



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 casi studio toscani
relativamente all'attività di
trapianto di *Posidonia oceanica*

31 luglio 2021



A cura di:

Luigi Piazzai (Università di Sassari - ARPAT)

Cecilia Mancusi (ARPAT)

Enrico Cecchi (ARPAT)

Michele Scardi (Università degli studi di Roma "Tor Vergata")

Fabio Bertasi (ISPRA)

Barbara La Porta (ISPRA – Coordinatore di Progetto)

Tiziano Bacci (ISPRA – Coordinatore di Progetto)

Hanno collaborato:

**Giandomenico Ardizzone e Andrea Belluscio (Università degli studi di Roma "La Sapienza") -
Caso di studio del trapianto di *P. oceanica* dell'Isola del Giglio.**

Stefano Acunto (ISSD) -

Caso di studio del trapianto di *P. oceanica* dell'Isola d'Elba -Cavo



ABSTRACT

Action A.3/B.2 - Report on further Tuscany case studies in relation to the activity of transplanting of *Posidonia oceanica*

Action A.3/B.2 of the LIFE SEPOSSO project aims at analyzing and evaluating five *Posidonia oceanica* transplanting projects carried out or still in progress in Tuscany, in addition to that carried out as a compensation for the dredging of the Piombino channel (not in this Report): Secche della Meloria, Rosignano-Vada, Elba Island (Cavo and Capoliveri), Giglio Island.

For each of these case studies, information was found about the context in which it has taken place, the techniques used, the activities carried out in the context of the transplanting and the results of the monitoring itself. In addition, each of the case studies was the subject of a field survey as part of LIFE SEPOSSO to check the current state of transplanting and obtain, where possible, data regarding the survival and growth of plants.

Secche della Meloria transplanting procedure was carried out as a compensation work as part of an Environmental Impact Assessment (VIA); **the transplant in Capoliveri** it was part of a verification procedure for the submission as Environmental Impact Assessment; the **transplanting carried out in Giglio** Island is a program of recovery following environmental damage (Costa Concordia shipwreck), while the **Cavo** and **Rosignano-Vada transplants** are to be considered experiments carried out for environmental recovery activities.

When monitoring activities were carried out as part of the SEPOSSO Project, the transplantation of Giglio Island was under construction and the Cavo transplanting had been carried out only few months before. For these two transplanting activities, some preliminary data have been presented in this Report following the SEPOSSO monitoring, showing encouraging results in the short term. Only Rosignano-Vada and Meloria can be analyzed to evaluate the result of the transplant on long period. In both cases, the results were below expectations and always in relation to the environmental conditions of the transplanting area. In the case of Rosignano-Vada, the transplanting was encouraged by the results of a pre-monitoring activity that showed the improvement of the environmental conditions of a heavily impacted area. After some years during which the transplant seemed well established, the worsening of the conditions probably related to an increase in sedimentation, led to regression of the *Posidonia* meadow.

In the case of Secche della Meloria, the chosen site, despite being within zone A of a Marine Protected Area, was negatively affected by the accumulation of dead leaves of *Posidonia* that probably conditioned the growth of the cuttings.

Compared to the past, more recent transplanting projects in Tuscany have been conceived by evaluating the techniques through pilot projects and selecting suitable sites characterized by dead matte, experimenting biodegradable materials for the supports of the new seedlings or transplanted shoots. Moreover, compared to the past a greater interaction was registered between all the stakeholders (technicians, local administrations and institutions, ecc). In particular, the involvement of the Regional Environmental Protection Agency (ARPAT) has been achieved from the early stages of the project.

Legenda abbreviazioni usate

ARPAT – Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente Toscana

CIBM – Centro Interuniversitario di Biologia Marina ed Ecologia Applicata

FSRU – Floating Storage and Regasification Units

ISPRA – Istituto Superiore per la Protezione e Ricerca Ambientale

ISSD – International School for Scientific Diving

LNG – Liquid Natural Gas

MATTM – Ministero dell'Ambiente e delle Tutela del Territorio e del Mare

NLTE – New Land Terminal End

MIBACT – Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo

OLT – Offshore LNG Terminal Toscana

PLEM – Pipeline Ending Manifold

SRG – Snam Rete Gas

VIA – Valutazione di Impatto Ambientale

Indice

Introduzione.....	5
1. Caso studio del trapianto di <i>P. oceanica</i> delle Secche della Meloria.....	7
1.1. Contesto.....	7
1.2. Tecnica di trapianto.....	7
1.3. Attività di trapianto.....	7
1.4. Monitoraggio pregresso del trapianto.....	8
1.5. Criticità sito specifiche.....	10
1.6. Attività di prospezioni nell'ambito del LIFE SEPOSSO.....	10
2. Caso studio del trapianto di <i>P. oceanica</i> di Rosignano-Vada.....	12
2.1. Contesto.....	12
2.2. Tecnica di trapianto.....	12
2.3. Attività di trapianto.....	13
2.4. Monitoraggio pregresso del trapianto.....	14
2.4.1. Talee.....	15
2.4.2. Germogli.....	17
2.5. Criticità sito specifiche.....	17
2.6. Attività di prospezioni nell'ambito del LIFE SEPOSSO.....	17
3. Caso studio del trapianto di <i>P. oceanica</i> dell'Isola del Giglio.....	19
3.1. Contesto.....	19
3.2. Tecnica di trapianto.....	21
3.3. Attività di trapianto.....	21
3.4. Attività di prospezioni nell'ambito del LIFE SEPOSSO.....	23
3.5. Criticità sito specifiche.....	25
3.6. Monitoraggio del trapianto.....	25
4. Caso studio del trapianto di <i>P. oceanica</i> dell'Isola d'Elba-Cavo.....	27
4.1. Contesto.....	27

4.2. Tecnica di trapianto.....	28
4.3. Attività di trapianto.....	28
4.4. Attività di prospezioni nell'ambito del LIFE SEPOSSO.....	30
4.5. Criticità sito specifiche.....	31
4.6. Monitoraggio del trapianto.....	31
5. Caso studio del trapianto di <i>P. oceanica</i> dell'isola d'Elba-Capoliveri.....	34
5.1. Contesto.....	34
5.2. Tecnica di trapianto.....	35
5.3. Attività di trapianto.....	35
5.4. Monitoraggio pregresso del trapianto.....	37
5.5. Criticità sito specifiche.....	37
5.6. Attività di prospezioni nell'ambito del LIFE SEPOSSO.....	37
Conclusioni.....	38
Bibliografia citata.....	40

Introduzione

L'obiettivo del presente Report è il reperimento di informazioni riguardo ai progetti di trapianto di *Posidonia oceanica* avvenuti fino ad oggi in Toscana, oltre a quello effettuato come compensazione del dragaggio del canale di ingresso del porto di Piombino, già inserito tra i casi di studio analizzati dal progetto LIFE SEPOSSO (AA.VV. LIFE SEPOSSO, 2019; AA.VV. LIFE SEPOSSO, 2020).

In questo contesto sono stati censiti cinque progetti di trapianto di *Posidonia oceanica* realizzati o in fase di realizzazione in Toscana (Figura 1, Tabella 1): Secche della Meloria, Rosignano-Vada, Isola d'Elba-Cavo, Isola d'Elba-Capoliveri e Isola del Giglio.

Di ognuno di questi casi-studio, sono state reperite informazioni riguardo al contesto nel quale è avvenuto il trapianto, le tecniche utilizzate, le attività svolte nell'ambito del reimpianto e nel monitoraggio e i risultati del monitoraggio stesso.

Inoltre, ognuno dei casi studio è stato oggetto di un sopralluogo nell'ambito del LIFE SEPOSSO per verificare lo stato attuale dell'impianto ed ottenere, laddove possibile, dati riguardo alla sopravvivenza e accrescimento delle piante.

Tabella 1: Localizzazione delle aree di trapianto

CASO-STUDIO	LATITUDINE (WGS84)	LONGITUDINE (WGS84)
MELORIA	43°32'49"N	10°12'43"E
VADA	43°21'47"N	10°25'41"E
CAVO	42°52'16"N	10°25'20"E
CAPOLIVERI	42°45'26"N	10°21'20"E
GIGLIO	42°22'00"N	10°55'80"E

