



AUTORITA' PORTUALE DI CIVITAVECCHIA, FIUMICINO E GAETA
OPERE STRATEGICHE PER IL PORTO DI CIVITAVECCHIA

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 IN COMUNE DI
SANTA MARINELLA, COMPRENSIVA DEI SERVIZI DI
GEOREFERENZIAZIONE, MAPPATURA E MONITORAGGIO
QUINQUENNALE. CIG: 31184301D8



RELAZIONE RAPPORTO di MONITORAGGIO ANNO 2012-2013

Committente:
Autorità Portuale di Civitavecchia, Fiumicino e Gaeta

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
Dott. Ing. Maurizio Ievolella

IL DIRETTORE DEI LAVORI
Dott. Giorgio Fersini

Progetto A.T.I:
NUOVA INDAGO S.r.l. (Capogruppo)
ELETTRA APPALTI S.r.l.
CIBM Centro Interuniversitario di Biologia Marina

Signature

COMMESSA		CATEGORIA	LIVELLO	SETTORE	REL	REV
A000112		SE	00	00	00RM1	1
GIUG/2014	1	TERZA EMISSIONE				
OTTO/2013	1	SECONDA EMISSIONE				
GIUG/2013	0	PRIMA EMISSIONE				
Rif. Dis.	Data	Rev.	DESCRIZIONE			

SOMMARIO

RAPPORTO FINALE PRIMO ANNO FASE 2

PARTE PRIMA: MONITORAGGIO SETTEMBRE 2012

Premessa	2
1. Settembre 2012: Fase 2, prima campagna di monitoraggio	6
1.1 Monitoraggio tramite indagini dirette	6
1.1.1 Determinazione e marcatura delle aree di monitoraggio nell'area di impianto e nell'adiacente prateria naturale	6
1.1.2 Monitoraggio non distruttivo sull'area di impianto	8
1.1.3 Monitoraggio non distruttivo sull'adiacente prateria naturale	8
1.1.4 Risultati	9
1.1.5 Conclusioni	22
1.2 Monitoraggio tramite Data Logger	24
1.2.1 Misurazione di luce e temperatura nella colonna d'acqua tramite sonda "HOBO® Pendant Data Logger"	24
1.2.2 Misurazione dell'accelerazione del movimento della colonna d'acqua tramite Sonda "HOBO® Pendant G Acceleration Data Logger"	26
1.2.3 Risultati	27
1.3 Monitoraggio tramite dati satellitari	31
1.4 Conclusioni	36
1.4.1 Documentazione fotografica Area R2	37
1.4.2 Documentazione fotografica Area R1	39
2. Settembre 2012: Descrizione danni riscontrati durante la prima campagna di monitoraggio	41
3. Settembre 2012: Analisi della colonna d'acqua	43

PARTE SECONDA: ATTIVITA' DA OTTOBRE 2012 A DICEMBRE 2013

4. Ottobre 2012 – Novembre 2012: Mareggiate eccezionali	46
4.1 Documentazione condizioni meteo-marine degli eventi di ottobre-novembre 2012	46
5. Novembre 2012 - Gennaio 2013 – Marzo 2013: Attività realizzate e considerazioni sulle condizioni delle aree di impianto	49
6. Giugno 2013 - Ottobre 2013 – Novembre 2013: Valutazioni dello stato di fatto nelle aree di impianto R1 ed R2	54
6.1 Stato di fatto Area R2	56
6.2 Stato di fatto Area R1	70
6.3 Conclusioni	84
7. Dicembre 2013: Valutazioni delle condizioni vegetative delle talee trapiantate e posizionamento di una nuova area di monitoraggio in R2	86
7.1 Fenologia ed accrescimento delle talee trapiantate	86
7.2 Posizionamento area di monitoraggio in R2	94
8. Conclusioni	96

PARTE TERZA: ATTIVITA' PROPEDEUTICHE AL MONITORAGGIO PER GLI ANNI 2014 E 2015

9. Monitoraggio della prateria naturale: Posizionamento di un quadrato Permanente	100
10. Monitoraggio della prateria naturale: Macrostruttura ed analisi di laboratorio dei fasci fogliari di <i>Posidonia oceanica</i> per l'elaborazione dell'indice "PREI"	106
10.1 Metodi di indagine	106
10.2 Risultati	109
10.2.1 Macrostruttura	109
10.2.2 Studio fenologico	110
10.2.3 Calcolo dell'Indice PREI	111
10.3 Conclusioni	113
11. Caratterizzazione dei sedimenti: Saggi ecotossicologici	115
11.1 Metodi di indagine	115
11.2 Risultati	119
12. Maggio 2014 – Luglio 2014: Rielaborazione planimetrie e conteggio delle superfici vegetate nelle due aree di impianto R1 ed R2	122
12.1 Rielaborazione planimetrie	122
11.2 Valutazione superfici stuoie <i>in situ</i> e superfici vegetate	123

RAPPORTO FINALE PRIMO ANNO FASE 2

PARTE PRIMA: MONITORAGGIO SETTEMBRE 2012

Indice

Premessa	2
1. Settembre 2012: Fase 2, prima campagna di monitoraggio	6
1.1 Monitoraggio tramite indagini dirette	6
1.1.1 Determinazione e marcatura delle aree di monitoraggio nell'area di impianto e nell'adiacente prateria naturale	6
1.1.2 Monitoraggio non distruttivo sull'area di impianto	8
1.1.3 Monitoraggio non distruttivo sull'adiacente prateria naturale	8
1.1.4 Risultati	9
1.1.5 Conclusioni	22
1.2 Monitoraggio tramite Data Logger	24
1.2.1 Misurazione di luce e temperatura nella colonna d'acqua tramite sonda "HOBO® Pendant Data Logger"	24
1.2.2 Misurazione dell'accelerazione del movimento della colonna d'acqua tramite sonda "HOBO® Pendant G Acceleration Data Logger"	26
1.2.3 Risultati	27
1.3 Monitoraggio tramite dati satellitari	31
1.4 Conclusioni	36
1.4.1 Documentazione fotografica Area R2	37
1.4.2 Documentazione fotografica Area R1	39
2. Settembre 2012: Descrizione danni riscontrati durante la prima campagna di monitoraggio	41
3. Settembre 2012: Analisi della colonna d'acqua	43

Premessa

Il progetto di espianto e reimpianto di *Posidonia oceanica* nel tratto costiero laziale compreso fra Punta Sant'Agostino e Santa Marinella è rientrato tra gli adempimenti connessi alle opere di ampliamento dell'area portuale di Civitavecchia ed ha costituito una fase essenziale per il riequilibrio e la compensazione dell'impatto ambientale conseguente ai piani di sviluppo in atto.

Posidonia oceanica è una pianta acquatica endemica del Mar Mediterraneo appartenente alle fanerogame marine. Colonizza il piano infralitorale dalla superficie fino a profondità che, nelle migliori condizioni di illuminazione necessarie al suo processo fotosintetico, possono raggiungere e talvolta superare i 40 metri.

Si stima che nel Mediterraneo vi siano dai 2,5 ai 5 milioni di ettari di fondale colonizzato da questa pianta.

E' considerata un elemento estremamente importante per il mantenimento dell'equilibrio ecologico della fascia neritica costiera. La vasta estensione delle zone colonizzate, la stabilità nel tempo delle stesse, le dinamiche di crescita e la produzione di sostanza organica ed ossigeno della pianta costituiscono infatti un supporto prezioso per gli organismi animali e vegetali che vivono associati alla *Posidonia*.

L'apparato radicale e la struttura stessa della pianta costituiscono un efficace strumento di stabilizzazione dei sedimenti marini e, insieme alle foglie morte di *Posidonia* che si depositano sulle spiagge (banquettes), hanno un ruolo importante nella difesa delle coste dai fenomeni di erosione.

***Posidonia oceanica* viene pertanto ritenuta un efficace indicatore delle condizioni ambientali del corpo idrico nel quale risiede, soffrendo nel caso di fenomeni di disturbo di varia origine.**

Preoccupa, di conseguenza, il fenomeno di regressione delle zone colonizzate che si registra da anni in vari settori del Mediterraneo, dovuto sia alla dinamica naturale delle praterie ma anche, e soprattutto, alla sempre maggiore pressione delle attività antropiche: immissione di inquinanti, pesca a strascico, ancoraggi delle imbarcazioni da diporto ed in genere tutte le attività che insistono sulla costa.

Nell'ottica di una coscienza collettiva sempre più sensibile ai problemi ambientali e alla conservazione del territorio, la *Posidonia oceanica* viene oggi protetta e tutelata dalle normative europee (Direttive 92/43 Unione Europea) e nazionali (Decreto Legge n. 93 del 23/3/2001)

Il litorale laziale a Nord ed a Sud della città di Civitavecchia è una zona con un equilibrio ambientale estremamente delicato. La bellezza e la vocazione turistica del luogo convivono con realtà industriali importanti, quali la centrale termoelettrica Enel, le zone di stoccaggio idrocarburi ed il porto di Civitavecchia, solo per citarne alcune.

Per questa ragione, nel delineare i piani di sviluppo del territorio, la Pubblica Amministrazione locale ha dedicato molte risorse ed energie alla tutela delle caratteristiche ambientali dei luoghi.

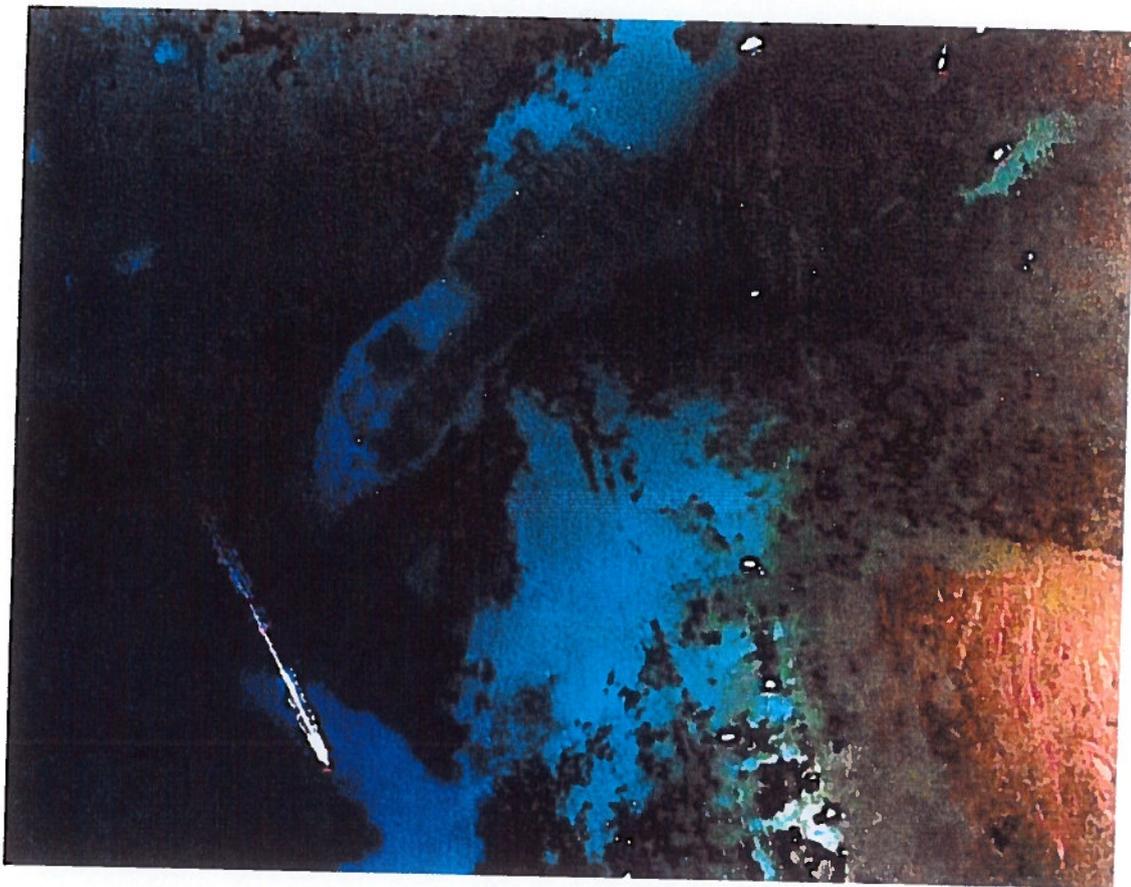
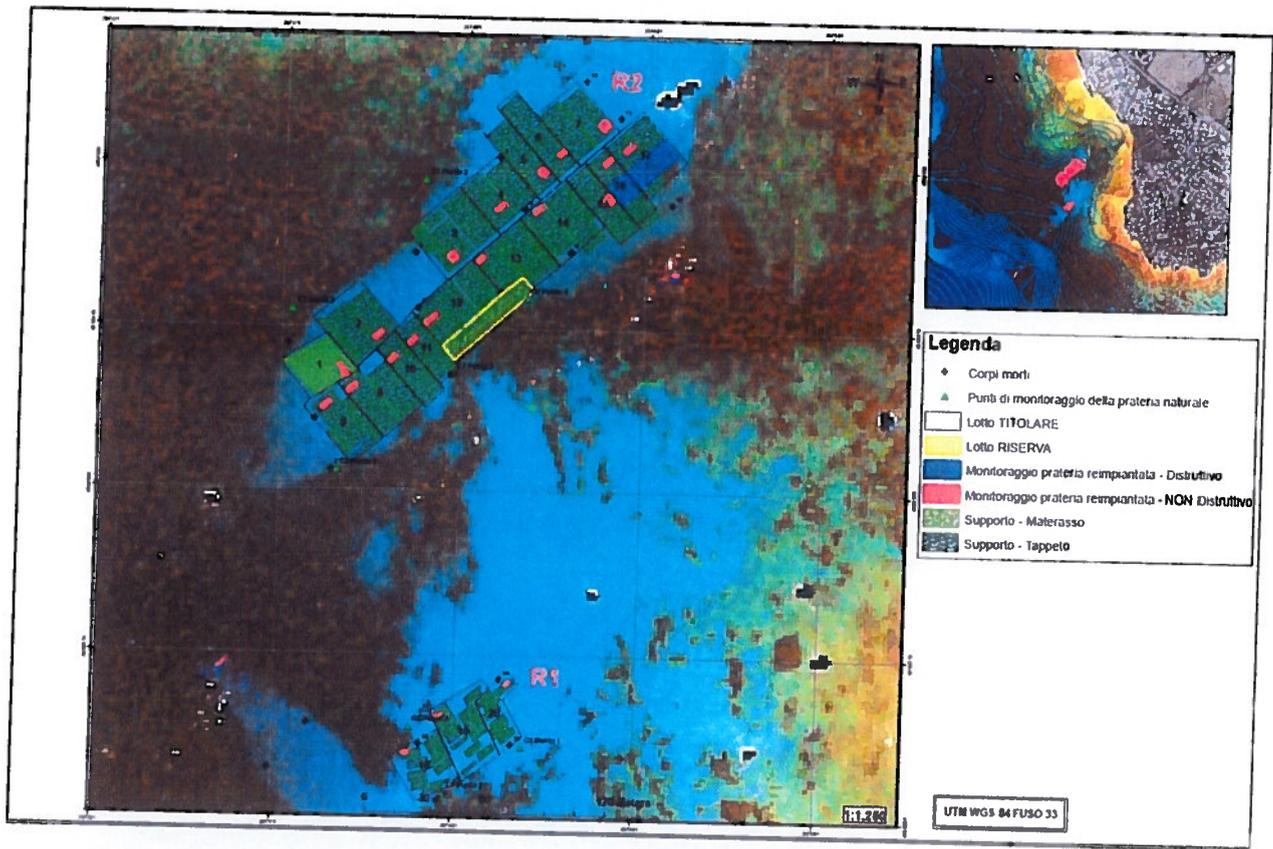
Il Porto di Civitavecchia ha vissuto negli ultimi anni un periodo di profondo sviluppo e riqualificazione, con vari benefici per la comunità locale e della Regione a livello di servizi e di economia. Ingenti opere sono oggi in fase di realizzazione all'interno della struttura portuale, fra cui l'allungamento dell'antemurale Cristoforo Colombo e la costruzione di due nuove darsene: Traghetti e Servizi. Alla luce di queste opere, il progetto appena completato nel tratto costiero laziale compreso fra Punta Sant'Agostino e Santa Marinella ha tratto origine dalla necessità di salvaguardare le praterie di *Posidonia oceanica*. Al fine di limitare l'impatto ambientale delle opere di ampliamento del Porto, l'Autorità Portuale di Civitavecchia ha dunque disposto che le piante di *Posidonia* messe a rischio, venissero espianate dal litorale interessato dai futuri lavori, o in zone adiacenti, e reimpiantate nel tratto costiero fra Punta del Pecoraro e Santa Marinella. C.I.G. 31184301D8.

