solidi in cemento armato, sperimentati nella medesima area di Mondello-Palermo, hanno dimostrato una maggiore efficacia e resistenza nei confronti dei medesimi impatti meccanici, dovuti principalmente agli ancoraggi, ed evidenziano nel breve-medio periodo risultati incoraggianti.

Nel sito di trapianto di Capo Linaro-S. Marinella i sistemi di ancoraggio utilizzati, quali "tappeti" e "materassi", a causa del forte idrodinamismo che caratterizza l'area e l'esistenza di mareggiate eccezionali che hanno interessato l'area poco dopo l'intervento di trapianto, non sono risultati efficaci sui fondi sabbiosi del sito ricevente, con la perdita di tutti i moduli e delle relative talee ancorate ad essi.

I risultati scaturiti dai diversi casi di studio esaminati nel presente Report confermano che una efficace pianificazione del trapianto di *P. oceanica* e una costante gestione del sito di trapianto nel tempo possono contribuire molto al buon esito del trapianto. Inoltre, anche attività volte all'analisi degli *stakeholders* potenzialmente coinvolti nelle attività di trapianto (AA.VV., 2020b), e a una più efficace interazione tra i proponenti delle opere che impattano le praterie, i tecnici che realizzano i trapianti, le amministrazioni locali e le istituzioni deputate al controllo, è in grado di evitare eventuali conflitti o danni che potrebbero condizionare il buon esito del trapianto. Inoltre, si evidenzia la necessità di effettuare trapianti pilota e di monitorarli per un significativo lasso di tempo al fine di selezionare più efficacemente il sito ricevente e la tecnica di trapianto.

L'analisi presentata in questo report rappresenta l'evidenza del fatto che, a prescindere dalle dimensioni dell'area trapiantata, dalla loro longevità e dalla tecnica utilizzata, trapianti diversi rappresentano la continua evoluzione e ricerca in questo ambito e che l'acquisizione da dati

provenienti da esperienze di trapianto condotte su diverse scale spaziali e temporali, è in grado di fornire alla ricerca differenti risultanze utili per la redazione di buone pratiche e per migliorare i trapianti futuri.

Tabella 3: Tabella sinottica dei casi di studio.

Caso studio (Sito)	Contesto	Tecnica	Substrato/ Prof.	Anni monitoraggio
Mondello-Palermo	V.I.A. (nazionale)	supporti in bioplastica/ supporti in cemento armato	Matte/6-7 m	6 anni* (survey SEPOSSO al quarto anno)
Capo Linaro-S. Marinella	V.I.A. (nazionale)	geostuoie/materassi	Sabbia/5-10 m	3 anni **
Porto Grande di Siracusa	V.I.A. (regionale)	supporti in bioplastica	Matte/ 6 m	5 anni* (survey SEPOSSO al terzo anno)
Villasimius	Progetto LIFE	geostuoie	Matte/20 m	3 anni* (survey SEPOSSO al terzo anno)

\*monitoraggio in corso

\*\* interrotto (trapianto danneggiato)

## 6. Bibliografia

- AA.VV. (2019a). Final report on *Posidonia oceanica* transplanting case studies analysis. Report Action A3. LIFE SEPOSSO (LIFE16 GIE/IT/000761), Rome, Italy <https://www.lifeseposso.eu>
- AA.VV. (2019b). Basic information, legislative context and description of case studies. Report Action B.1.1. LIFE SEPOSSO (LIFE16 GIE/IT/000761), Rome, Italy. <https://www.lifeseposso.eu>
- AA.VV. LIFE (2020a). Activity report about monitoring campaigns and their results. Report Action B.2. LIFE SEPOSSO (LIFE16 GIE/IT/000761), Rome, Italy. <https://www.lifeseposso.eu>
- AA.VV. (2020b). Analisi degli *stakeholders* e dei conflitti. Report Action B.1.1. LIFE SEPOSSO (LIFE16 GIE/IT/000761), Rome, Italy. <https://www.lifeseposso.eu>
- AA.VV. LIFE (2021). Reporting di casi studio toscani relativamente all'attività di trapianto di *Posidonia oceanica*. Report Action A.3-B.2. LIFE SEPOSSO (LIFE16 GIE/IT/000761), Rome, Italy. <https://www.lifeseposso.eu>
- Acunto S., Bacchetta G., Bordigoni A., Cadoni N., Cinti M.F., Duràn Navarro M., F. Frau, Lentini L., Liggi M.G., Masala V., Meloni F., Pinna R., Podda L., Sanna A. (2017). The LIFE+ project "RES MARIS- Recovering Endangered habitatS in the Capo Carbonara MARine area, Sardinia": first results. *Plant Sociology*, 54, Suppl. 1: 85-95.
- Cinelli F., Boccalaro F., Rende F., Burgassi M. (2014). Tecnica di reimpianto mediante biostuoie e geostuoie. In: Manuale e Linee Guida, ISPRA, 106/2014, "Conservazione e gestione della naturalità degli ecosistemi marino-costieri. Il trapianto delle praterie di *Posidonia oceanica*", 52-54.
- Cinelli F., Boccalaro F., Burgassi M., Rende F., Piazzini L., Zanella M. (2007). Utilizzo sperimentale in mare di sistemi tecnici già impiegati dall'ingegneria naturalistica terrestre. *Biologia Marina Mediterranea*, 14: 342-343.
- Frau F., Acunto S., Atzori F., Cinti M.F. Ripristino della prateria di *Posidonia oceanica* mediante tecniche di ingegneria naturalistica nell'Area Marina Protetta Capo Carbonara (Sud Sardegna) nell'ambito del progetto LIFE+ RESMARIS. *Biologia Marina Mediterranea* (in stampa).

- Meinesz A., Molenaar H., Bellone E., Loques F. (1992). Vegetative Reproduction in *Posidonia oceanica*. Effects of Rhizome Length and Transplantation Season in Orthotopic Shoots. *P.S.Z.N.I Marine Ecology* 13: 163-174.
- Molenaar H., Meisnez A., Caye G. (1993). Vegetative reproduction in *Posidonia oceanica*. Survival and development in different morphological types of transplanted cuttings. *Botanica Marina* 36: 481-488.
- Moreno, D., Aguilera, P.A., Castro, H., 2001. Assessment of the conservation status of seagrass (*Posidonia oceanica*) meadows: implications for monitoring strategy and the decision-making process. *Biological Conservation* 102, 325–332.
- Piazzini L., Acunto S., Frau F., Atzori F., Cinti M.F., Leone L.M., Ceccherelli G. (2021). Environmental engineering techniques to restore degraded *Posidonia oceanica* meadows. *Water* 13: 661.
- Tomasello A., Pirrotta M. & Calvo S. (2019). Construction underwater landscape by using *Posidonia oceanica* transplanting combined with innovative artificial reefs. In: *Proceedings of the 6th Mediterranean Symposium on Marine vegetation*, Antalya, Turkey. 92–96 pp.
- Zieman J.C. (1974). Methods for the study of growth and production of the turtle grass, *Thalassia testudinum* Koning. *Acquaculture*, 4: 139 – 143.