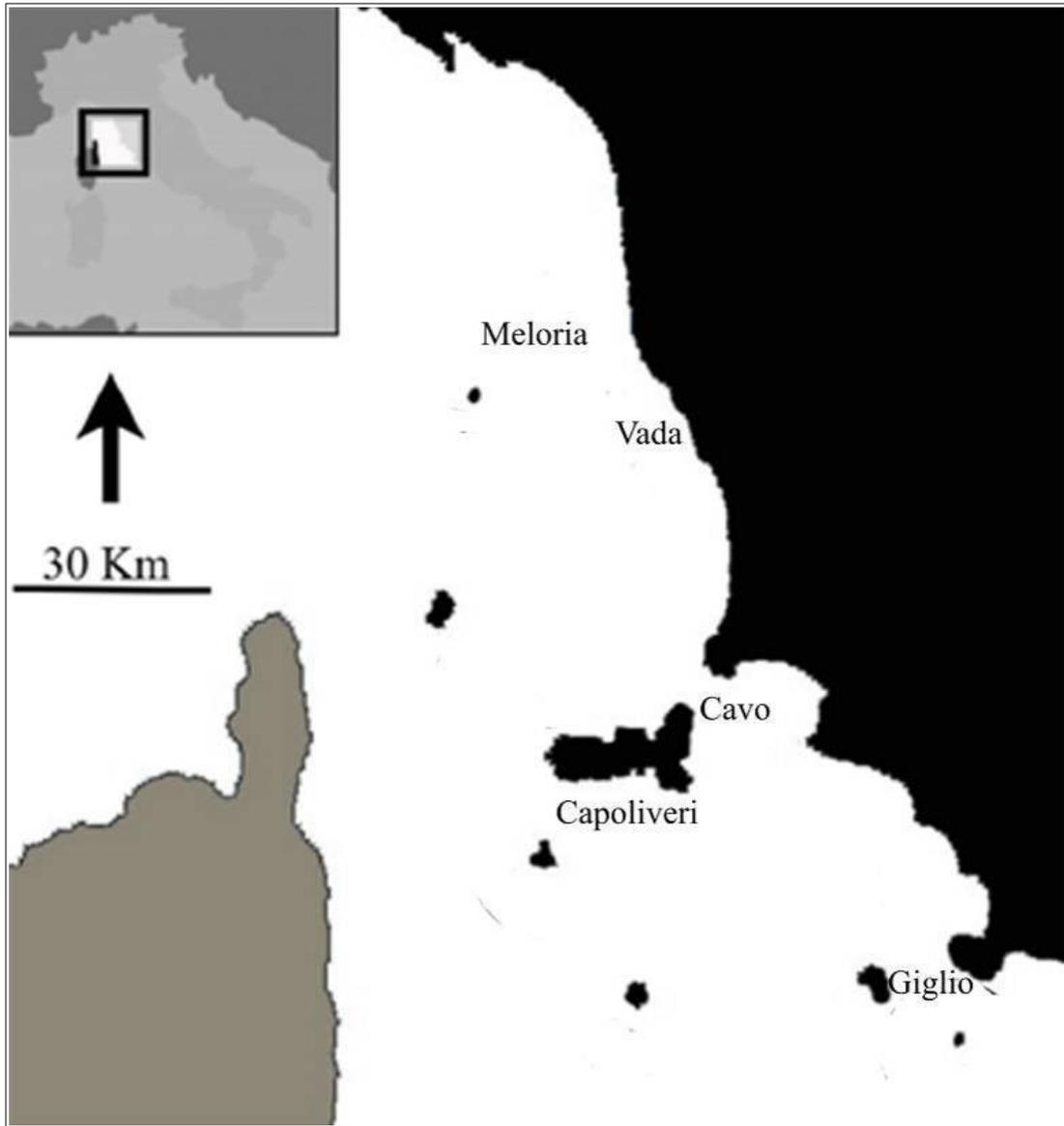


Figura 1: Localizzazione dei 5 casi studio in Toscana

1. Caso studio del trapianto di *P. oceanica* delle Secche della Meloria

1.1. Contesto

Il progetto di Offshore LNG Terminal Toscana (OLT) consiste in un'unità di stoccaggio e rigassificazione (FRSU) permanentemente ancorata al largo di fronte a Livorno. Il rigassificatore riceve gas naturale liquido (LNG) da taniche dedicate al trasporto dello stesso. Il gas naturale liquido viene rigassificato a bordo dell'unità FRSU e quindi inviato a terra. Una condotta DN800 (32") collega il collettore sottomarino (PLEM) alla rete di distribuzione nazionale a terra (SRG). Il tratto a mare si estende per circa 29 Km, tracciando una rotta tra il PLEM ed il punto terminale a terra (New Land Terminal End – NLTE) situato all'imbocco del canale Scolmatore del fiume Arno. La condotta interessava una piccola porzione di prateria di *Posidonia oceanica* caratterizzata da ciuffi sparsi di *Posidonia* molto ridotti in dimensione e con densità fogliari inferiori a 50 fasci/m². Il progetto *Realizzazione di un terminale offshore per la rigassificazione di GNL al largo della costa Toscana* è stato sottoposto a Valutazione di Impatto Ambientale (VIA), con Decreto VIA 1256/2004 emesso il 15/12/2004 dal MATTM di concerto con il MIBACT, e contenente 27 condizioni ambientali di cui 4 relative ad attività riguardanti *Posidonia oceanica*. Le piante interessate dalla posa del gasdotto sono state rimosse il 01.09.2010 in ottemperanza alla prescrizione 7 del Decreto DEC/DSA/1256 e reimpiantate all'interno dell'Area Marina Protetta delle Secche della Meloria. Per una analisi del procedimento di VIA si rimanda alla reportistica disponibile del Progetto LIFE SEPOSSO (AA.VV. LIFE SEPOSSO, 2021).

1.2. Tecnica di trapianto

La tecnica utilizzata è stata quella delle griglie metalliche ancorate a cornici (frame) di cemento già ampiamente utilizzata in altri progetti di trapianto di *Posidonia oceanica*. Per ulteriori informazioni si rimanda alla reportistica disponibile (AA.VV. 2019) del Progetto LIFE SEPOSSO (<http://lifeseposso.eu>).

1.3. Attività di trapianto

Le piante trapiantate nel 2010 erano 72. Tali piante sono state reimpiantate in 9 frame posizionati sul fondo. In ciascun frame sono state inserite 8 piante di *P. oceanica*. L'area del trapianto era circa 2,25 m² ossia un quadrato di 1,5 metri per lato.

L'area di reimpianto (Figura 2) è situata in un catino (i catini sono delle formazioni scavate nella roccia di forma circolare o pseudo circolare tipiche delle Secche della Meloria) orientato SW-NE (lato maggiore) situato ad una profondità di circa 7,2 m presso la zona "B" di tutela dell'Area Marina Protetta delle Secche della Meloria (Figura 2).

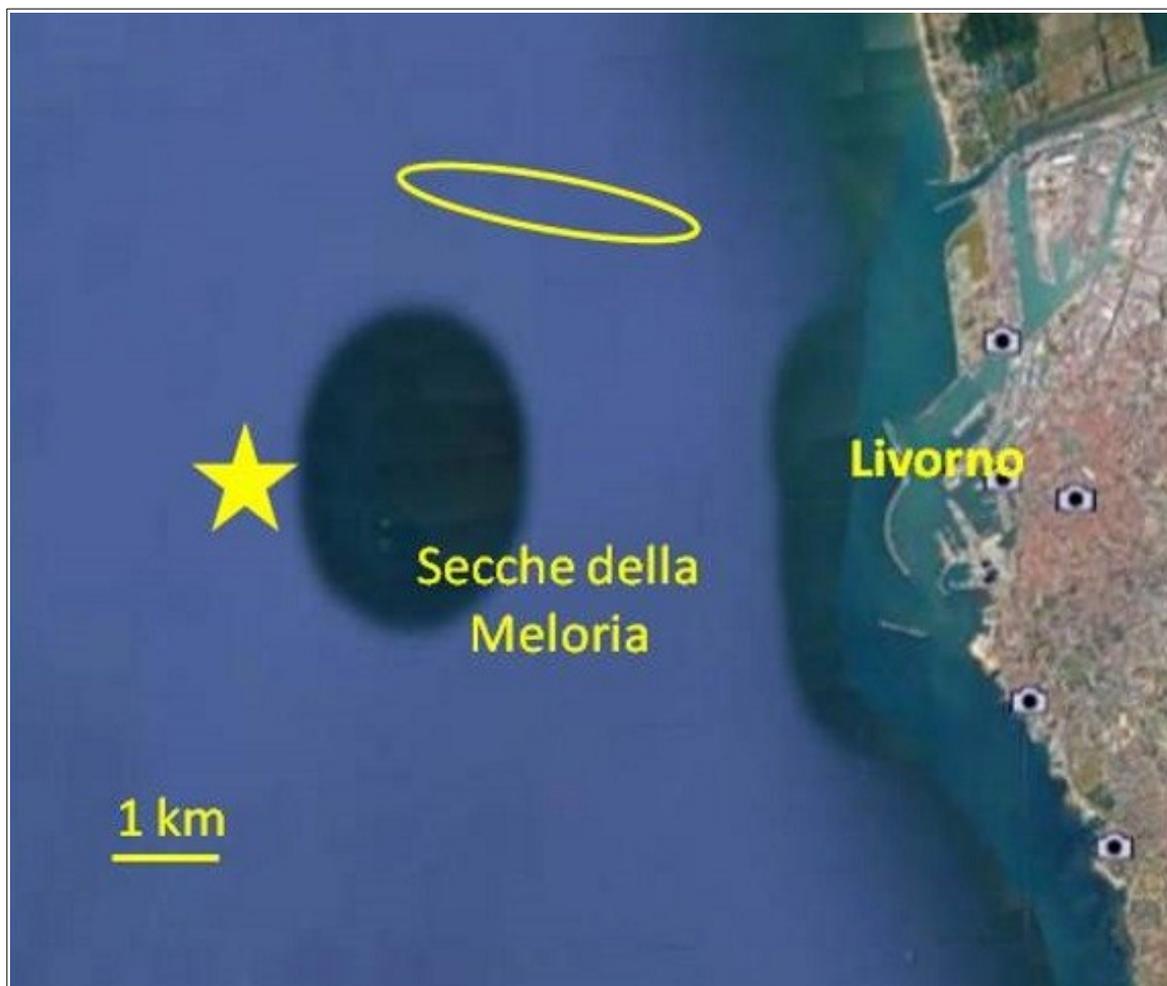


Figura 2: Localizzazione dell'area di impianto (stella) e di espianto (elisse)

1.4. Monitoraggio progresso del trapianto

L'attività di monitoraggio era prevista per una durata di 5 anni, tra il 2010 e il 2015. Le 5 campagne di monitoraggio sono state effettuate in agosto 2011, ottobre 2012, settembre 2013, settembre 2014 e settembre 2015.

Ad ogni data di monitoraggio, per ciascun frame è stato effettuato un foto campionamento (3 foto per ogni telaio, una di fronte una a destra ed una a sinistra rispetto al telaio stesso) e video (Figura 3). Per ciascun frame sono state contate le talee vive per calcolare la percentuale di

sopravvivenza (Tabella 2). In 3 di queste è stata misurata lunghezza, larghezza e tessuto bruno della foglia più lunga. Inoltre sulle medesime foglie è stata rilevata, la percentuale di epifiti presenti e lo stato dell'apice.

Per tenere sotto controllo l'andamento della densità dei fasci nell'area limitrofa al trapianto si è provveduto al conteggio dei fasci, effettuando 8 repliche (R) contando tutti i fasci presenti in un quadrato con dimensioni 50x50 cm nella prateria naturale circostante l'area di reimpianto.

Al termine dei 5 anni di monitoraggio, la sopravvivenza delle talee è risultata essere pari al $29,17 \pm 20,73$ (media \pm dev.std) (Figura 4, Tabella 2).