L'appalto è stato realizzato dal Raggruppamento Temporaneo di Imprese con sede in Via Magna Grecia, 39 – 00183 Roma, e costituito da: Nuova Indago S.r.l. - Elettra Appalti S.r.l. - Centro Interuniversitario di Biologia ed Ecologia Marina "G. Bacci".

Il completamento delle attività relative alla Fase 1 è avvenuto in data 08/06/2012. Il relativo certificato di regolare esecuzione è stato emesso in data 26/07/2012.

Alla chiusura del cantiere risultavano 10.300 mq impiantati, posizionati in due settori denominati R1 e R2: 9090 mq in R2 e 1210 mq in R1; 300 mq erano da considerarsi a riserva e posizionati nel Lotto 7 area R2.





La zona di reimpianto nell'immagine multispettrale dell'agosto 2012 elaborata in modo da aumentare la visibilità del fondo marino

1. Settembre 2012: Fase 2, prima campagna di monitoraggio

Il monitoraggio è stato effettuato tra il 10 e il 19 settembre 2012, tre mesi dopo la fine delle operazioni di trapianto delle talee. Lo studio ha compreso le seguenti fasi:

- Monitoraggio tramite indagini dirette:
 - determinazione e marcatura delle aree di monitoraggio nell'area di impianto e nell'adiacente prateria naturale;
 - monitoraggio non distruttivo sull'area di impianto;
 - monitoraggio non distruttivo sull'adiacente prateria naturale.

- Monitoraggio tramite data logger:
 - misurazione dell'irraggiamento e della temperatura della colonna d'acqua tramite misuratore di luce e temperatura HOBO® Pendant data logger;
 - misurazione dell'accelerazione del movimento della colonna d'acqua tramite Hobo® Pendant G Acceleration Data Logger.

- Monitoraggio tramite immagini satellitari.

- Effettuazione di riprese su tutta l'area di impianto.

Gli obiettivi del monitoraggio erano di valutare la vitalità e l'attecchimento delle talee e di verificare che fossero ottemperate le specifiche del capitolato. In particolare la sopravvivenza delle talee doveva essere non inferiore al 75% dell'impianto e quindi è stato verificato che almeno una media di 25 talee a metro quadro ed almeno una superficie di 7500 metri quadrati fossero effettivamente presenti.

1.1 Monitoraggio tramite indagini dirette

1.1.1 Determinazione e marcatura delle aree di monitoraggio nell'area di impianto e nell'adiacente prateria naturale

La superficie di impianto è stata suddivisa in 20 settori, 17 situati nell'area R2 e 3 nell'area R1. Per ciascun settore è stata individuata un'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. Inoltre, sono state definite le aree per il monitoraggio distruttivo adiacenti alle precedenti. In totale le superfici marcate includono 250 m² di impianto (Carte 1/R1 e 2/R2 fornite in allegato a parte).

Nella seguente tabella sono riportate le aree scelte per il monitoraggio e le superfici da monitorare:

Lotto Monitoraggio	Settore dell'area	Tipo di supporto	Superficie reimpiantata in mq	Percentuale da monitorare in mq (2,5%)
1	R2	Materasso	440	11
2	R2	Tappeto	634	16
3	R2	Tappeto	660	17
4	R2	Tappeto	562	14
5	R2	Tappeto	409	10
6	R2	Tappeto	498	12
7	R2	Tappeto	569	14
8	R2	Tappeto	440	11
9	R2	Tappeto	600	15
10	R2	Tappeto	400	10
11	R2	Tappeto	400	10
12	R2	Tappeto	566	14
13	R2	Tappeto	611	15
14	R2	Tappeto	578	14
15	R2	Tappeto	423	11
16	R2	Tappeto	431	11
17	R2	Tappeto	632	16
18	R1	Tappeto	475	12
19	R1	Tappeto	423	11
20	R1	Tappeto	312	8
			Totale mq da monitorare	252

All'interno della prateria naturale adiacente all'impianto sono stati selezionati tre settori situati rispettivamente a nord dell'area R2, a sud dell'area R2 e attorno all'area R1. Per ciascun settore sono state marcate 3 aree di monitoraggio in modo da coprire il più possibile le zone adiacenti all'impianto (Carte 1/R1 e 2/R2 fornite in allegato a parte).

In tabella sono riportate le coordinate dei punti scelti per il monitoraggio della prateria naturale:

Settore	Codice su Carta (pag. 5)	Codice monitoraggio Agosto 2012	Codice monitoraggio 2014	Long. WGS 84	Lat. WGS 84
R2	C1 Punto 1	C1 Terra	/	11 49.667	42 2.145
R2	C1 Punto 2	C1 Centro	/	11 49.642	42 2.108
R2	C1 Punto 3	C1 Mare	/	11 49.597	42 2.072
R2	C2 Punto 1	C2 Mare	R2 QP	11 49.614	42 2.030
R2	C2 Punto 2	C2 Centro	R2 Sud	11 49.650	42 2.043
R2	C2 Punto 3	C2 Terra	R2 Est	11 49.677	42 2.068
R1	C3 Punto 1	C3 Est	R1 Est	11 49.685	42 1.952
R1	C3 Punto 2	C3 Ovest	R1 Sud	11 49.663	42 1.935
R1	C3 Punto 3	C3 Nord	R1 Ovest	11 49.642	42 1.962

1.1.2 Monitoraggio non distruttivo sull'area di impianto

In ciascuna area di monitoraggio in immersione sono state effettuate le seguenti misure:

- Conta delle talee;
- Conta dei fasci;
- Misurazione della lunghezza/larghezza della foglia più lunga;
- Stima della percentuale di tessuto bruno;
- Valutazione qualitativa della comunità epifita delle foglie e stima delle percentuali di ricoprimento;
- Determinazione dello stato degli apici espresso come percentuale di apici erosi rispetto al numero totale di apici per fascio;
- Determinazione dell'accrescimento fogliare mediante marcatura.

La conta delle talee e dei fasci è stata eseguita su tutti i m² di trapianto presenti nelle aree di monitoraggio. La misurazione delle foglie più lunghe, la stima del tessuto bruno, la determinazione dello stato degli apici e la valutazione della comunità epifita sono state effettuate su almeno 5 m² per ciascuna area di monitoraggio. Il tessuto bruno e il ricoprimento totale degli epifiti sono stati espressi come percentuale rispetto alla superficie della foglia più lunga. Gli epifiti sono stati suddivisi in alghe incrostanti, alghe erette/filamentose, briozoi e idrozoi, per ciascuna di queste categorie è stata valutata la percentuale di ricoprimento rispetto al totale degli epifiti. Lo stato degli apici è stato valutato su 5 fasci per ciascun m² di trapianto campionato ed espresso come percentuale di apici erosi rispetto al numero totale di foglie. L'accrescimento fogliare è stato effettuato attraverso il metodo di marcatura di Zieman, mediante marcatura delle foglie alla base e successiva misurazione dell'allungamento delle foglie di ciascun fascio marcato. L'allungamento totale per fascio è stato diviso per il numero dei giorni intercorsi tra la marcatura e la successiva misurazione per ottenere l'allungamento medio giornaliero per ciascun fascio.

1.1.3 Monitoraggio non distruttivo sull'adiacente prateria naturale

In ciascuna area di monitoraggio della prateria naturale sono state effettuate le seguenti misure in immersione:

- Stima della densità dei fasci;
- Misurazione della lunghezza/larghezza della foglia più lunga;

- Stima del tessuto bruno;
- Valutazione qualitativa della comunità epifita delle foglie;
- Determinazione dello stato degli apici espresso come percentuale di apici erosi rispetto al numero totale di apici;
- Determinazione dell'accrescimento fogliare.

La stima della densità è stata effettuata attraverso la conta dei fasci fogliari presenti all'interno di quadrati di 0.25 m^2 . Per ciascuna area di monitoraggio sono state effettuate 3 misure ed il valore ottenuto è stato riportato al m^2 . La misurazione delle foglie più lunghe, la stima del tessuto bruno, la determinazione dello stato degli apici e la valutazione della comunità epifita sono state effettuate all'interno delle 3 superfici di campionamento per ciascuna area di monitoraggio. Il tessuto bruno e il ricoprimento totale degli epifiti sono stati espressi come percentuale rispetto alla superficie della foglia più lunga. Gli epifiti sono stati suddivisi in alghe incrostanti, alghe erette/filamentose, briozoi e idrozoi e per ciascuna categoria è stata valutata la percentuale di ricoprimento rispetto al totale degli epifiti. Lo stato degli apici è stato valutato su 3 fasci per ciascuna superficie di monitoraggio ed espresso come percentuale di apici erosi rispetto al numero totale di foglie. L'accrescimento fogliare è stato effettuato attraverso il metodo di marcatura di Zieman, mediante marcatura delle foglie alla base e successiva misurazione dell'allungamento delle foglie di ciascun fascio marcato. L'allungamento totale per fascio è stato diviso per il numero dei giorni intercorsi tra la marcatura e la successiva misurazione per ottenere l'allungamento medio giornaliero per ciascun fascio.

1.1.4 Risultati

1.1.4.1 Situazione generale dell'area di impianto

La superficie di impianto presenta una situazione variabile tra i diversi settori. L'area R1 (settori 18, 19 e 20) e la parte meridionale dell'area R2 (settori 8, 9, 10, 11, 12) mostrano una situazione piuttosto buona con la maggior parte delle strutture di fissaggio completamente coperte da una quantità ottimale di sabbia. I settori 2, 3, 13, 14, 15, 16 e 17 presentano una situazione a patch, con zone in ottimo stato alternate a stuoie sollevate dal fondo ed alcune danneggiate.

I settori 4, 5, 6 e 7 hanno subito danni ingenti, legati all'azione di ancoraggi che hanno indebolito e spesso completamente reso inefficaci i sistemi di ancoraggio adottati per fissare le stuoie al fondo marino. Tali danni sono stati successivamente ampliati dall'azione del mare. Questi settori non sono stati quindi considerati nel monitoraggio.

Il settore 1, costituito da materassi "Reno" coperti da geostuoia, ha subito danni limitati, ma le problematiche legate al ripristino hanno suggerito la rimozione delle strutture. Per questo motivo, non vengono riportati i dati relativi al monitoraggio nonostante le misurazioni fossero state effettuate e siano eventualmente disponibili.

Da un punto di vista biologico, tutte le talee esaminate presentavano un buon attecchimento, con un'elevata produzione di radici e, in qualche caso, con inizio di ramificazione del rizoma. Da notare che anche le stuoie trovate sollevate dal fondo recavano talee in ottimo stato di vitalità dimostrato dalla presenza di un ingente numero di nuove radici.

1.1.4.2 Monitoraggio delle talee

Il numero di talee al m² per l'intero campo (escluso i settori considerati persi), è risultato pari a 28.6±0.9 (media ± errore standard). Tuttavia se consideriamo separatamente i settori migliori (8, 9, 10, 11, 12, 18, 19, 20) e quelli in parte danneggiati (2, 3, 12, 13, 14, 15, 16, 17), il numero di talee al m² è rispettivamente 31.1±0.9 e 25.6±1.3. Il numero di fasci al m² è risultato 35.8±1.1.

La lunghezza massima delle foglie è risultata di 47.8±2.1 cm. L'allungamento medio giornaliero delle foglie per fascio è risultato 0.21±0.03 cm.

La percentuale di tessuto bruno, di apici erosi e di ricoprimento di epifiti sono risultati rispettivamente 32.5±2.6, 66.0±3.9 e 74.8±2.6.

Tra gli epifiti sono risultate dominanti le alghe incrostanti con un ricoprimento percentuale di 66.1±1.9; le alghe filamentose/erette e i briozoi erano comunque ben rappresentati con una percentuale di ricoprimento rispettivamente pari a 21.9±1.7 e 11.6±1.7.

I dati sono riassunti in tabella 1 e nelle figure 5, 6 e 7.

Tab 1. Valori osservati per ciascuna variabile considerata nei diversi settori di monitoraggio (ES = Errore Standard).

settore		N° talee	N° fasci	Lungh foglie	Largh foglie	Tess bru	Apic eros	Epifiti tot	Alghe incr	Algh e filam	Briozoi
2	media ES	30.4 0.8	37.1 1.5	48.8 2.6	1.0 0.0	26.4 4.0	77.3 6.1	81.8 2.6	71.0 4.0	17.2 1.7	11.5 3.3
3	media ES	28.0 0.8	41.1 1.2	45.1 2.7	1.0 0.0	27.0 3.7	53.1 4.9	76.3 3.4	74.7 2.4	16.6 2.4	8.8 1.1
8	media ES	31.3 1.3	39.6 2.0	45.7 2.7	1.0 0.0	40.2 3.5	62.2 8.5	92.8 2.2	72.1 5.8	18.7 3.0	8.7 3.9
9	media ES	27.4 0.6	30.6 0.7	52.8 2.3	1.0 0.0	55.7 9.6	73.3 4.1	85.0 4.2	68.3 5.9	25.8 5.6	5.8 1.5
10	media ES	29.7 1.3	32.7 1.4	57.3 6.4	1.0 0.0	38.0 4.6	90.0 10.0	81.3 3.1	62.5 2.5	25.0 2.9	12.5 2.5
11	media ES	32.3 1.0	38.5 1.8	50.2 2.1	1.0 0.0	51.2 3.6	76.7 10.2	82.5 2.7	58.3 3.3	26.7 5.9	15.0 6.0
12	media ES	32.7 2.2	40.3 3.0	46.3 3.1	1.0 0.0	34.8 5.6	96.7 3.3	87.5 1.7	50.8 2.0	35.8 2.7	13.3 2.1
13	media ES	23.1 0.6	28.5 0.7	39.5 2.1	1.0 0.0	35.0 5.8	46.7 4.1	68.3 2.7	65.0 5.5	28.3 4.8	6.7 1.6
14	media ES	25.7 1.3	31.8 1.1	37.0 2.3	1.0 0.0	32.3 4.6	46.7 4.1	66.7 6.2	72.5 5.9	24.2 6.4	3.3 1.6
15	media ES	24.7 0.7	31.4 0.9	37.2 7.5	1.0 0.2	27.0 4.6	53.3 10.5	66.7 14.1	61.7 12.2	28.3 5.6	10.0 1.9
16	media ES	22.5 1.1	30.5 0.8	36.2 6.6	1.0 0.2	33.3 7.9	60.0 9.4	63.3 11.7	72.5 10.1	25.8 6.5	1.7 1.9
17	media ES	24.8 1.4	35.9 1.4	42.3 2.0	1.0 0.0	21.0 2.4	48.5 3.2	81.8 3.2	79.1 1.7	12.9 1.5	8.5 1.4
18	media ES	32.4 1.1	40.1 0.7	60.9 4.6	1.0 0.0	23.1 4.2	59.2 8.7	63.3 5.3	65.7 4.7	12.6 1.5	21.8 4.5
19	media ES	32.9 0.7	39.0 1.2	55.8 4.6	1.0 0.0	18.9 5.8	68.0 7.3	68.5 4.2	60.6 7.7	14.0 2.1	25.2 6.2
20	media ES	31.8 1.0	39.9 1.5	62.8 5.6	1.0 0.0	23.8 7.0	78.8 6.5	56.3 7.1	56.4 6.8	17.1 2.8	21.9 3.8

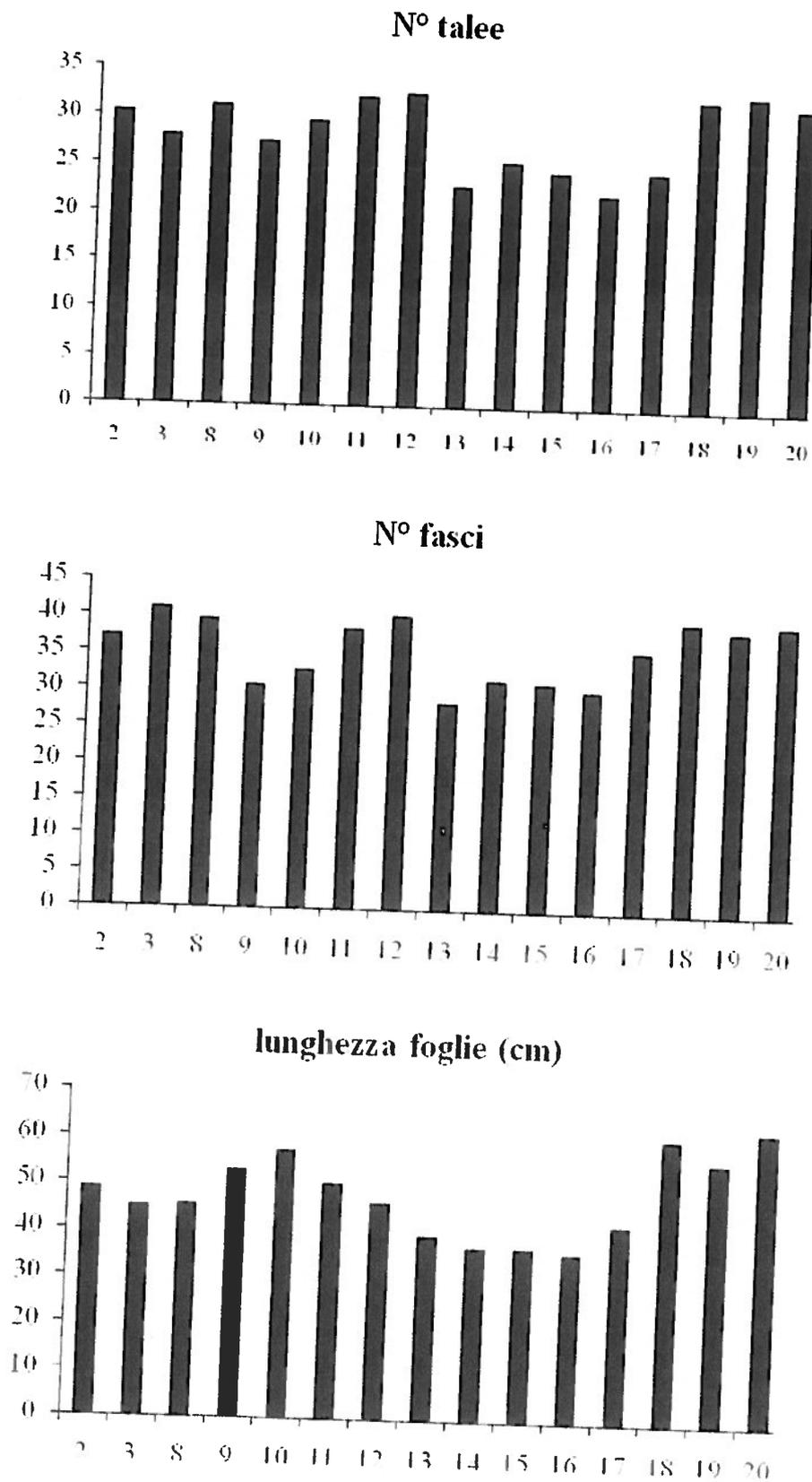


Fig. 5. Andamento dei valori osservati di N° Talee, N° Fasci e Lunghezza Foglie in ciascuno dei settori monitorati.

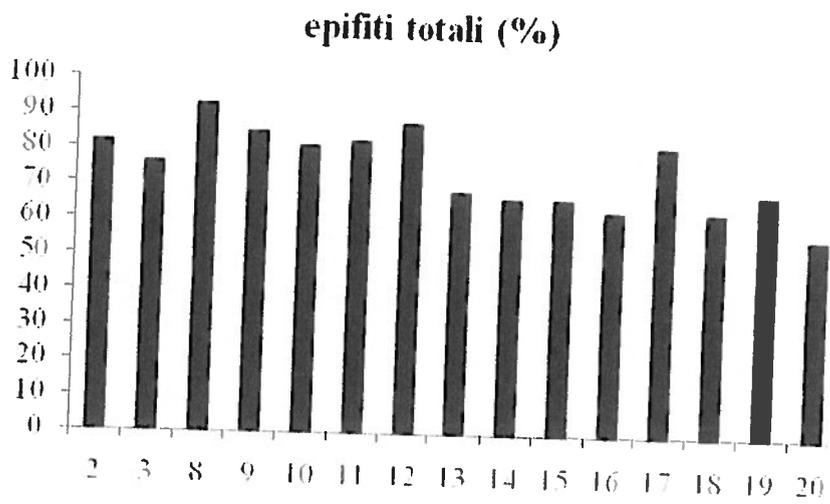
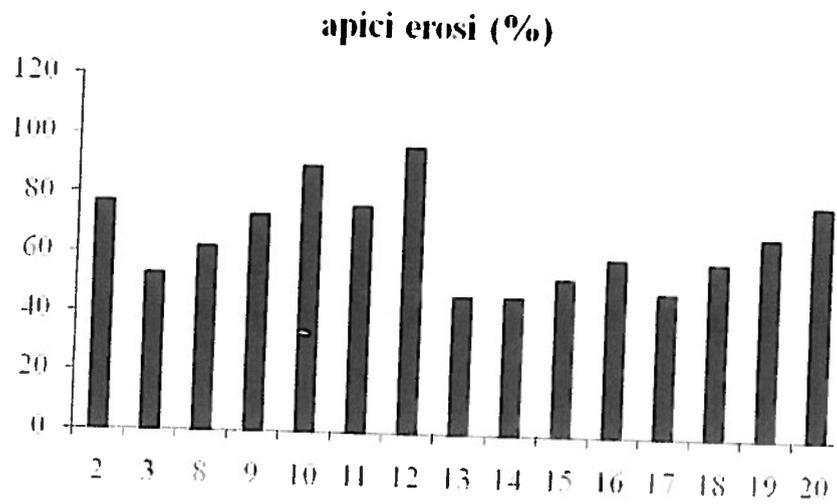
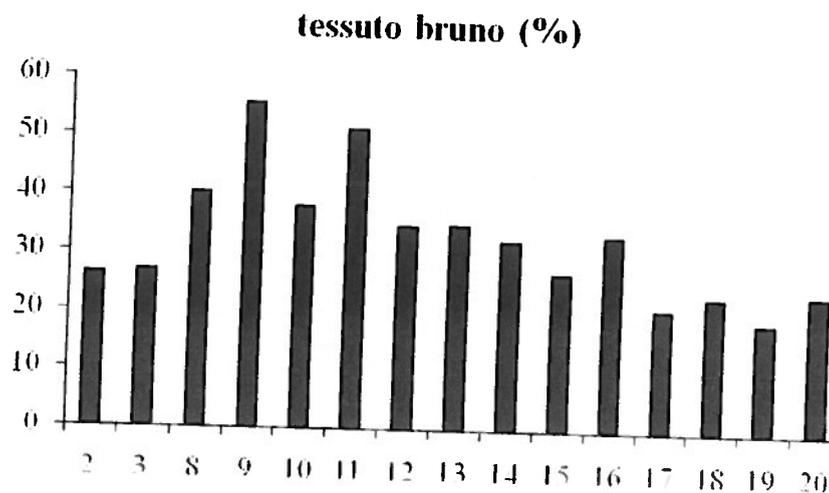


Fig. 6. Andamento dei valori osservati di Tessuto Bruno, Apici Erosi ed Epifiti Totali in ciascuno dei settori monitorati.