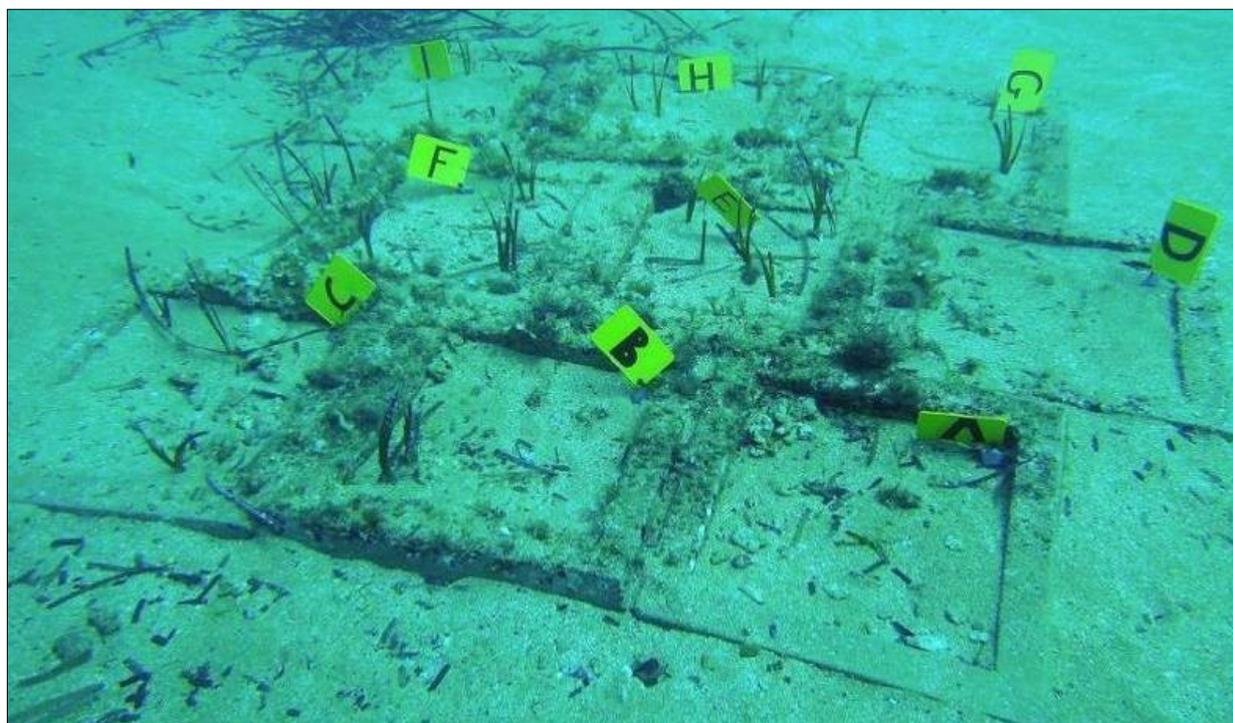


Figura 3: Immagine dell'impianto dopo 5 anni dalla traslocazione delle piante

Tabella 2: Numero talee e sopravvivenza % calcolati in ogni frame per ogni data di monitoraggio

	N° talee presenti nei singoli frame					% sopravvivenza				
	2011	2012	2013	2014	2015	2011	2012	2013	2014	2015
A	6	6	3	1	0	75	75	37,5	12,5	-
B	4	5	3	3	1	50	62,5	37,5	37,5	12,5
C	6	7	7	5	3	75	87,5	87,5	62,5	37,5
D	7	5	3	2	0	87,5	62,5	37,5	25	-
E	8	8	7	6	5	100	100	87,5	75	62,5
F	6	6	5	4	3	75	75	62,5	50	37,5
G	6	6	3	3	3	75	75	37,5	37,5	37,5
H	7	6	4	4	3	87,5	75	50	50	37,5
I	4	4	4	4	3	50	50	50	50	37,5

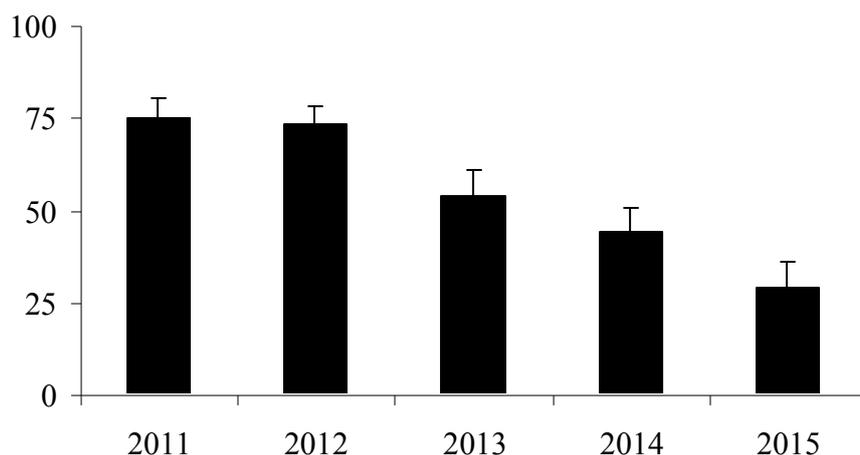


Figura 4: Sopravvivenza delle talee riscontrata durante il monitoraggio

1.5. Criticità sito specifiche

L'area di reimpianto risulta sommersa dalle foglie cadute e/o o strappate dalla prateria naturale circostante. Questo tappeto di foglie causa una sensibile riduzione della penetrazione della luce e anche una riduzione dell'ossigeno con ovvie conseguenze per le piante. La presenza delle foglie morte sembra aver rallentato lo sviluppo delle talee fin dalle prime fasi del reimpianto.

1.6. Attività di prospezioni nell'ambito del LIFE SEPOSSO

Il sopralluogo è stato effettuato nel luglio 2019. Durante il sopralluogo sono stati filmati e fotografati tutti i frame e sono state contate le talee e il numero di fasci (Figura 5, Figura 6).

In totale, dopo 9 anni, sono rimaste vive e impiantate 19 talee, per una sopravvivenza del 26,4%. Il numero di fasci totali presenti è di 38, con una media di 2 fasci per talea (*performance* pari 52,8 %).



Figura 5: Immagine attuale dell'impianto.



Figura 6: Immagine attuale delle talee.

2. Caso studio del trapianto di *P. oceanica* di Rosignano-Vada

2.1. Contesto

L'area marino costiera compresa tra Castiglioncello e Vada è stata interessata da attività chimico-industriale legate alla presenza di un impianto Solvay. I reflui dell'impianto hanno causato a partire dagli inizi del secolo scorso l'arretramento del limite superiore della prateria di *Posidonia oceanica*. A partire dagli anni '80 sono stati messi in opera impianti di trattamento delle acque reflue che hanno portato ad un miglioramento delle condizioni ambientali.

Agli inizi degli anni '90, è iniziato un progetto di studio e di monitoraggio dell'area commissionato dall'industria Solvay e condotto dall'Università di Pisa. In particolare, sono stati realizzati i seguenti interventi:

- È stata realizzata una mappatura bionomica di un tratto di fondale immediatamente a nord del pontile di Vada su una superficie di circa 3,5 km².
- È stata monitorata la dinamica del limite della prateria mediante posizionamento di una stazione di balisage.
- È stato effettuato lo studio della prateria in prossimità del limite. Sono state studiate la fenologia della pianta e la struttura della comunità epifita.

I risultati dello studio hanno messo in evidenza una generale stabilità della prateria con, in alcune aree, una tendenza al recupero. I risultati del monitoraggio hanno creato i presupposti per tentare un intervento di riforestazione. Un intervento su piccola scala ha avuto luogo alla metà degli anni 90', ma, nonostante i buoni risultati raggiunti, non è stato seguito da un intervento su ampia scala.

2.2. Tecnica di trapianto

È stato utilizzato il metodo di fissaggio orizzontale delle talee su griglia metallica. I rizomi ortotropi sono stati posizionati orizzontalmente mentre i plagiotropi con il rizoma strisciante a contatto con la griglia e i fasci fogliari rivolti verso l'alto. Sono state utilizzate griglie in ferro con maglie di 1 cm, di grandezza 45 x 70 cm. Le talee sono state preparate con una lunghezza compresa tra 6 e 10 cm e con un solo fascio fogliare. Le talee sono state fissate mediante filo metallico plastificato. Su ogni griglia sono state posizionate 17 talee con una densità di 50 talee al

metro quadro. Le griglie con le talee, preparate a terra son state munite di un cartellino plastificato per il successivo monitoraggio e sono state trasportate in vasche di plastica che permettessero una continua immersione. Le griglie sono state fissate al substrato costituito da *matte* morta mediante chiodi in ferro lunghi 30 cm.

Sono stati utilizzati anche germogli. Sono stati fissati su griglie di 20 x 20 cm (5 germogli per griglia) mediante quadrati di garza cuciti sulle griglie stesse e le griglie sono state fissate al substrato con chiodi di 20 cm..

2.3. Attività di trapianto

L'area scelta per la riforestazione è situata a circa 1 km dalla costa, alla profondità di circa 10 m, in prossimità del limite superiore della prateria (Figura 7). Il substrato era costituito da *matte* morta, colonizzata da feltro algale e *Caulerpa prolifera*.

Il trapianto è avvenuto nel 1994. In totale sono state posizionate circa 180 griglie per un totale di 3000 talee che coprivano circa 400 mq.

Sono stati effettuati tre esperimenti. Nel primo è stata valutata l'importanza del tipo di rizoma (plagiotropo e ortotropo) (Figura 8), della profondità di prelievo (uguale, minore e maggiore rispetto a quella di trapianto), la provenienza delle talee (stessa prateria, prateria in migliori condizioni ecologiche situata presso l'Isola di Gorgona, prateria del Mediterraneo meridionale situata presso l'Isola di Pantelleria). Nel secondo esperimento si è cercato di valutare l'efficacia dell'utilizzo di sostanze disinfettanti e di ormoni stimolanti la crescita sulla sopravvivenza e accrescimento delle talee. Nel terzo esperimento è stato valutato l'effetto della presenza di *Caulerpa prolifera* sulle talee trapiantate.