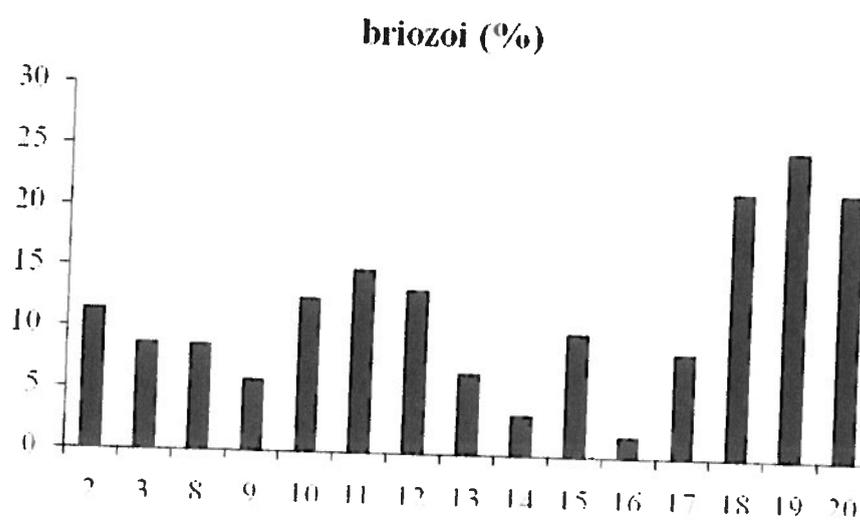
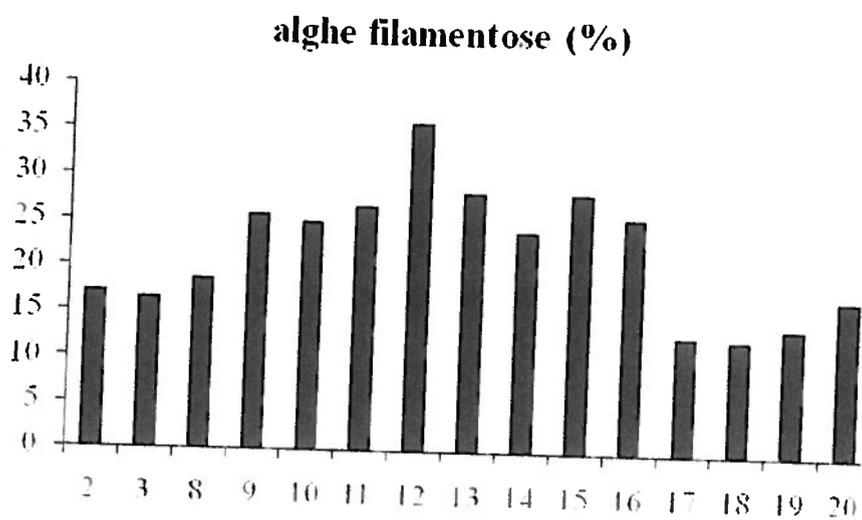
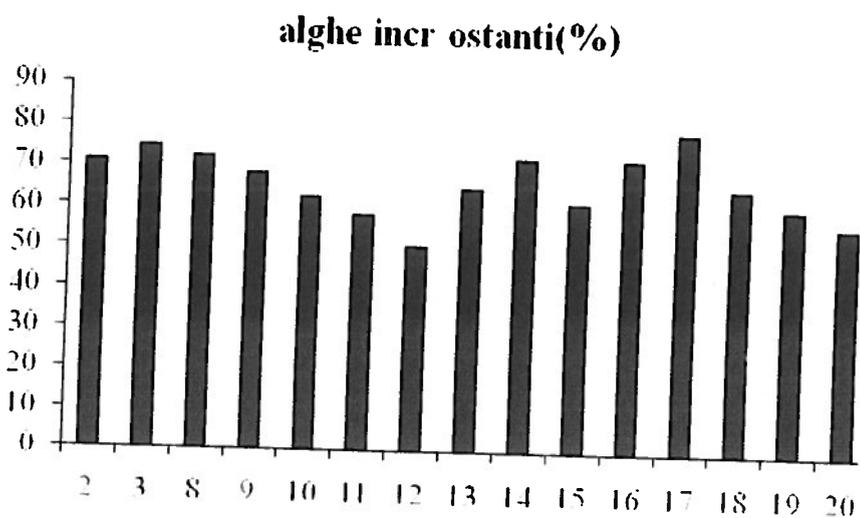


Fig. 7. Andamento dei valori osservati di Alghe Incrostanti, Alghe Filamentose e Briozoi in ciascuno dei settori monitorati.

1.1.4.3 Rassegna Fotografica

In questa sequenza fotografica viene messo in evidenza l'accrescimento delle radici ed il buono stato di salute delle talee nel periodo da luglio a settembre 2012 successivo al reimpianto.









1.1.4.4 Monitoraggio della prateria naturale

La densità media della prateria naturale è risultata pari a 224.6 ± 16.1 , con valori delle singole aree di campionamento variabili tra 169.3 ± 4.7 e 316.0 ± 7.1 .

La lunghezza media delle foglie era di 70.1 ± 4.1 cm, mentre le percentuali di tessuto bruno, apici erosi e ricoprimento epifita sono risultate rispettivamente 10.3 ± 1.1 , 49.2 ± 3.3 e 76.8 ± 1.3 . L'allungamento medio giornaliero delle foglie per fascio è risultato 0.45 ± 0.01 cm. Il popolamento epifita era dominato da alghe incrostanti (75.9 ± 2.3 %), con ricoprimenti importanti da parte delle alghe filamentose/erette (10.7 ± 1.3) e briozoi (13.3 ± 2.2) (Tabella 2, Figure 8, 9, 10).

Tab 2. Valori osservati per ciascuna variabile considerata nei diversi settori (ES = Errore Standard).

Stazione		N° fasci	Lungh foglie	Largh foglie	Tess bru	Apici erosi	Epifiti tot	Alghe incr	Alghe filam	Briozoi
C1 terra	media	79.0	84.3	1.0	6.7	46.7	78.3	60.0	15.0	25.0
	ES	7.1	3.2	0.0	2.2	10.2	5.9	0.0	3.8	3.8
C1 centro	media	65.3	89.0	1.0	8.3	63.3	76.7	73.3	10.0	16.7
	ES	7.9	6.3	0.0	2.2	3.8	4.4	4.4	3.8	5.9
C1 mare	media	53.3	71.0	1.0	8.3	63.3	73.3	83.3	8.3	8.3
	ES	3.5	12.1	0.0	4.4	7.7	4.4	2.2	2.2	2.2
C2 terra	media	58.3	63.3	1.0	16.7	46.7	83.3	83.3	6.7	10.0
	ES	9.6	4.5	0.0	2.2	10.2	4.4	4.4	2.2	3.8
C2 centro	media	59.3	78.7	1.0	11.7	23.3	73.3	71.7	8.3	20.0
	ES	4.5	11.5	0.0	2.2	3.8	4.4	2.2	2.2	3.8
C2 mare	media	60.7	72.0	1.0	8.3	23.3	73.3	76.7	13.3	10.0
	ES	5.5	9.5	0.0	2.2	0.0	4.4	2.2	2.2	0.0
C3 Nord	media	43.0	65.3	1.0	11.7	76.7	73.3	76.7	6.7	16.7
	ES	3.5	2.9	0.0	2.2	3.8	4.4	2.2	2.2	4.4
C3 Ovest	media	42.3	50.7	1.0	8.3	63.3	83.3	80.0	10.0	10.0
	ES	4.7	1.9	0.0	2.2	10.2	4.4	7.7	0.0	7.7
C3 Est	media	44.0	56.7	1.0	13.3	36.7	76.7	78.3	18.3	3.3
	ES	2.8	9.6	0.0	4.4	13.9	8.9	2.2	2.2	2.2

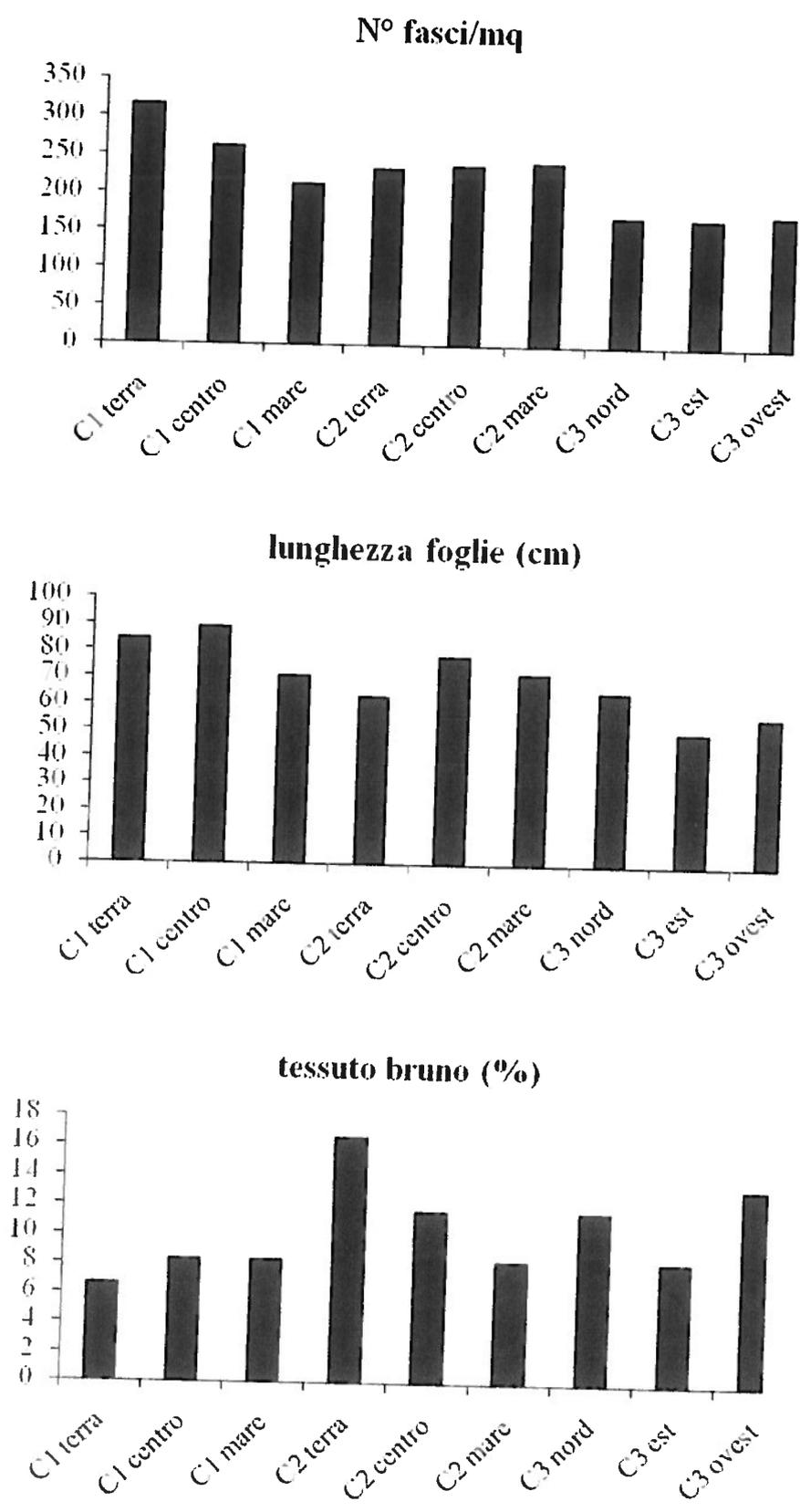


Fig. 8. Andamento dei valori osservati di N° Fasci/m², Lunghezza Foglie e Tessuto Bruno in ciascuno dei settori monitorati.