Inoltre, un totale di 150 germogli è stato distribuito su 30 griglie e posizionato su 2 differenti tipi di substrato (*matte* e detrito). È stata anche valutata l'importanza degli erbivori sulla sopravvivenza dei germogli mediante un esperimento di esclusione attraverso gabbie.



Figura 7: Localizzazione dell'area di impianto

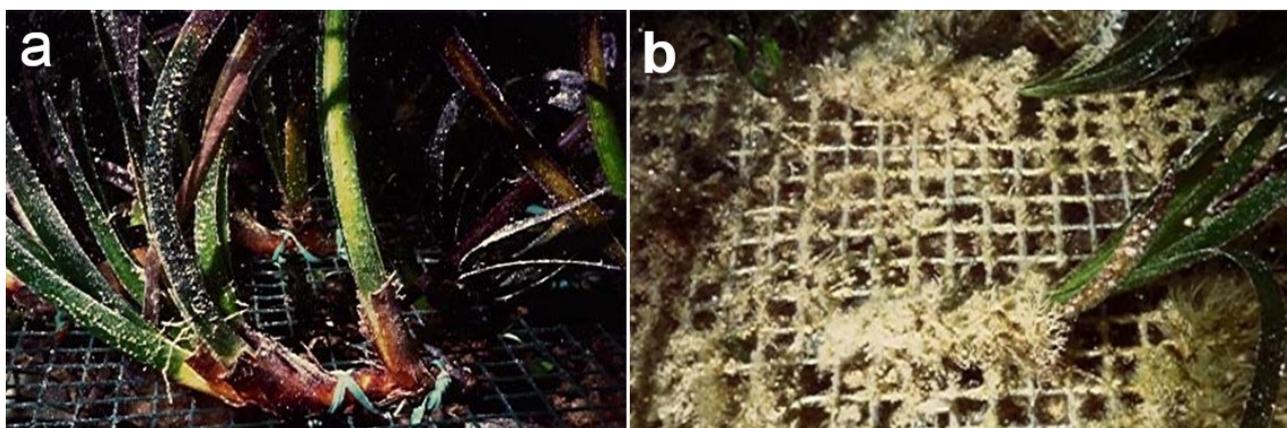


Figura 8: (a) talea plagiotropa al momento dell'impianto e (b) talea ortotropa 3 anni dopo l'impianto

2.4. Monitoraggio progressivo del trapianto

Il monitoraggio è stato effettuato per i primi 3 anni a scadenza semestrale. Sono stati misurati su tutte le unità di trapianto:

1. numero di rizomi recanti fasci vivi per griglia

2. numero di ramificazioni per griglia
3. lunghezza dei rizomi
4. presenza di radici

Successivamente sono stati fatti sopralluoghi per controllare il buono stato dell'impianto per altri 3 anni ma senza effettuare misurazioni sulle talee (Figura 8).

Nei 6 anni di controllo non vi sono state perdite di griglie a causa dell'idrodinamismo anche se il 5,5% dei trapianti è stato danneggiato ad opera di ancoraggi

2.4.1. Talee

Dopo 3 anni dal trapianto la sopravvivenza delle talee è stata di 76,4 e 59,5 per i rizomi plagiotropi e ortotropi rispettivamente, l'allungamento del rizoma del 70,6% e 22,2%, l'incremento di ramificazione dell'87,0% e 37,3% (Figura 9). La sopravvivenza non era influenzata dall'origine o dalla profondità delle praterie donatrici. Al contrario l'allungamento e la ramificazione era più alta in talee provenienti da praterie in buono stato di salute e del Mediterraneo meridionale (Piazzi *et al.* 1998).

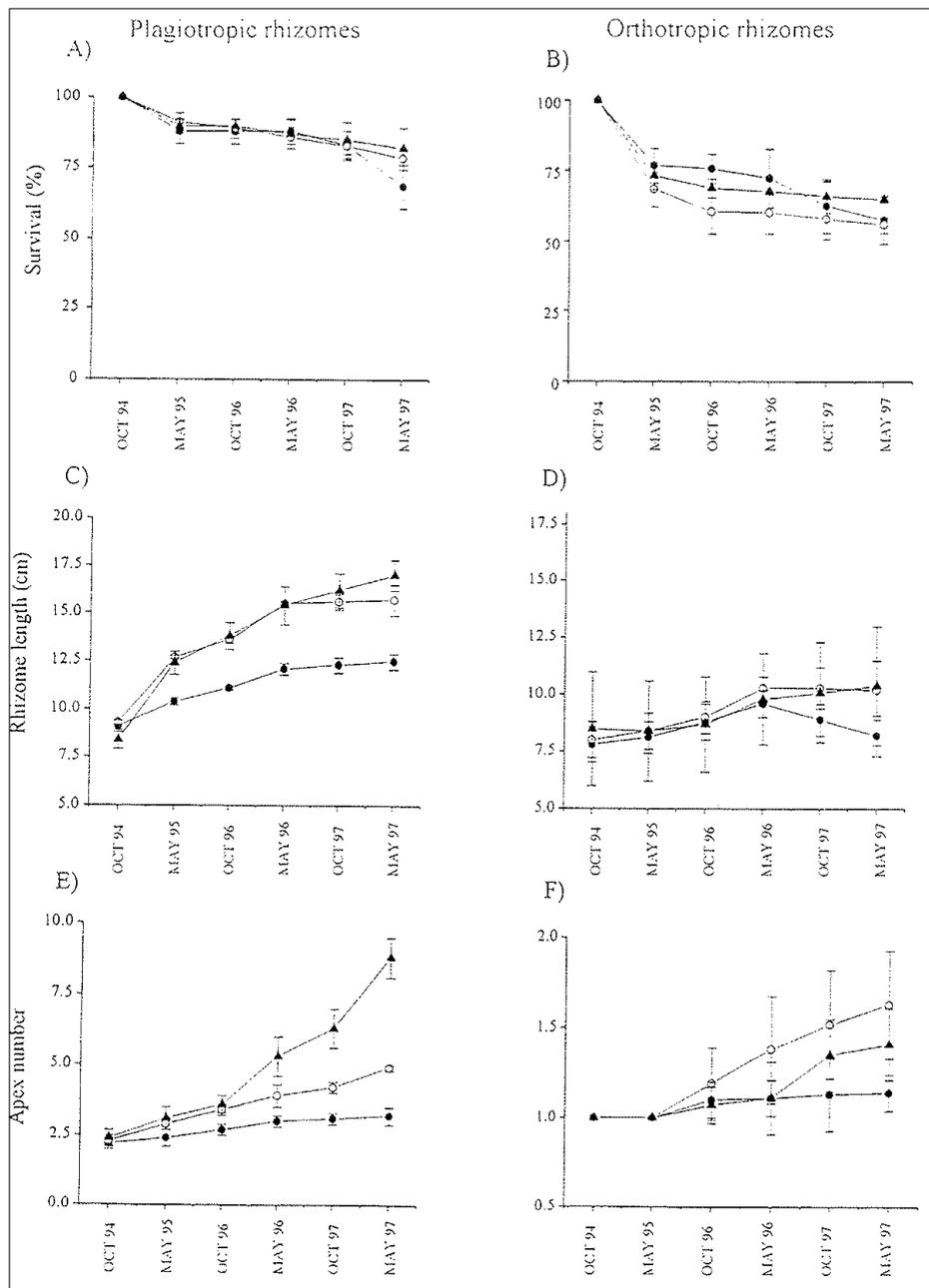


Figura 9: Risultati del monitoraggio dopo tre anni dall'impianto (da Piazzì et al. 1998)

L'utilizzo di ormoni e disinfettanti sulle talee non ha mostrato differenze significative per quanto riguarda la crescita, mentre l'accrescimento è stato più elevato nelle talee trattate con acido naftilacetico e la radicazione in quelle con acido naftilacetico e acido indolo butirrico. La presenza di *Caulerpa prolifera* non ha influenzato la sopravvivenza e l'accrescimento delle talee.

2.4.2. Germogli

Per i germogli la sopravvivenza è stata di circa 70% su matte mentre nessun germoglio è sopravvissuto su fondo detritico (Figura 10). L'esclusione degli erbivori non è risultata importante ai fini della sopravvivenza (Balestri et al. 1998).

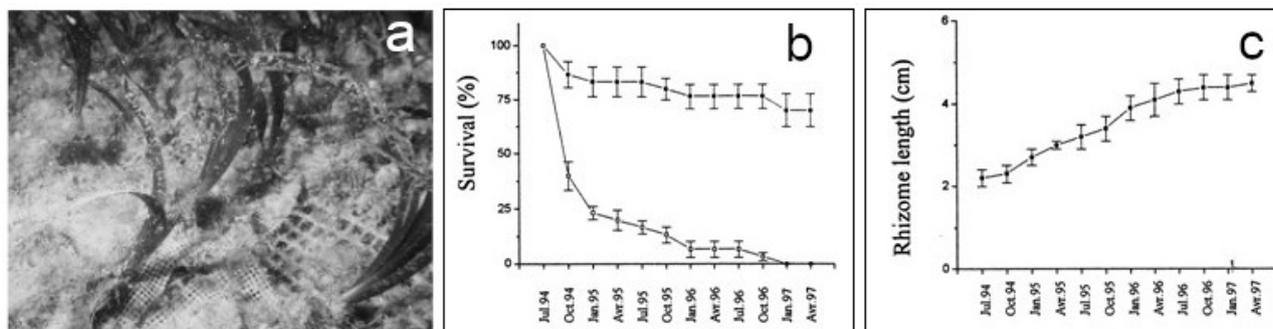


Figura 10: (a) germogli fissati alla griglia, (b) sopravvivenza su matte e su detrito e (c) accrescimento dopo 3 anni dall'impianto (da Balestri et al 1998).

2.5. Criticità sito specifiche

L'impianto ha mostrato un buon successo nel primo periodo di monitoraggio (5 anni), la perdita è stata nulla in relazione all'idrodinamismo; il sito scelto in base ai risultati del monitoraggio della prateria ancora presente nell'area, e la tecnica utilizzata per il trapianto si sono dimostrati idonei. In seguito si è probabilmente verificato un peggioramento delle condizioni ambientali, evidenziato da un arresto dell'avanzamento della prateria naturale e da un inizio di regressione. Questo cambiamento ha influenzato negativamente il trapianto,

2.6. Attività di prospezioni nell'ambito del LIFE SEPOSSO

Il sopralluogo è stato effettuato nel luglio 2019. È stata visionata l'intera area di trapianto, sono stati realizzati foto e video (Figura 11) ed è stata contata la densità dei fasci in 10 unità di trapianto.

Solo un trentina di griglie (circa 60 mq di impianto) delle iniziali 180 avevano ancora piante di *Posidonia*, e ciò corrisponde ad una perdita pari a circa l'85% delle iniziali unità. Le talee rimaste presentavano un impianto stabilizzato con una densità media di $4,7,6 \pm 17.1$. Delle altre griglie solo poche sono risultate ancora presenti. Non sono stati ritrovati gli impianti dei germogli.

I *balises* posizionati lungo il limite superiore della prateria hanno mostrato una situazione di stabilità o regressione in contrasto con la fase di avanzamento evidenziata negli anni '90. Anche il

popolamento presente sulla *matte* morta è cambiato rispetto alla fine del monitoraggio precedente; *Caulerpa prolifera*, prima dominante, è risultata completamente scomparsa, sostituita da un feltro algale.

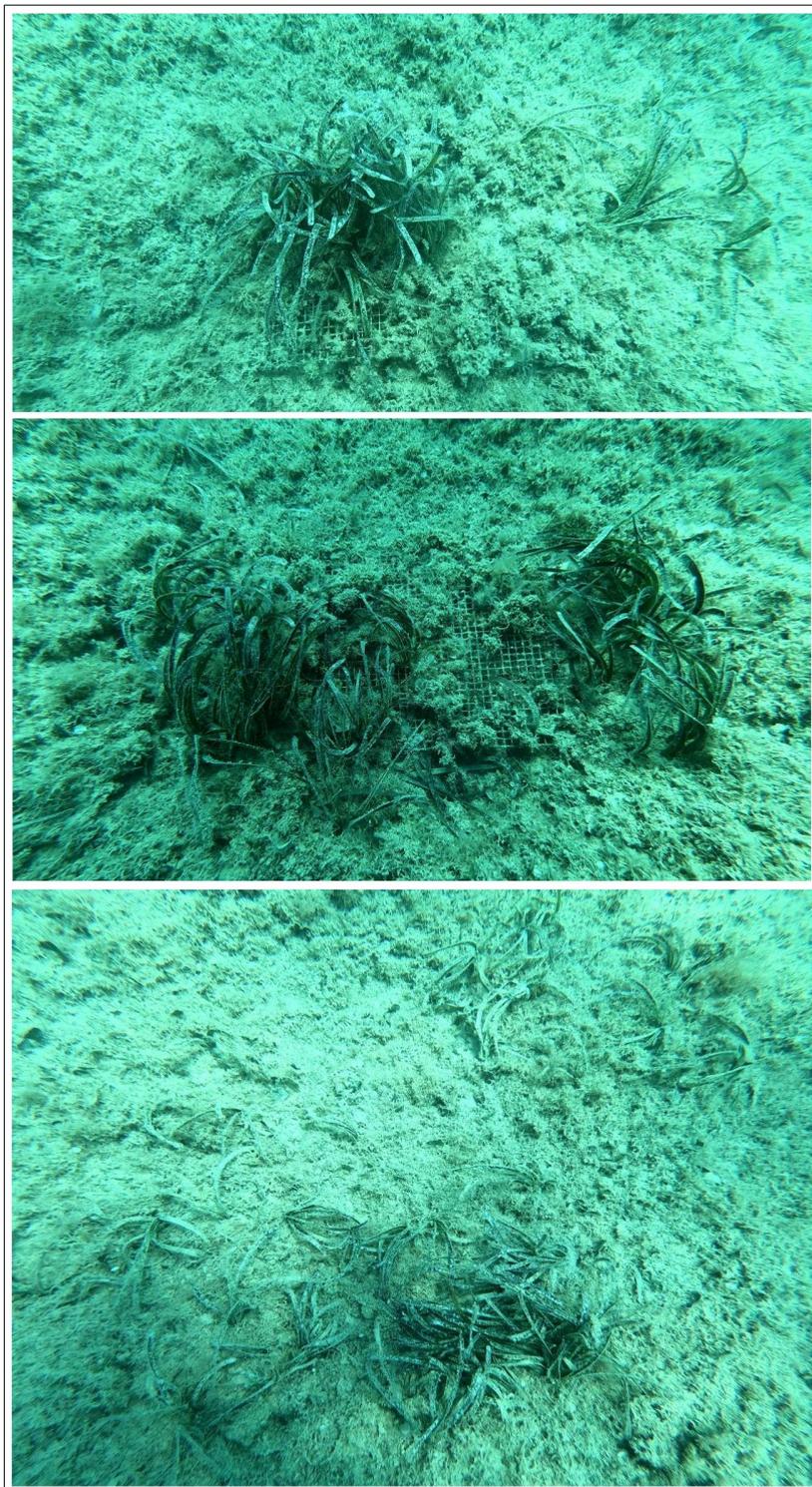


Figura 11: Immagini delle unità di trapianto.

3. Caso studio del trapianto di *P. oceanica* dell'Isola del Giglio

3.1. Contesto

Il 13 gennaio 2012 la nave da crociera Concordia affondava in prossimità dell'Isola del Giglio dopo essere entrata in collisione con uno scoglio sommerso. Il relitto si poggiava a circa 30 metri di profondità rimanendo in sospensione su due promontori di granito che scendono ripidamente fino a circa 70 metri. A parte la falla creata dal masso granitico delle Scole, il relitto non subiva gravi danni strutturali e per questo motivo è stato deciso di rimuoverlo integro con un progetto che prevedeva il suo raddrizzamento e successivo rigalleggiamento.

I fondali su cui la nave poggiava erano di particolare pregio ambientale e avevano ricevuto tanto un impatto fisico con fratturazione del granito, quanto un impatto sugli habitat che li popolavano. Fino ad una trentina di metri di profondità erano infatti presenti importanti praterie di *Posidonia oceanica*. A maggiore profondità si osservavano in maniera diffusa biocostruzioni del Coralligeno, sviluppate con diverse *facies* in relazione alla profondità e all'esposizione.

Le prospezioni sui fondali sono iniziate nel Giugno 2012 sotto il controllo di un Osservatorio tecnico-scientifico incaricato di monitorare le condizioni ambientali durante la rimozione del relitto e il successivo recupero dei siti.

Il primo danno ambientale rilevato è stato proprio su una prateria di *Posidonia* che era presente tra i due promontori rocciosi che reggevano in sospensione il relitto. Già dopo sei mesi di presenza dello scafo, l'ombra proiettata sul fondale, impedendo la fotosintesi, portava rapidamente alla morte di questa fanerogama.

Le attività per la rimozione del relitto sono state complesse e in breve tutta l'area è diventata un cantiere con numerose navi impegnate. Tra queste attività ricordiamo lo scasso del substrato per il posizionamento delle strutture di mantenimento della nave (anchor blocks), le perforazioni per il posizionamento dei piloni delle piattaforme destinate a sorreggere la nave dopo il ribaltamento, il posizionamento dei sacchi ripieni di cemento per sostenere la parte centrale del relitto. Questo ha comportato, tra l'altro, nonostante le misure di mitigazione adottate, la produzione di sedimento grossolano e sottile che invadeva il fondale circostante. Anche i tratti di fondale con *Posidonia* venivano ricoperti da una coltre di sedimento sottile, provocandone la morte.

Contemporaneamente l'ombra creata dalle navi sui sottostanti fondali aumentava il danno per le praterie di *Posidonia*.

La rimozione di questi sedimenti, insieme al materiale fuoriuscito e alle diverse strutture realizzate, hanno costituito una parte sostanziale della successiva opera di pulizia e ripristino dei fondali una volta allontanato il relitto.

Nel Settembre 2013 il relitto veniva ruotato e, dopo il posizionamento di cassoni di galleggiamento, la grande opera di ingegneria definita come "parbuckling" veniva portata finalmente a compimento.

Nel luglio 2014 avveniva il rigalleggiamento e il trasporto del relitto verso il porto di Genova.

Nel Gennaio 2015 iniziavano le attività di pulizia e ripristino dei fondali. La parte più complessa e lunga del lavoro è stata quella della rimozione dei sedimenti che avevano ricoperto i fondali. Le tecniche di rimozione di tali sedimenti implicavano l'uso di una sorbona manuale operata dai sommozzatori, spesso operanti in saturazione.

Dopo questo enorme lavoro rimaneva un fondale segnato da importanti traumi che è stato però pulito da tutte le componenti dannose per l'ambiente. Quello a *Posidonia* è stato uno degli habitat più danneggiati. Le praterie morte per mancanza di luce o soffocate dai sedimenti, hanno lasciato lo spazio ad ampie distese di *matte* morta. Tale *matte*, liberata dai sedimenti estranei, appariva essere un substrato naturale stabile, con le caratteristiche ottimali per poter effettuare interventi di trapianto.

Il Centro Interuniversitario di Biologia Marina ed Ecologia Applicata (CIBM), di Livorno ha avviato, a partire da luglio 2016, una serie di interventi sperimentali per valutare l'efficacia dei sistemi proposti prima della loro realizzazione e avere quindi una maggiore garanzia di efficacia. In particolare, si sono voluti testare, per quanto riguarda la *P. oceanica*:

- La disponibilità naturale di talee in quantità sufficiente ad effettuare il trapianto
- Le metodiche di ancoraggio delle talee
- L'idoneità dei fondali su cui intervenire con il trapianto

Considerato l'esito favorevole di questa prima sperimentazione, nel 2019 prende l'avvio l'intervento di restauro vero e proprio. Tale intervento è programmato in un arco temporale di 4 anni, su una superficie totale di poco più di 2.000 mq.