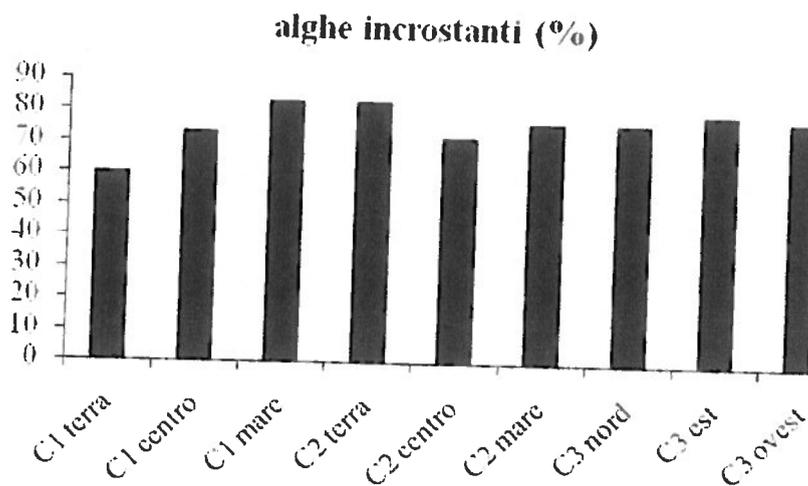
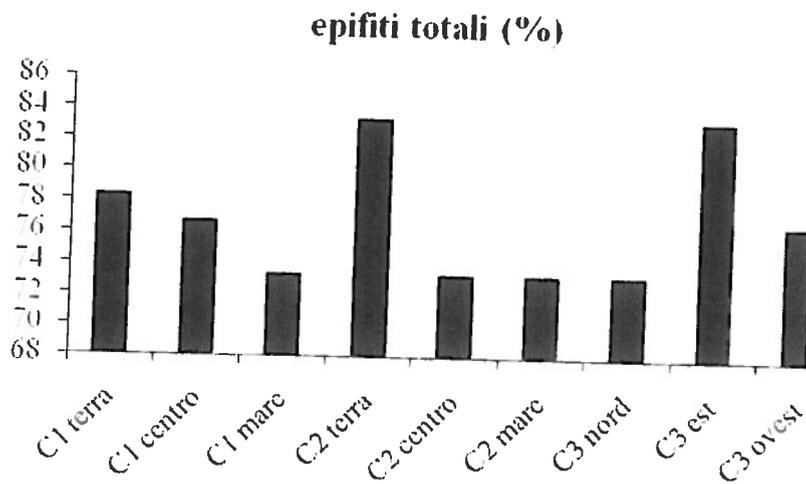
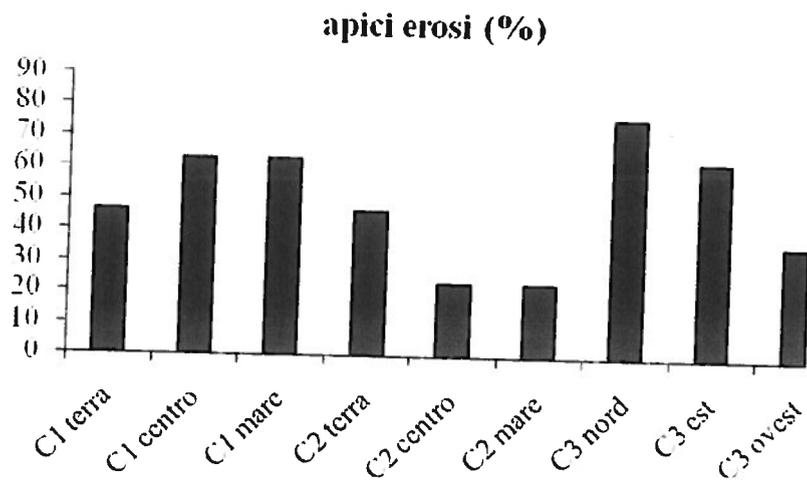


Fig. 9. Andamento dei valori osservati di Apici Erosi, Epifiti Totali e Alghe Incrostanti in ciascuno dei settori monitorati.

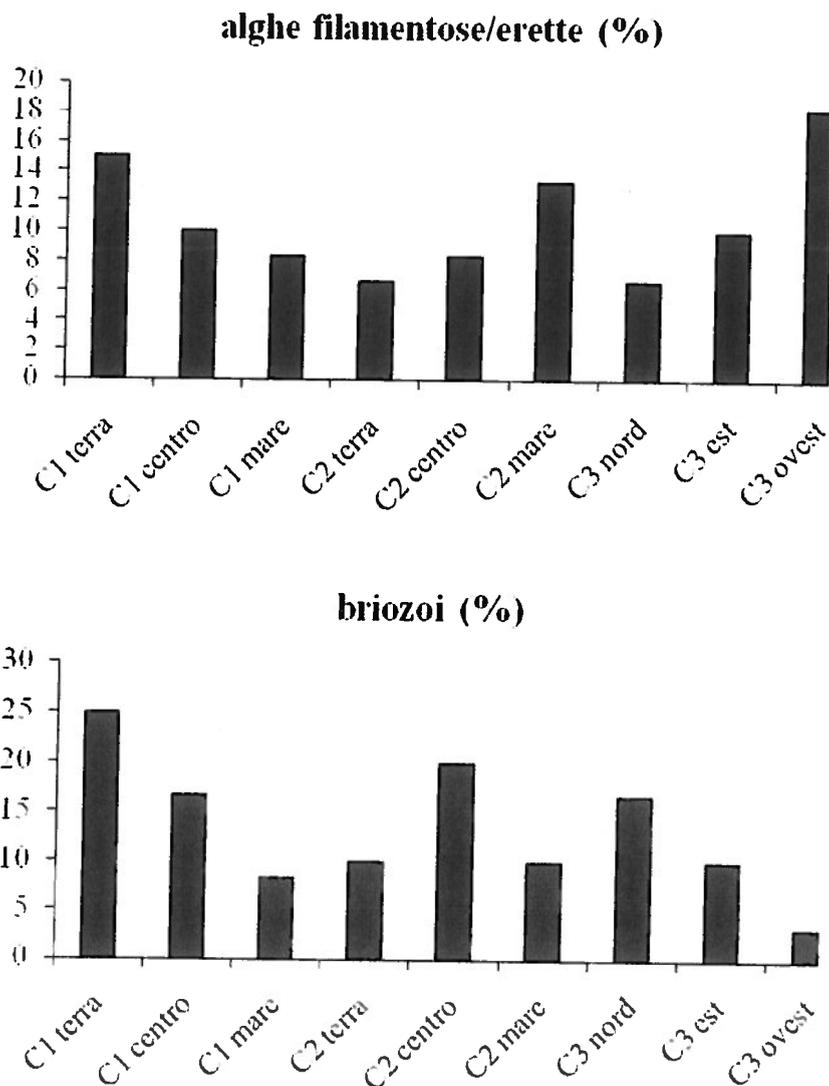


Fig. 10. Andamento dei valori osservati di Alge Filamentose/Erette e Briozoi in ciascuno dei settori monitorati.

1.1.5 Conclusioni

Le aree che non hanno subito danni meccanici presentano una sopravvivenza media pari a 89.5% con differenze sensibili tra zone dell'impianto. Infatti, è stata calcolata una sopravvivenza pari al 97.3% per i settori più occidentali dell'area R2 (2, 3, 8, 9, 10, 11, 12) e tutti quelli dell'area R1 (18, 19, 20), mentre per i settori più orientali dell'area R2 (13, 14, 15, 16, 17) è stata calcolata una sopravvivenza pari al 79.9% (Figura 11). In queste aree le talee sopravvissute si presentano ben radicate e vitali. Il numero di fasci è variabile ma sempre maggiore rispetto al numero di talee cosa che testimonia una avviata fase di ramificazione delle talee.

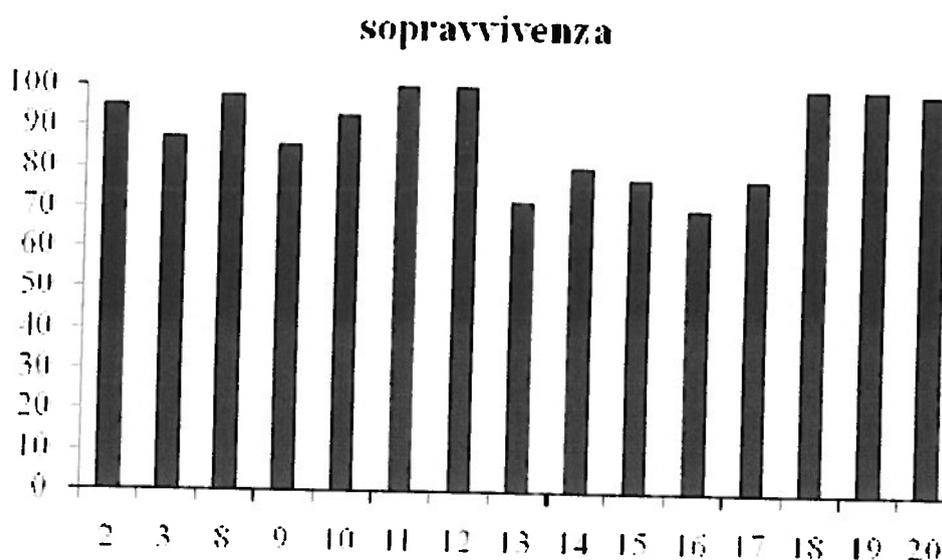


Fig 11. Andamento del tasso di sopravvivenza delle talee nei diversi settori di trapianto

Per quanto riguarda i descrittori della pianta sono state riscontrate alcune differenze tra i trapianti e la prateria adiacente; in particolare, la lunghezza media delle foglie così come i valori di accrescimento fogliare sono risultati più bassi nei trapianti, mentre sono maggiori le percentuali di tessuto bruno, di epifiti e di apici erosi. Queste differenze sono da considerare normali e da mettere in relazione sia allo stress inevitabilmente procurato durante le operazioni di trapianto, sia, come nel caso della percentuale di apici erosi e del ricoprimento di epifiti, alla minore densità dei fasci rispetto alla prateria naturale.

La composizione di epifiti non mostra differenze importanti tra il trapianto e la prateria naturale, si osserva infatti una dominanza di alghe incrostanti che è da considerare una situazione normale. Le percentuali di alghe filamentose e briozoi sono risultate diverse tra le aree R1 ed R2, evidenziando probabilmente delle differenze ambientali anche questi da ritenere normali considerando la notevole superficie sulla quale sono distribuite le talee trapiantate che possono risentire quindi di una naturale variabilità di alcuni parametri chimico fisici. Una maggiore abbondanza di alghe filamentose può infatti essere legata, ad esempio, ad alte concentrazioni di nutrienti o ad un maggior tasso di sedimentazione.

1.2 Monitoraggio tramite Data Logger

1.2.1 Misurazione di luce e temperatura nella colonna d'acqua tramite sonda "HOBO® Pendant Data Logger"

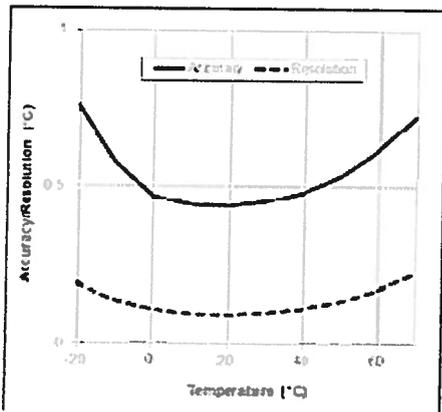
Questo modello a 64 K è un logger miniaturizzato resistente all'acqua a due canali in grado di registrare la temperatura ed il livello di luce relativa. Può essere utilizzato all'interno o all'esterno e sott'acqua per misurare la temperatura ambiente ed i livelli di intensità della luce. Il logger misura l'intensità della luce in lumen per piede quadrato (US) o lux (SI). Il sensore della luce Pendant logger misura uno spettro ampio di luce che include le lunghezze d'onda non visibili ad occhio nudo. Il grafico D mostra che il logger risponde meglio dell'occhio umano alle lunghezze d'onda vicine all'infrarosso e all'ultravioletto. Il logger è particolarmente utile per registrare variazioni relative della luce piuttosto che valori di intensità luminosa assoluti. E' sensibile ad un'ampia gamma di luce che va dal buio completo alla luce piena del giorno. La scala di risoluzione è più fine a bassi livelli di luminosità piuttosto che ad alti livelli e permette misurazioni su un ampio range di intensità. Le letture di intensità sono più accurate per i raggi che colpiscono il logger direttamente sull'asse x e sono meno accurate per quelle che arrivano con un determinato angolo di incidenza. Le letture possono anche essere ridotte dall'abrasione o dallo sporco sul sensore della luce. Lo strumento è in grado di immagazzinare approssimativamente 52K delle letture a 10 bit che effettua.



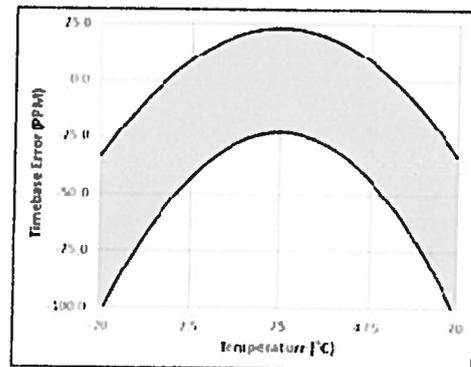
Fig.1.2.1.1 Misuratore di luce e temperatura HOBO Pendant.