3.2. Tecnica di trapianto

Il trapianto viene effettuato tramite talee provenienti da zolle distaccate per cause naturali (idrodinamismo) o per l'azione di ancoraggio delle imbarcazioni da diporto.

Le talee vengono impiantate manualmente da operatori subacquei e fissate attraverso picchetti in ferro appositamente disegnati e realizzati a seguito delle sperimentazioni effettuate. Ogni talea è fissata alla *matte* per mezzo di uno o due picchetti che hanno lo scopo di evitare il loro scalzamento a causa dell'idrodinamismo, fino a che le radici non si firseranno al substrato.

Le talee sono composte da rizomi preferibilmente plagiotropi lunghi 10-30 cm, con radici e fasci con foglie.

Le talee vengono impiantate in aree selezionate come "nuclei di espansione" che dovrebbero favorire la ricolonizzazione naturale dell'area.

3.3. Attività di trapianto

Sono state identificate, intorno all'Isola del Giglio, 20 aree ritenute idonee per la raccolta delle piante. Le talee ritrovate vengono trasportate nella zona di trapianto e conservate in "gabbie".

Delle talee ritrovate vengono scelte preferibilmente quelle che presentano rizomi plagiotropi.

Il reimpianto interessa le aree con *matte* morta (Figura 12, Figura 13). La profondità di impianto non è minore di 10 m a causa dell'idrodinamismo in grado di sradicare o danneggiare le talee mentre non è superiore ai 23 m per la ridotta radiazione luminosa che arriva a questa profondità.

Non vengono inoltre fatti trapianti sulle aree rocciose prima ricoperte di *Posidonia* a causa delle scarse esperienze in tal senso e della mancanza della sicurezza della buona riuscita del trapianto.

Il lavoro di trapianto procede posizionando sul fondale quadrati mobili delle dimensioni di 1 x 1 m che vengono via via spostati man mano che si completa il trapianto. La densità del trapianto è pari a 23 - 28 fasci di *Posidonia* per m².

Nel 2019 sono stati trapiantati 524 mq di *Posidonia*, nel 2020 altri 625 mq mentre al 30 Giugno 2021 sono stati trapiantati altri 207 mq, per un totale quindi di 1.356 m².

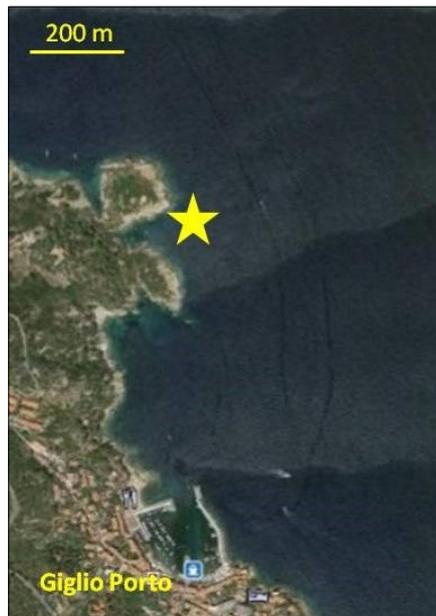


Figura 12: Localizzazione dell'area di impianto.

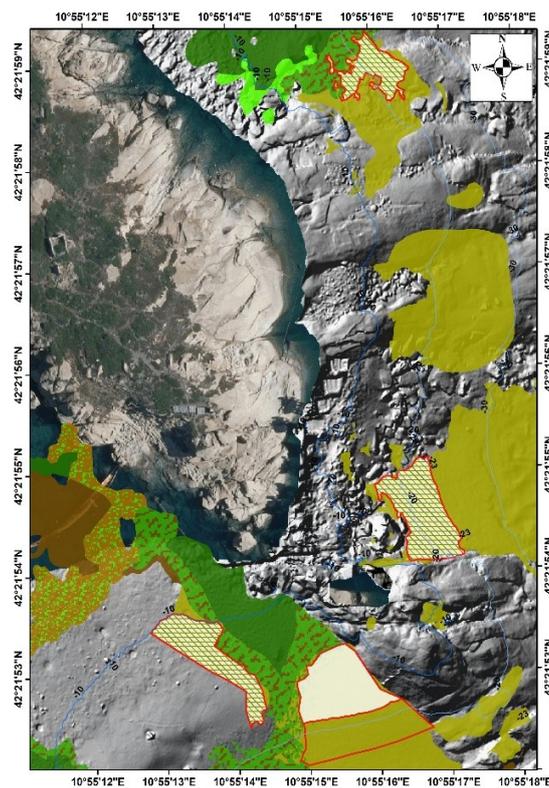


Figura 13: Localizzazione dell'area di impianto. Le aree contornate in rosso sono state oggetto di trapianto nel 2019 e 2020 (tratteggiato verde), nel 2021 (in bianco) o lo saranno nel prossimo anno (in verde muschio). Per le altre aree in verde muschio non sono previsti interventi di trapianto.

3.4. Attività di prospezioni nell'ambito del LIFE SEPOSSO

Il sopralluogo è stato effettuato nel luglio 2019. All'epoca le attività di trapianto avevano interessato un'area di circa 235 m². È stata visionata tutta l'area di trapianto in quel momento esistente, sono stati realizzati foto e video. Durante il sopralluogo è stato possibile osservare che le talee fino a quel momento trapiantate erano ben ancorate al substrato e che il picchetto era saldamente infisso nella *matte* morta.

Le immagini successive (Figura 14) si riferiscono al trapianto sperimentale del 2016.



Figura 14: Trapianto sperimentale del 2016.

3.5. Criticità sito specifiche

Tra le criticità ci sono da segnalare due possibili cause di disturbo all'attecchimento delle talee: la importante formazione di mucillagini e l'azione di grazing da parte di *Sarpa salpa*. A queste va aggiunto il rischio legato agli ancoraggi e alle attività di pesca che saranno esercitate nelle aree di trapianto una volta terminato l'attuale regime di concessione demaniale.

3.6. Monitoraggio del trapianto

Il trapianto viene monitorato attraverso metodi di indagine non distruttivi. In diverse aree (3% della superficie trapiantata) sono stati posizionati dei quadrati permanenti di monitoraggio di 1 x 1 m di lato per le misure in immersione mentre la tecnica della fotogrammetria viene utilizzata per seguire l'evoluzione naturale delle nuove piantine e valutare modalità e velocità di crescita e ricolonizzazione.

In immersione viene stimato il tasso di sopravvivenza delle talee trapiantate (numero di fasci vivi e morti all'interno di ogni quadrato). Viene poi calcolato l'accrescimento delle foglie, l'allungamento dei rizomi e la percentuale di copertura delle aree soggette a trapianto.

Le attività di monitoraggio si svolgeranno ogni 2 mesi nel periodo dei lavori (2019-2023) e ancora per un anno nel 2024 (Figura 15).

I risultati del monitoraggio effettuato dopo 1 anno e mezzo dal trapianto del 2019 evidenziano un calo dopo 6 mesi sia del numero di talee che di fasci fogliari. Le talee passano infatti all'82%, con perdite dovute per lo più alla morte dell'intera talea. I fasci fogliari evidenziano nello stesso periodo il 76% di sopravvivenza. Nei 12 mesi successivi non si assiste a sostanziali modifiche nel numero di talee, oramai stabilizzate, mentre il numero di fasci per metro quadro risale a valori pari al 99% rispetto quello iniziale.

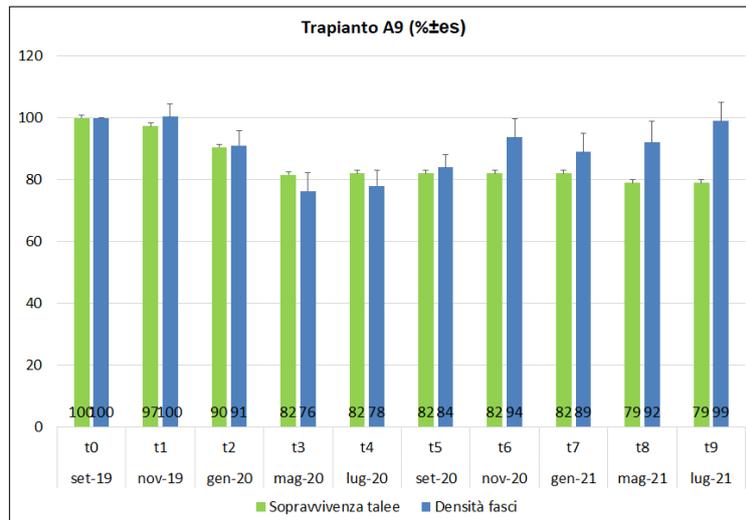


Figura 15: Andamento della sopravvivenza delle talee e del numero di fasci/mq per l'impianto effettuato in area A9 nel 2019.

Ricordiamo che lo stesso andamento era stato osservato anche nel trapianto sperimentale del 2016 dove, a distanza di 5 anni, dopo una caduta iniziale del numero di rizomi e dei fasci/mq si è assistito ad un aumento dei fasci fogliari con valori fino al 146% rispetto all'inizio (Ardizzone, com. pers.).

4. Caso studio del trapianto di *P. oceanica* dell'Isola d'Elba-Cavo

4.1. Contesto

Il progetto di riforestazione si colloca nell'ambito di una sperimentazione realizzata dall'*International School for Scientific Diving* (ISSD) grazie a finanziamenti privati (LUSH Italia). L'obiettivo principale del progetto è quello di realizzare un'attività di riforestazione di *Posidonia oceanica* operando mediante una modalità di intervento già collaudata con il valore aggiunto della sperimentazione di materiali completamente ecocompatibili. Il progetto vuole quindi ottenere, utilizzando tecniche proprie dell'Ingegneria Naturalistica e materiali completamente biodegradabili, il ripristino dell'integrità della prateria presente in un tratto di mare prospiciente la località Cavo (Comune di Rio, Isola d'Elba) attraverso il reimpianto di talee prelevate tra quelle naturalmente scalzate dall'azione di onde e correnti.

L'Ingegneria Naturalistica è una disciplina tecnica che utilizza piante vive negli interventi anti-erosivi e di consolidamento. Alcuni studi hanno dimostrato la resistenza alle condizioni subacquee di alcune tipologie di materiali impiegati dall'Ingegneria Naturalistica terrestre, ed è stata messa a punto una metodologia per il rinverdimento dei fondali, utilizzando fanerogame marine ed in particolare *Posidonia oceanica*. Nell'ambito di tali studi, sempre nelle acque prospicienti la località Cavo, nel 2006 furono utilizzati riquadri di "Macmat[®]", con geostuoia tridimensionale e rete metallica a doppia torsione (1 m × 1 m), materassi tipo "Reno[®]", (1 m × 1 m × 0,23 m), rivestiti alla base e sui lati con geotessuto e muniti di coperchi "Macmat[®]" (entrambi brevettati da Officine Maccaferri Italia S.r.l.) e biostuoie biodegradabili in fibra di agave a trama fitta, sia rinforzate con rete metallica che prive di rinforzi (Cinelli et al. 2007).

Il progetto di ripristino di Cavo ha l'obiettivo di testare l'utilizzo di materiali completamente biodegradabili che, avendo in passato mostrato problemi di resistenza, necessitano oggi di nuove sperimentazioni alla luce delle diverse modalità costruttive delle biostuoie e le migliorate caratteristiche di resistenza.

4.2. Tecnica di trapianto

Per il fissaggio delle talee al fondale sono stati utilizzati materiali geocompositi costituiti da rete metallica a doppia torsione accoppiata in fase di produzione con bioreti naturali in cocco (R.E.C.S.® *Reinforced Erosion Control System*- Cocco). Porzioni di stuoie di 2 x 5 m sono state ancorate al fondo, ad una profondità di circa 15 m, mediante semplici picchetti costituiti da tondini metallici lunghi 120 cm e sezione del diametro di 1,4 cm. Le talee sono state inserite direttamente nelle bioreti che, grazie alle loro caratteristiche di elasticità, trattengono le piante senza necessità di ulteriori strumenti di fissaggio. Tutte le attività di reimpianto sono avvenute in mare sulle biostuoie precedentemente ancorate al fondo.

4.3. Attività di trapianto

L'area marino-costiera di Cavo è stata mappata in dettaglio mediante transetti subacquei. Le aree idonee per un progetto di riforestazione sono state individuate in prossimità dell'Isolotto dei Topi (Figura 16). In tale area la prateria di *P. oceanica*, soprattutto nel versante esposto a nord, presenta larghe radure a matite morte. L'intervento è stato effettuato in maggio-giugno 2019 (Figura 17) ed ha interessato un'area di circa 200 m² di fondo. Sono state utilizzate 10 biostuoie per una superficie complessiva di 100 m² che hanno fatto da supporto a 2.000 talee (costituite da rizomi prevalentemente plagiotropi) organizzate in nuclei di ricolonizzazione costituite da almeno 20 talee/m², ciascuna talea recava mediamente 2 fasci fogliari per una densità complessiva di circa 40 fasci/m² (Figura 18). Sono state messe a dimora esclusivamente talee già eradiccate per cause naturali prelevate direttamente *in situ* da Operatori Scientifici Subacquei ISSD. In questo modo è stato escluso il disturbo sulla prateria donatrice. Inoltre, con l'obiettivo di mettere a punto un sistema alternativo di restauro delle praterie, su un'altra biostuoia (10 m²) sono stati fissati alla stessa profondità circa 300 germogli raccolti nella zona nel maggio 2019 e mantenuti in mare fino al momento dell'impianto avvenuto nel giugno 2019.



Figura 16: Localizzazione dell'area di impianto.



Figura 17: Fasi del reimpianto.



Figura 18: Talee e semi al termine del reimpianto.

4.4. Attività di prospezioni nell'ambito del LIFE SEPOSSO

Il sopralluogo è stato effettuato nel luglio 2019 in coordinamento con i biologi ISSD. È stata visionata tutta l'area di trapianto, sono stati realizzati foto e video (Figura 19, Figura 20, Figura 21) ed è stata contata la densità dei fasci in 10 nuclei di impianto. Questo monitoraggio rappresenta il primo dato relativo alla densità dei fasci. Durante il sopralluogo è stato possibile osservare che le talee trapiantate erano ben ancorate alle strutture. La densità media era di $30,5 \pm 3,4$ fasci/m².



Figura 19: Unità di trapianto.



Figura 20: Immagini ravvicinate di talee impiantate.

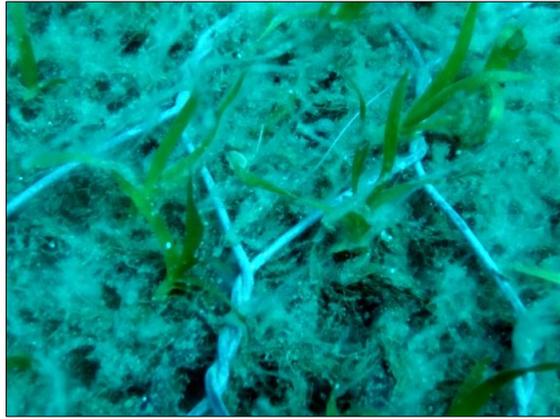


Figura 21: Germogli trapiantati.

4.5. Criticità sito specifiche

Possibili criticità riguardano l'utilizzo di talee scalzate naturalmente, la cui vitalità è difficile da valutare, e la tenuta nel tempo delle fibre vegetali che formano le biostuoie. Inoltre, sebbene sia stata emessa dalla Capitaneria di Porto di Portoferraio l'Ordinanza n. 32/2019 che vieta ancoraggio e pesca nell'area interessata dall'impianto nel periodo di massima frequentazione turistica, possibili infrazioni potrebbero generare danni alle biostuoie.

4.6. Monitoraggio del trapianto

Il monitoraggio, secondo quanto previsto dal protocollo del progetto realizzato dalla ISSD, avrà una durata di almeno 5 anni. Saranno valutati, in continuità con il primo monitoraggio effettuato in coordinamento tra ISSD ed il progetto LIFE SEPOSSO: la persistenza in situ delle strutture di ancoraggio e dei nuclei di ricolonizzazione su tutto l'impianto; inoltre, su un campione rappresentativo dell'impianto, sarà contato il numero di fasci fogliari.



Figura 22: Area di impianto durante un monitoraggio.

Un monitoraggio dell'impianto è stato eseguito a dicembre 2019 (Figura 22). Delle 20 talee/m² inizialmente presenti sono state contate una media di 11.52 ± 1.1 talee/m² equivalenti ad un tasso di sopravvivenza pari al 57.63%. In questa fase iniziale dello studio è stata valutata anche la densità delle piante che alla data di campionamento è risultata pari a $29,8 \pm 1.2$ fasci/m² (Figura 23). Anche i germogli a dicembre 2019 apparivano in ottime condizioni e dei 300 piantati ne sono stati contati 270 per un tasso di sopravvivenza del 90% (Acunto et al. 2020). Il monitoraggio eseguito ad un anno dal trapianto (luglio 2020) ha mostrato che tutte le strutture e tutti i nuclei di ricolonizzazione erano ancora in situ. La sopravvivenza valutata considerando il numero di talee presenti era risultata essere pari al 55%. Per i germogli il tasso di sopravvivenza era attestato al 61.7% (Piazzi et al. 2021). Sempre a luglio 2020 la densità dei fasci risultava essere pari a $32,23 \pm 1,2$ fasci/m² e nell'ultimo monitoraggio realizzato ad aprile 2021, appariva ulteriormente in crescita e pari a $35,03 \pm 2,1$ fasci/m² (Figura 23). Per quanto riguarda i germogli, il tasso di sopravvivenza ad aprile 2021 a circa due anni dal trapianto può essere considerato abbastanza stabile sebbene passi dal 61,7% di luglio 2020 al 58,7%.

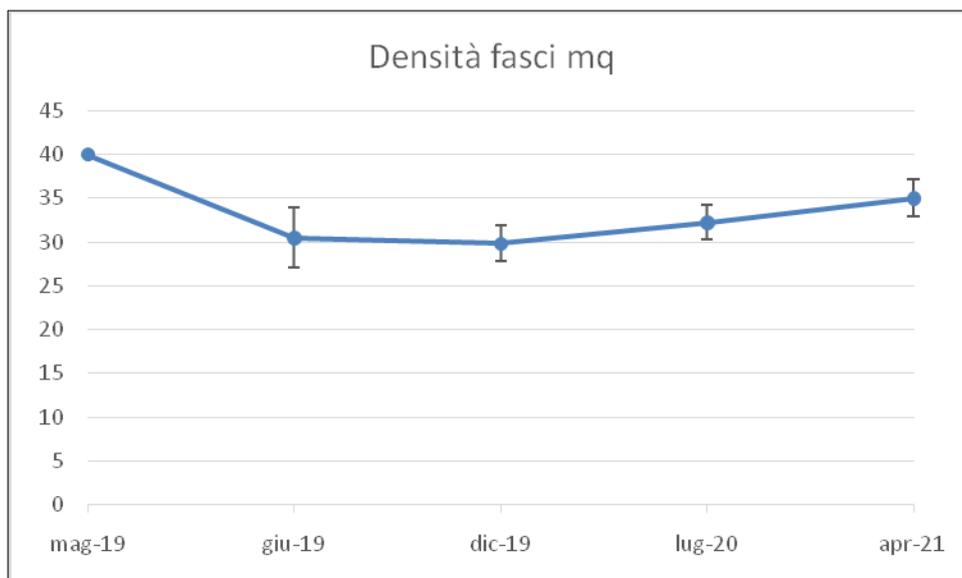


Figura 23: Valori di densità dei fasci di *Posidonia oceanica* trapiantata nel periodo di monitoraggio maggio 2019 – aprile 2021.