Specifiche Tecniche

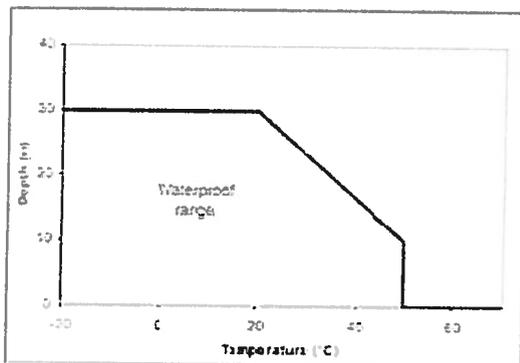
- Range di utilizzo: Temperatura: da -20° a 70°C (da -4° a 158°F). Luce: da 0 a 320,000 lux (da 0 a 30,000 lumens/ft²)
- Accuratezza Temperatura: + 0,53°C da 0° a 50°C (+ 0,95°F da 32° a 122°F), vedi grafico A
- Intensità della luce: Disegnato per la misurazione dei livelli di luce relativi, vedi grafico D per la risposta alle differenti lunghezze d'onda della luce.
- Risoluzione: Temperatura: da 0,14°C a 25°C (da 0,25°F a 77°F), vedi grafico A
- Errore: meno di 0,1°C/anno (0,2°F/anno)
- Tempo di risposta: Flusso di aria di 2 m/s (4,4 mph): 10 minuti, tipicamente al 90%. Acqua: 5 minuti, tipicamente al 90%
- Accuratezza temporale: ± 1 minuto al mese a 25°C (77°F), vedi grafico B
- Range operativo. In acqua/ghiaccio: -20° a 50°C (-4° a 122°F). In aria: -20° a 70°C (-4° a 158°F)
- Profondità di utilizzo: 30 m da -20° a 20°C (100 ft da -4° a 68°F), vedi grafico C
- Certificato NIST: disponibile per la misurazione della temperatura con sovrapprezzo; range di temperatura da -20° a 70°C (-4° a 158°F)
- Durata batteria: 1 anno con utilizzo normale
- Memoria UA-LU2-08: 8K bytes (approssimativamente 3,5K combinando letture di luce e temperature o eventi). UA-002-64: 64K bytes (approssimativamente 28K combinando letture di luce e temperature o eventi)
- Materiali: Custodia in Polipropilene; viti in acciaio; Buna-N o-ring
- Peso: 13 g (0,5 once)
- Dimensioni: 58 x 33 x 23 mm (2,3 x 1,3 x 0,9 pollici)



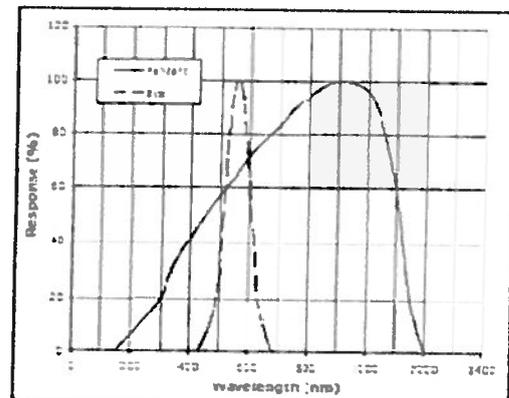
Plot A



Plot B



Plot C



Plot D

Grafici da A a E relativi alle specifiche dello strumento Hobo® Pendant Light/Temperature Data Logger.

1.2.2 Misurazione dell'accelerazione del movimento della colonna d'acqua tramite sonda "Hobo ® Pendant G Acceleration Data Logger"

Il pendant G logger dell'accelerazione è uno strumento resistente all'acqua, è un logger a 3 canali con una risoluzione di 8 bit che è in grado di registrare approssimativamente 21800 letture relative ad accelerazioni combinate sugli assi x,y e z o eventi interni. Il logger usa una stazione costituita da una base ottica con un interfaccia USB per impostare e programmare lo strumento e per scaricare i dati su un computer. Questo logger può essere utilizzato per una ampia gamma di esperimenti dimostrazioni e studi sul campo che intendano misurare l'accelerazione dinamica risultante da movimenti, shock o vibrazioni. Lo strumento è anche in grado di registrare incrementi della accelerazione statica di gravità, essendo in grado di misurare la pendenza, l'attività e l'inclinazione. Il data logger usa un accelerometro interno a tre assi con un range di $\pm 3g$ basato su micro sensori al silicene su cui agiscono raggi che vengono deviati dalle accelerazioni. Questi microsensori sono montati in maniera da agire da condensatori variabili. Quando il raggio si muove, la "capacità" elettrica del condensatore cambia in maniera proporzionale al movimento. Questa variazione viene convertita in voltaggio, filtrata e misurata dal logger e visualizzata dal software in unità di forza g.



Fig.1.2.2.1 Misuratore di accelerazione HOB0® Pendant G

Specifiche Tecniche

- Range di Misurazione: ± 3 g; $29,4$ m/s² (96,5 ft/s²)
- Accuratezza: $\pm 0,075$ g; $0,735$ m/s² (2,41 ft/s²) a 25°C (77°F); $\pm 0,105$ g; $1,03$ m/s² (3,38 ft/s²) da -20°C a 70°C (-4°F a 158°F)
- Risoluzione: 0,025 g; 0,245 m/s² (0,8 ft/s²)
- Intervallo di registrazione: da 1 secondo a 18 ore, 12 minuti, 15 secondi in modalità Normale; e da 0,01 secondi (100 Hz) a 0,99 secondi (1,01 Hz) in modalità Veloce
- Accuratezza temporale: ± 1 minuto per mese a 25°C (77°F)
- Range di operatività: In acqua/ghiaccio: -20° a 50°C (-4° a 122°F); In aria: -20° a 70°C (-4° a 158°F)
- Profondità massima operativa: fino a 30 metri da -20° a 20°C (100 ft da -4° a 68°F)
- Durata della batteria: 1 anno in modalità Normale; 7 giorni registrando a 0,01 secondi (100 Hz) modalità veloce.
- Memoria: 64K bytes (approssimativamente 21,8K combinando letture sugli assi x-, y-, e z- o eventi)
- Materiali: Custodia in Polipropilene; viti in acciaio; Buna-N o-ring
- Peso: 18 g (0,6 once)
- Dimensioni: 58 x 33 x 23 mm (2,3 x 1,3 x 0,9 pollici)

1.2.3 Risultati

Le due tipologie di data logger hanno consentito di monitorare la temperatura dell'acqua, le variazioni di irraggiamento solare e le accelerazioni nella colonna d'acqua durante le sue evoluzioni temporali permettendo di evidenziare eventuali anomalie e/o mareggiate. A titolo di esempio si riportano di seguito due grafici prodotti dall'Hobo ® software per ciascuna tipologia di logger sui dati scaricati dagli strumenti (Fig.2a e 2b e Fig.3a e 3b).

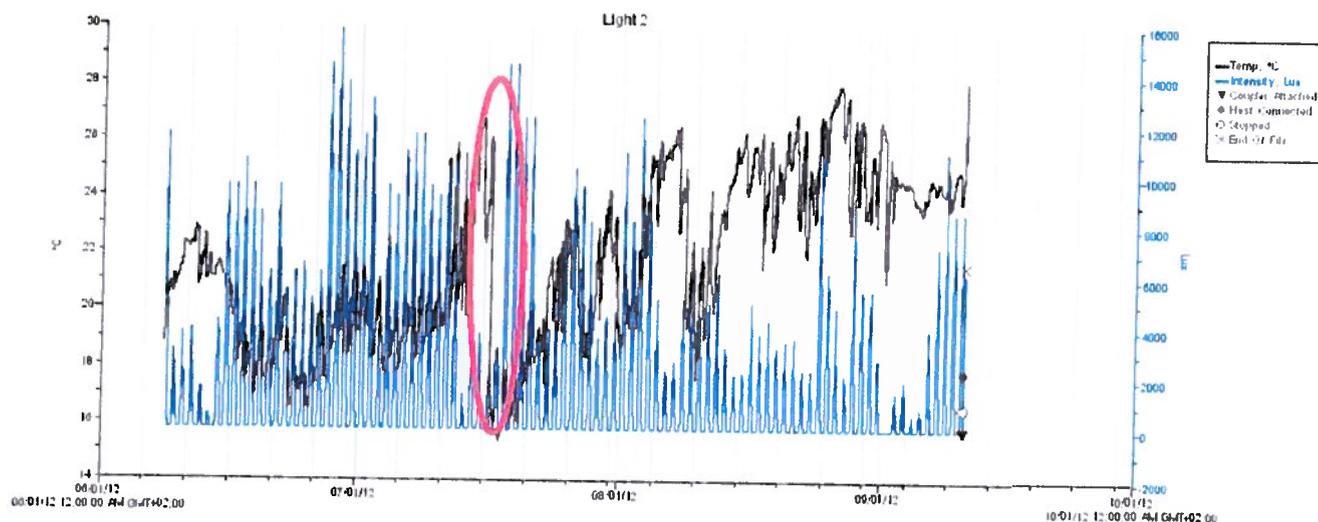


Figura 2a. Grafico di esempio relativo alle misurazioni effettuate tramite Hobo ® light/temperature logger nell'area R2 di monitoraggio dal 1 Giugno al 10 Settembre 2012.

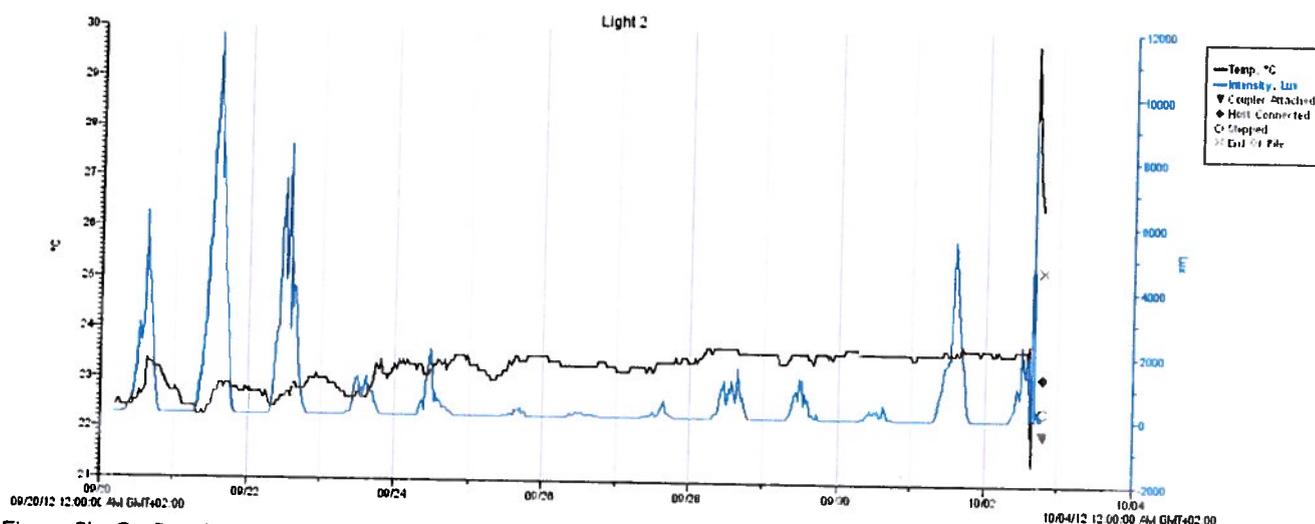


Figura 2b. Grafico di esempio relativo alle misurazioni effettuate tramite Hobo ® light/temperature logger nell'area R2 di monitoraggio dal 20 Settembre al 2 Ottobre 2012.

Nella figura 2a relativa alle registrazioni dell'irraggiamento solare e della temperatura dell'acqua si evidenziano le fluttuazioni tipiche del periodo estivo che va da Giugno a Settembre del 2012. Tuttavia è presente una anomalia che fa variare la temperatura dell'acqua in maniera brusca (vedi cerchio rosso in fig. 2a) il giorno 16 Luglio intorno alle ore 6.30 del mattino. Questo dato è in accordo con quanto rilevato dagli operatori sub (OSS e OTS) in loco e concorda perfettamente con gli andamenti dell'intensità e direzione del vento registrati dalla stazione meteo ISPRA di Civitavecchia (dati prelevati dal sito <http://www.mareografico.it>). Infatti, nei giorni precedenti il 16 Luglio si è verificato un aumento marcato dei venti provenienti dal primo quadrante, essenzialmente con direzione Nord/Nord est. Tali venti hanno contribuito, spingendo l'acqua presente in superficie al largo, a richiamare nello strato superficiale acqua più fredda proveniente da aree profonde causando l'abbassamento della temperatura registrato dallo strumento.

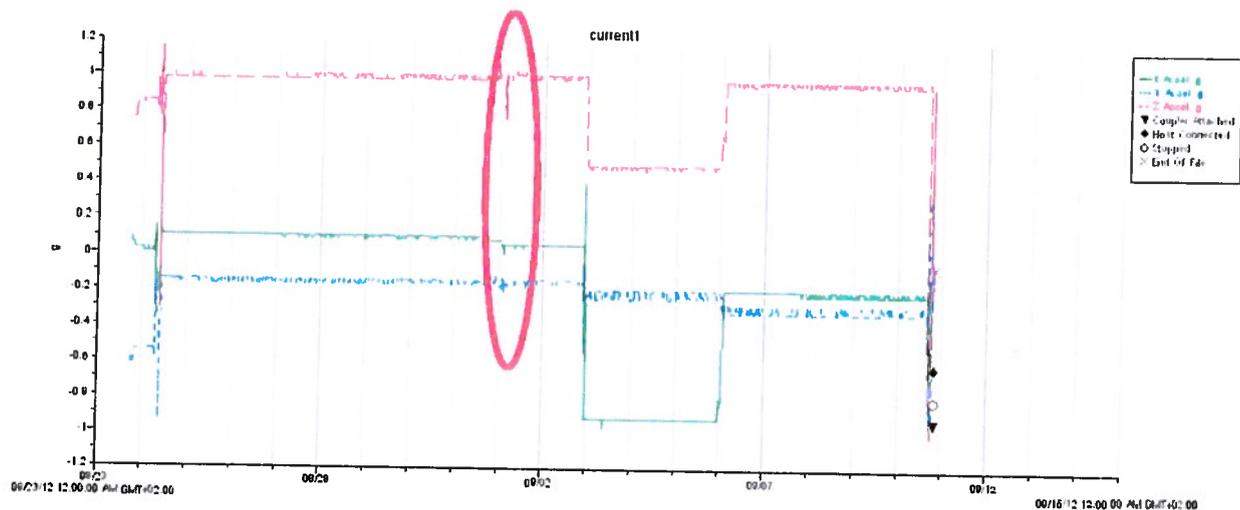


Figura 3a. Grafico di esempio relativo alle misurazioni effettuate tramite Hobo ® acceleration logger nell'area R2 di monitoraggio dal 23 Agosto al giorno 10 Settembre 2012.

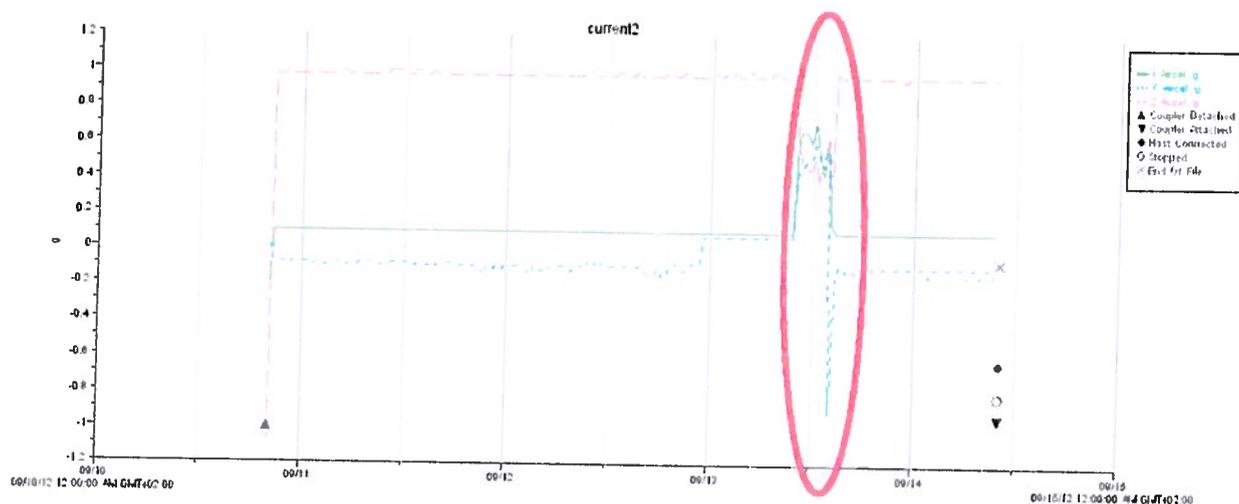


Figura 3b. Grafico di esempio relativo alle misurazioni effettuate tramite Hobo ® acceleration logger nell'area R2 di monitoraggio dal 10 al 15 Settembre 2012.

E' interessante notare la corrispondenza tra le variazioni di accelerazione misurate nella colonna d'acqua dal Pendant G Acceleration data logger e le variazioni nella velocità del vento misurate dalla rete di monitoraggio ISPRA nell'area di Civitavecchia. Infatti il giorno 1 Settembre 2012 si è verificata una variazione nella velocità del vento che è stata registrata dalla rete ISPRA e anche dall' HOBO ® data logger (vedi cerchio rosso in Fig 3a). Nella medesima figura si osserva un cambiamento marcato (uno scalino) nei plot di tutti e tre gli assi che è stato causato da uno spostamento dello strumento avvenuto casualmente il giorno 3 Settembre 2012. Lo strumento il giorno 6 Settembre è stato poi messo nuovamente in posizione da un operatore sub ed ha continuato a registrare.

Nella figura 3b il giorno 13 Settembre il grafico relativo alle accelerazioni misurate dal logger mostra variazioni marcate (vedi cerchio rosso in Fig.3b). Tale evento è stato registrato anche dalla stazione ISPRA di Civitavecchia che ha evidenziato variazioni nell'intensità del vento che verosimilmente hanno dato luogo alle accelerazioni nella colonna d'acqua tipiche di una mareggiata. Entrambi li strumenti hanno mostrato una elevata affidabilità registrando valori dei tre parametri sempre corroborati dai dati della rete nazionale di monitoraggio ISPRA. Tali strumenti, quindi, saranno utilizzati per tutto il periodo previsto per il monitoraggio per evidenziare variazioni nei valori di luce, temperatura e accelerazioni nella colonna d'acqua nelle aree interessate dal reimpianto.

1.3 Monitoraggio tramite dati satellitari

Per il monitoraggio dell'area di reimpianto, oltre alle analisi effettuate *in situ* ed al prelievo di campioni, è stato utilizzato il telerilevamento tramite satellite.

Le immagini utilizzate provengono dal satellite WorldView2 gestito dalla DigitalGlobe, attualmente il satellite ottico per uso civile con caratteristiche più avanzate per quanto riguarda risoluzione dell'immagine e numero di bande investigate. In particolare questo satellite è il primo ad utilizzare un sensore dedicato all'analisi della banda spettrale con lunghezza d'onda fra i 400 e 450 nanometri, definita Coastal Blue, che ha la caratteristica di venire meno assorbita dall'acqua rispetto alle altre bande e presenta quindi una più elevata capacità di restituire informazioni importanti per tutte le analisi in mare (classificazione del fondale, andamento della batimetria, eventuali sostanze inquinanti etc.)

Si è optato per la ripresa satellitare della zona due volte l'anno, in estate ed in inverno. I parametri per la ripresa, in particolar modo l'angolo di ripresa del satellite e quello di elevazione del sole, sono stati concordati con la DigitalGlobe in maniera che garantissero una buona visibilità del fondale marino. La prima immagine per il monitoraggio è stata ripresa in data 18 Agosto 2012.

Sulle immagini sono state effettuate le seguenti operazioni:

- **Miglioramento della visibilità dell'immagine.** La profondità relativamente modesta della zona di reimpianto, permette di vedere con un discreto dettaglio gli elementi del fondale senza ricorrere a manipolazioni particolarmente sofisticate del dato. Il software utilizzato per elaborare le immagini (Erdas Imagine 2011) consente di effettuare varie operazioni che permettono di esaltare i dettagli del fondo marino. Innanzitutto si procede con la rimozione del tratto in terraferma, questo per consentire al software di utilizzare tutta la banda cromatica (circa 16,8 milioni di combinazioni delle componenti rosso, verde e blu) per rappresentare esclusivamente il fondale, anziché dover dedicare la gran parte dei colori disponibili per rappresentare il tratto emerso, molto più vario da un punto di vista cromatico. Si procede quindi a visualizzare le bande che hanno maggiore capacità di penetrare in acqua e ad effettuare varie modifiche agli istogrammi ed alla equalizzazione del dato. Il risultato è un'immagine nella quale è possibile visualizzare in maniera abbastanza dettagliata gli elementi del fondale marino.

- Rimozione della colonna d'acqua con il metodo di Lyzenga. Per la classificazione degli elementi del fondale marino in un'immagine multispettrale, bisogna tenere in considerazione il fatto che la luce che penetra in acqua subisce un'attenuazione della propria intensità. Ciò comporta che la luce riflessa dal fondo marino sia influenzata oltre che dal tipo di substrato, anche dalla profondità cui si trova la superficie riflettente. La conseguenza di questo fatto, è che la firma spettrale di un elemento (i valori medi alle varie lunghezze d'onda dell'energia riflessa o assorbita dall'oggetto, usati per l'identificazione dell'elemento) cambia in maniera significativa con la profondità. Può quindi essere complicato procedere ad una classificazione degli elementi del fondale marino, in quanto bisognerebbe conoscere in maniera dettagliata sia le profondità dello stesso, sia quali fossero al momento della ripresa satellitare le caratteristiche dell'acqua che influenzano la propagazione delle onde elettromagnetiche. Per l'area di reimpianto, questo problema è limitato dal fatto che la profondità nella zona non presenta variazioni particolarmente accentuate. Si è comunque proceduto ad utilizzare il metodo di rimozione della colonna d'acqua, che attraverso varie elaborazioni delle immagini multispettrali, permette di ottenere un dato nel quale il digital number di un pixel è legato essenzialmente al tipo di substrato riflettente e non alla profondità dello stesso. Nell'immagine sottostante, il risultato dell'operazione per la zona di reimpianto sull'immagine ripresa il 18 Agosto 2012. Si notano, delimitate in rosso, le due zone nelle quali è stato effettuato il reimpianto delle talee di posidonia, ben distinte dal fondale di sabbia.

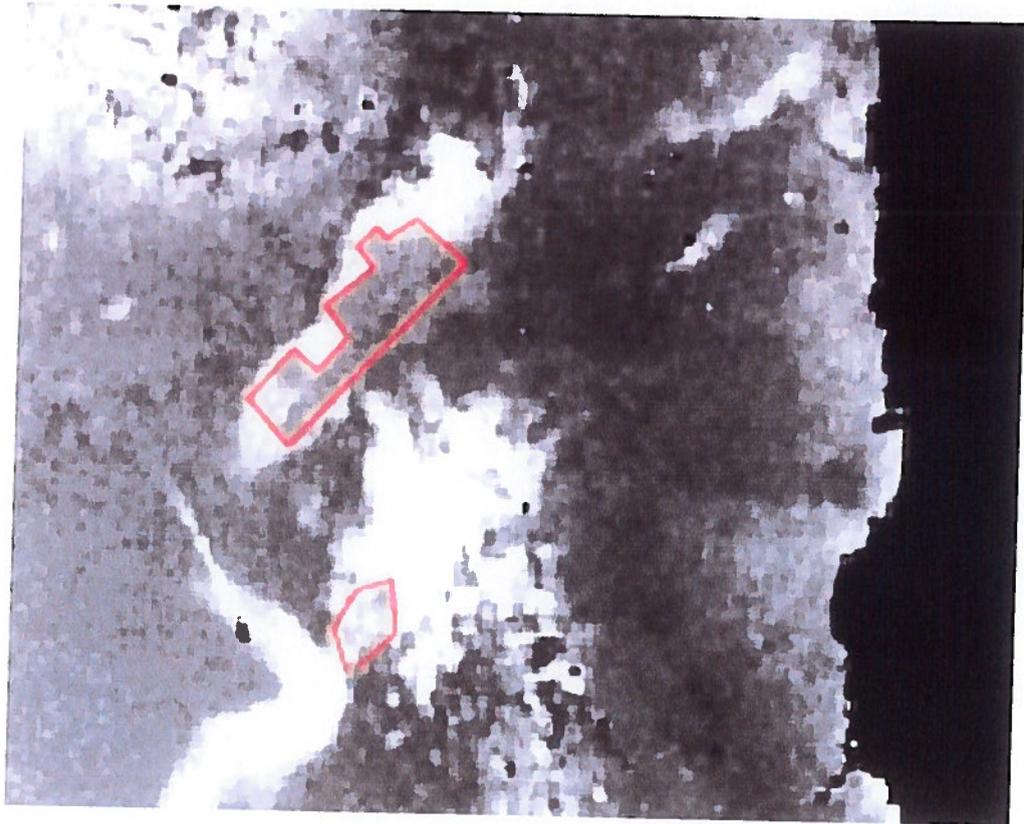


Fig. 1.3.1 La zona di reimpianto nell'immagine dell'agosto 2012 elaborata con il metodo di Lyzenga

- **Classificazione supervisionata.** La suite Erdas permette di effettuare una classificazione degli elementi della ripresa satellitare e di produrre un'immagine tematica della zona, nella quale a elementi di un determinato tipo (posidonia, sabbia, roccia etc.) viene associato un colore specifico. Il software può venire addestrato al riconoscimento attraverso la delimitazione di aree campione relative ad un determinato elemento.
- **Variazione della linea di costa.** Le bande infrarosso hanno la caratteristica di venire fortemente assorbite dall'acqua. Nel passaggio da acqua a terra, vi è un repentino aumento dei valori dell'infrarosso. Utilizzando questa peculiarità, è possibile individuare un valore medio della banda Near Infrared 2 caratteristico per l'immagine nella zona di passaggio fra terra ed acqua. E' quindi possibile digitalizzare la linea di costa dell'immagine in base ad una valutazione strumentale e, tenendo conto dei dati di marea, effettuare dei confronti con dati preesistenti. Questa analisi al momento non ha evidenziato cambiamenti significativi con i dati relativi all'immagine precedente in prossimità della zona di reimpianto.

- **Ortorettifica del dato.** L'immagine viene sottoposta ad un processo di modifica, in base ai dati della strumentazione ottica utilizzata per la ripresa e della morfologia del territorio (rilievi e avvallamenti), al fine di produrre un'immagine georiferita a scala costante costante, tipo restituzione ortografica. Si è deciso di effettuare questa elaborazione dopo aver effettuato le analisi sopra descritte, in modo da esaminare un dato che non fosse stato in parte alterato dai processi di ricampionamento.

Gli eventi meteo marini dell'autunno 2012 accompagnati da almeno una mareggiata eccezionale di cui si riferisce nel dettaglio al successivo Capitolo 3 di questo documento, hanno provocato ingenti danni agli impianti e, in questo modo, hanno di fatto limitato la possibilità di utilizzo delle riprese satellitari come mezzo di monitoraggio delle aree di reimpianto.