5. Caso studio del trapianto di *P. oceanica* dell'isola d'Elba-Capoliveri

5.1. Contesto

Il progetto "AUTONOMIA IDRICA ISOLA D'ELBA: I LOTTO - IMPIANTO DI DISSALAZIONE IN LOC. MOLA DA 80 L/SEC E OPERE ACCESSORIE A TERRA E A MARE" prevede la realizzazione da parte di ASA, Azienda Servizi Ambientali S.p.A., di un impianto di dissalazione da 80 l/s in località Mola nel comune di Capoliveri avente l'obiettivo di aumentare la risorsa idrica potabile dell'Isola d'Elba. L'impianto ha come opere accessorie due condotte sottomarine di presa a mare (750 m) e una condotta di scarico dell'acqua di restituzione (500 m) da realizzarsi nelle acque del Golfo Stella a Lido di Capoliveri. Le condotte a mare si sviluppano in adiacenza alla esistente condotta di scarico della fognatura nera che ha una lunghezza di 1600 m, sono interrato nei primi 170 m dalla battigia e poi si adagiano sul fondo tramite blocchi di ancoraggio prefabbricati in cemento armato. La condotta di scarico è prevista ad una profondità di circa 18 metri. Le condotte interessano una prateria di *Posidonia oceanica* a partire da circa 300 m dalla linea di battigia (Figura 24). Il progetto preliminare è stato sottoposto a procedura di verifica di assoggettabilità alla Valutazione di Impatto Ambientale (VIA). Nell'ambito procedura, è stato effettuato uno studio della prateria dal CIBM nell'ottobre 2016 ed è stata redatta nel dicembre 2016 una relazione degli impatti dell'opera sulle praterie di *P. oceanica*". Dall'insieme delle valutazioni è stato evidenziato che la natura dell'intervento proposto introduca complessivamente una limitata trasformazione delle caratteristiche ambientali del fondo marino. Tuttavia, in un'ottica precauzionale e tenendo conto che in relazione ai possibili effetti su *P. oceanica* dovuti alle acque di restituzione derivanti dagli impianti di dissalazione non sono ancora disponibili evidenze scientifiche esaustive, al fine di ridurre al minimo potenziali alterazioni alla prateria, sono state introdotte specifiche misure di mitigazione e compensazione. Nell'ottica di considerare un trapianto di *P. oceanica* tra le azioni di compensazione degli impatti sulla prateria nel Golfo Stella derivante dalla realizzazione dell'impianto di dissalazione di Mola e delle relative condotte di presa e scarico, si è proceduto ad un progetto pilota sperimentale per la valutazione dei migliori siti e sistemi di ancoraggi da adoperare nel trapianto di *Posidonia oceanica* (Figura 24).



Figura 24: Localizzazione dell'area di impianto e dell'area interessata dal progetto (ellisse).

5.2. Tecnica di trapianto

I supporti testati nel trapianto pilota sono stati i seguenti:

- tecnica denominata "Elements Work" (EW) su sabbia. Questa tecnica comprende stuoie biodegradabili ed rappresentano un progetto brevettato innovativo proposto dalla società esecutrice (Figura 25);
- geostuoia MacMat su sabbia con paletti (elicoidali) e rete elettrosaldata (Figura 26);
- "materasso-cassoni" su sabbia; i materassi avevano una geostuoia MacMat ed erano riempiti di sabbia (Figura 26);
- geostuoia MacMat su "matte morta" in due pezzi separati da 5 m x 2 m (Figura 27).

5.3. Attività di trapianto

Il trapianto pilota è stato effettuato a settembre 2016. È stato installato un supporto per ogni metodica da testare, per un totale di 874 talee ad una profondità compresa tra 10 e 12 metri (Figura 24).



Figura 25: Impianto "Elements Work" EW.



Figura 26: Materasso e geostuoia su sabbia.



Figura 27: Geostuoia su matre.

5.4. Monitoraggio progressivo del trapianto

Il trapianto pilota è stato monitorato nel maggio 2017, settembre 2017, maggio 2018, maggio 2019. Ad ogni data di campionamento sono state effettuate le seguenti attività:

- video ripresa su tutti gli impianti;
- verifica accurata dello stato di ancoraggio dei supporti sul substrato;
- conteggio delle talee

A maggio 2019, ultimi dati a disposizione, i risultati del monitoraggio sono stati quelli riportati in Tabella 3:

Tabella 3: Risultati del monitoraggio condotto a maggio 2019

<i>Tipologia supporto</i>	<i>Installazione (n. talee)</i>	<i>Maggio 2019</i>
Geostuoia su <i>matte</i> morta	180	146
Geostuoia su <i>matte</i> morta	190	176
Geostuoia su sabbia	230	143
Materasso su sabbia	160	66
Impianto Elements Works	114	88

5.5. Criticità sito specifiche

Durante la stagione invernale le condizioni meteo marine hanno presentato forti mareggiate. Le strutture su sabbia sono state coperte da uno spesso strato di foglie morte di *Posidonia* e presentavano un insabbiamento nel lato verso terra e uno scalzamento nella direzione opposta.

5.6. Attività di prospezioni nell'ambito del LIFE SEPOSSO

Nell'ambito del progetto LIFE SEPOSSO sono state raccolte informazioni ma non sono state effettuate prospezioni sul campo in quanto tali informazioni riguardano esclusivamente i trapianti pilota, ma il trapianto in via di pianificazione non è stato ancora effettuato.

Conclusioni

In Toscana sono stati effettuati 5 progetti di trapianto di *P. oceanica*, analizzati dal Progetto SEPOSSO, oltre a quello effettuato come compensazione del dragaggio del canale di ingresso del porto di Piombino mediante zolle, non oggetto del presente Report. Il trapianto delle Secche della Meloria è stato effettuato come opera di compensazione nell'ambito di una Valutazione di Impatto Ambientale, la sperimentazione di Capoliveri nell'ambito di una procedura di verifica di assoggettabilità alla Valutazione di Impatto Ambientale, il trapianto del Giglio è un programma di recupero in seguito a un danno ambientale, mentre i trapianti di Cavo e di Rosignano-Vada sono da considerarsi sperimentazioni realizzate per attività di recupero ambientale.

Al momento del monitoraggio effettuato nell'ambito del Progetto SEPOSSO, il trapianto del Giglio era in fase di realizzazione e il trapianto di Cavo era stato realizzato da pochi mesi. Per questi due trapianti, sono stati presentati nel presente Report anche alcuni dati integrativi successivi al monitoraggio SEPOSSO evidenziando nel breve periodo risultati incoraggianti. Solamente Vada e Meloria possono essere analizzati per valutare il risultato del trapianto nel lungo periodo,. In entrambi i casi, i risultati sono stati inferiori alle aspettative e sempre in relazione alle condizioni ambientali dell'area di trapianto.

Nel caso di Vada, il trapianto era stato incoraggiato dai risultati di un monitoraggio che registravano il miglioramento delle condizioni ambientali di un'area fortemente impattata. Dopo alcuni anni durante i quali il trapianto sembrava ben stabilito, il peggiorare delle condizioni ambientali legate probabilmente ad un incremento di sedimentazione, ha portato alla regressione dell'impianto di Posidonia così come della prateria naturale.

Nel caso della Meloria, il sito prescelto, nonostante fosse all'interno della zona A di un'Area Marina Protetta, ha presentato problemi di accumulo di foglie morte di *Posidonia* che ha probabilmente influenzato negativamente l'attecchimento e la crescita delle talee.

Da un punto di vista tecnico, i più recenti progetti sono stati concepiti valutando le tecniche mediante progetti pilota e scegliendo siti idonei caratterizzati da *matte* morta. Inoltre, si sta cercando di sperimentare e impiegare sempre più materiali biodegradabili per i supporti per il trapianto.

Inoltre, rispetto al passato, i più recenti progetti di trapianto hanno visto una maggiore interazione tra i committenti, i tecnici, le amministrazioni locali e le istituzioni. In particolare, il

coinvolgimento dell’Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale (ARPAT) è stato realizzato sin dalle prime fasi del progetto.

Nella tabella sottostante (Tabella 4) viene riportata una sintesi dei casi di studio.

Tabella 4: Sintesi casi di studio

Caso studio (Sito)	Contesto	Tecnica	Prof.	Anni monitoraggio
MELORIA	VIA	griglie su cornici di cemento	7,2	5 anni + survey SEPOSSO dopo 9 anni
VADA	Sperimentazione, recupero ambientale	griglie metalliche	10	6 anni + survey SEPOSSO dopo 25 anni
CAVO	Sperimentazione, recupero ambientale	geostuoie biodegradabili	15	2 anni*
CAPOLIVERI	Assoggettabilità alla VIA	varie	10-12	2 anni
GIGLIO	Recupero ambientale	picchetti	10-23	2 anni*

* nel 2019 è stato effettuato un survey nell’ambito del Progetto SEPOSSO

Bibliografia citata

AA.VV. LIFE SEPOSSO (Action A.3) (2019) Final report on Posidonia oceanica transplanting case studies analysis.

AA.VV. LIFE SEPOSSO (Action B.1) (2021) Basic information, legislative context and description of case studies: case studies extension.

A.A.V.V. LIFE SEPOSSO (Action B.2) 2020. Activity report about monitoring campaigns and their results.

Acunto S., Piazzì L., Leone L.M. 2020. Ripristino delle praterie di Posidonia oceanica tramite tecniche di ingegneria naturalistica e l'uso di materiali biodegradabili. Biol. Mar. Mediterr., in stampa.

BALESTRI E., PIAZZI L., CINELLI F. 1998. Survival and growth of transplanted and natural seedlings of Posidonia oceanica (L.) Delile. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 228: 209-225.

CINELLI F., BOCCALARO F., BURGASSI M., RENDE F., PIAZZI L., ZANELLA M., 2007 - Utilizzo sperimentale in mare di sistemi tecnici già impiegati dall'ingegneria naturalistica terrestre. Biologia Marina Mediterranea, 14(2): 342-343.

PIAZZI L., BALESTRI E., MAGRI M., CINELLI F. 1998. Experimental transplanting of Posidonia oceanica (L.) Delile into a disturbed habitat in the Mediterranean Sea. Botanica Marina. 41: 593-601.

PIAZZI L., 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. <https://doi.org/10.3390/w13050661>