L'analisi di immagini multispettrali del fondale marino può fornire informazioni valide per lo studio delle condizioni della zona di reimpianto, tramite le tecniche di change detection messe a disposizione da alcuni prodotti software professionali. Per ottenere dati attendibili dallo studio del fondale marino, vi è però la necessità di analizzare zone abbastanza estese ed omogenee, quali potevano essere le due zone di reimpianto, effettivamente ben riconoscibili nella ripresa satellitare di Agosto 2012 (Fig. 1.3.2).

I danni riportati dai campi a causa delle mareggiate, che hanno ridotto a circa millecinquecento metri quadri la superficie reimpiantata, frammentata in diverse zone di estensione ridotta, rendono di fatto estremamente limitate le possibilità di utilizzo del satellite per il monitoraggio dell'impianto, per le difficoltà che la presenza dell'acqua (difficilmente limpida) implica nell'analisi dell'immagine e nei processi di change detection su zone di piccola estensione.

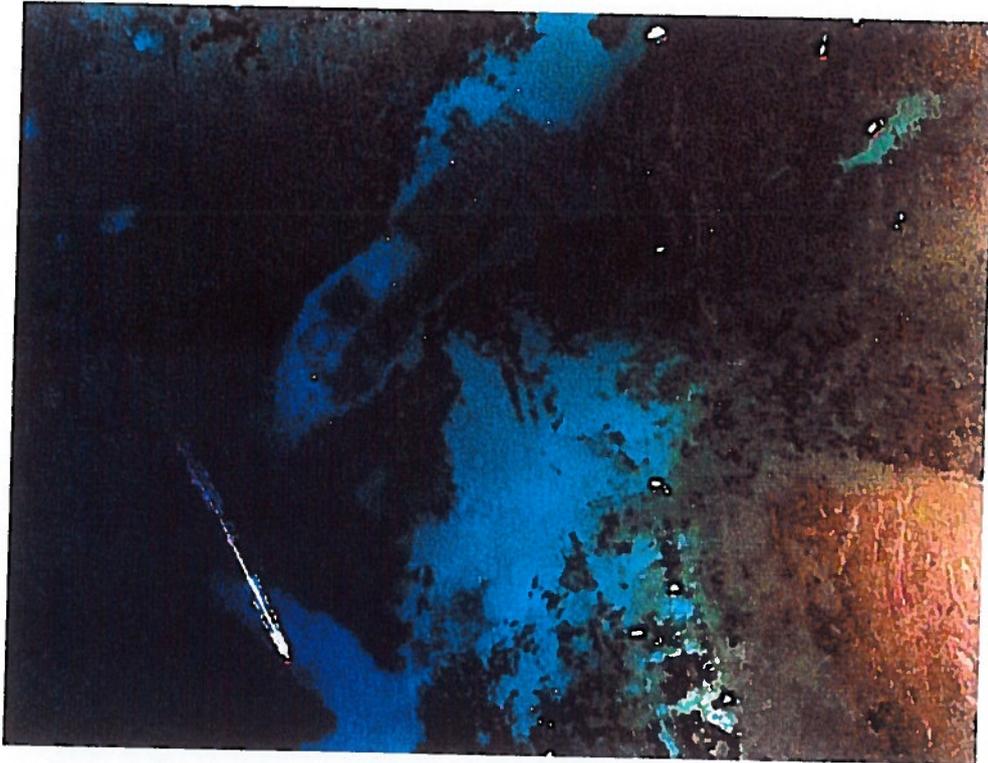


Fig. 1.3.2 La zona di reimpianto nell'immagine multispettrale dell'agosto 2012 elaborata in modo da aumentare la visibilità del fondo marino, sono evidenti le aree di reimpianto R1 ed R2 confrontando l'immagine con quella di Fig. 1.3.3.

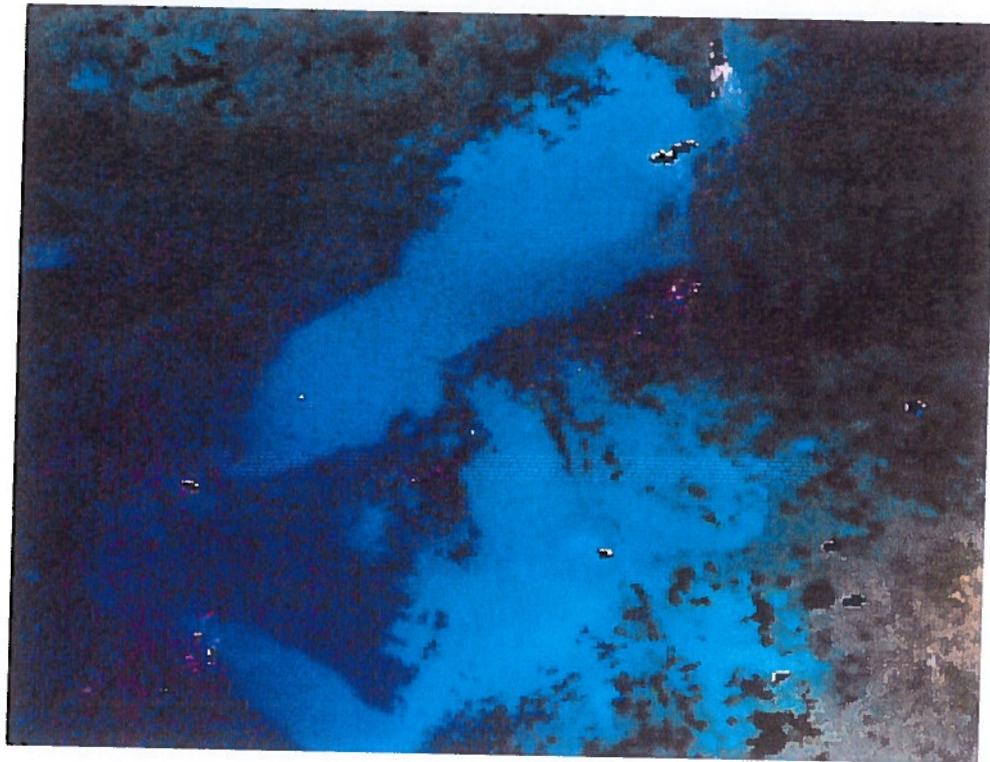


Fig. 1.3.3 La zona di reimpianto prima della realizzazione dell'opera nell'immagine multispettrale dell'estate 2010 elaborata in modo da aumentare la visibilità del fondo marino.

1.4 Conclusioni

Al completamento delle attività di monitoraggio del settembre 2012 le talee risultavano ben radicate ed, in alcuni casi, avevano dato origine a nuove ramificazioni.

Come conclusione generale va sottolineato che le indagini effettuate hanno evidenziato una sopravvivenza delle talee trapiantate superiore al 75% in tutto il campo.

Fanno eccezione le aree di monitoraggio 4,5,6 e 7 non indagate a causa dei danneggiamenti provocati da fattori non imputabili alle metodiche di trapianto adottate di cui si relaziona nel successivo Capitolo 2 di questa stessa relazione.

La documentazione fotografica riportata nei prossimi due paragrafi (1.4.1 e 1.4.2) testimonia il buono stato di salute delle talee trapiantate alla data del monitoraggio. Per una osservazione più completa dello stato delle aree di reimpianto R1 ed R2, si rimanda al DVD allegato alla presente relazione contenente i filmati georeferenziati realizzati allo scopo.



Esempi di talee trapiantate recanti nuove radici e una ramificazione

1.4.1 Documentazione fotografica Area R2



Fig. 1.4.1.1. Porzione di stuoja interessata da parziale insabbiamento con talee ancora in situ (lotto 14)



Fig. 1.4.1.2. Particolare di un'area sottoposta a forte energia di fondo con spostamento di onde di sabbia e con parziale ricoprimento delle talee che hanno comunque mantenuto la posizione di reimpianto.



Fig. 1.4.1.3. Zona "materassi" con chiazze parzialmente sommerse



Fig. 1.4.1.4. Ciuffo di talee con foglie adulte particolarmente lunghe con epifiti ed porzioni di tessuto bruno.

1.4.2 Documentazione fotografica Area R1



Fig. 1.4.2.1. Stuoie parzialmente ricoperte da sabbia con talee correttamente posizionate ed in ottime condizioni.



Fig. 1.4.2.2. Particolare dell'immagine precedente.



Fig. 1.4.2.3. Stuoie completamente ricoperte da un sottile strato di sabbia con talee in ottime condizioni



Fig. 1.4.2.4. Particolare dell'immagine precedente

2. Settembre 2012: Descrizione danni riscontrati durante la prima campagna di monitoraggio

Si premette che, al termine delle attività di Fase 1, l'impianto è stato regolarmente segnalato con boe di superficie. Le boe delimitavano uno specchio d'acqua il cui posizionamento è stato reso noto alla Capitaneria di Porto di Civitavecchia che ha emesso un'ordinanza specifica (Ordinanza n° 64/2012) che vietava qualsiasi tipo di ancoraggio nell'area coinvolta. Sono stati emessi inoltre regolari bollettini e segnalazioni radio.

In data 12 Settembre 2012, in occasione del primo intervento di monitoraggio previsto nel contratto sottoscritto con l'Autorità Portuale di Civitavecchia, si è provveduto alla verifica dell'impianto individuato con la sigla R2 e, purtroppo, è stato riscontrato un danneggiamento di circa 2000 mq di impianto, dovuto prevalentemente a numerosi ancoraggi che hanno strappato e sollevato parte delle stuoie fissate sul fondo.

In data 1 ottobre si è svolto il sopralluogo di accertamento dei danni, ad ultimazione delle attività veniva confermato, da parte degli incaricati dell'Autorità Portuale, l'evento subito e redatto regolare verbale di accertamento danni.

Successivamente, in data 2 ottobre 2012, ha avuto inizio l'attività di bonifica e perlustrazione delle aree danneggiate al fine di arrivare ad una quantificazione economica dell'intervento. Sono stati effettuati diversi percorsi di rilevamento subacqueo lungo le direttrici costa-largo e paralleli alla costa in modo da rilevare l'intera superficie.

Dalle ricognizioni è emerso che la superficie danneggiata e quindi da ripristinare risultava essere di 2022 mq.

A seguito dell'ordine di servizio indicato nel suddetto Verbale di accertamento danni si è prontamente provveduto all'avvio del cantiere per il ripristino dei settori di impianto danneggiati che, come da richiesta della stessa Autorità Portuale, è stato organizzato in quattro distinte attività:

1. bonifica ripristino e messa in opera delle strutture di ancoraggio delle talee
2. espianto delle piante di *Posidonia oceanica*
3. preparazione delle talee
4. impianto delle talee

Nelle settimane successive, per un periodo complessivo di circa 20 giorni, sono state

avviate tutte e 4 le attività, le stesse sono proseguite fino al 26 ottobre 2012, giorno in cui, ad intervento quasi ultimato, sono state sospese a causa del sopraggiungere di una forte perturbazione. Le attività sono state riprese in data 7 novembre relativamente alle sole opere di bonifica, in quanto per l'esecuzione delle attività di espianto e reimpianto, considerato il sopraggiungere di una stagione non favorevole, si è concordato con la Direzione Lavori il rinvio alla successiva primavera.

Il cantiere è stato definitivamente chiuso a novembre con la seguente situazione:

Supporti e bonifica	100% attività completata
Espianto	85% attività completata
Reimpianto	85% attività completata

3 Settembre 2012: Analisi della colonna d'acqua

L'indagine è stata svolta nelle aree di reimpianto delle talee, lungo 2 transetti perpendicolari alla costa scegliendo stazioni rispettivamente posizionate in R1 (transetto A) e R2 (transetto B). L'indagine è stata svolta seguendo le stesse procedure adottate in fase di caratterizzazione.

I campioni per le successive analisi di laboratorio sono stati prelevati tramite bottiglie Niskin (volume 2,5 litri). Per le analisi chimiche e per le analisi microbiologiche sono stati prelevati e processati 3 campioni.

In tabella 3.1 sono riportate le stazioni di campionamento. Dalla tabella si evince inoltre quali campioni sono stati processati

Tabella 3.1 – Sono riportate le coordinate (WGS 84) dei punti di indagine e le attività previste. AM = analisi microbiologiche, AC = Analisi chimiche. Prof (m) indica la profondità di prelievo del campione. Xnp=prelievo profondo; Xns= prelievo superficiale.

Latitudine N	Longitudine E		AC	AM	Prof (m)
42°02,1281' N	11°49,6722' E	A1p	*	*	6
		A1s	*	*	
42°02,0238' N	11°49,5661' E	A2p	*	*	8
		A2s	*	*	
42°02,0373' N	11°49,7992' E	B1p	*	*	3
		B1s	*	*	
42°01,9274' N	11°49,6644' E	B2p	*	*	7
		B2s	*	*	

I risultati riportati in Tabella 3.2 dimostrano l'assenza di inquinamento fecale.

Tabella 2 - Risultati delle analisi microbiologiche. Xnp=prelievo profondo; Xns= prelievo superficiale.

Nome	Metodo	Unità	A1p	A1s	A2p	A2s	B1p	B1s	B2p	B2s
Coliformi Totali	APAT CNR IRSA 7010 C Man 29 2003	ufc/100 ml	0	0	0	0	0	0	0	0
Coliformi Fecali	APAT CNR IRSA 7020 B Man 29 2003	ufc/100 ml	0	0	0	0	0	0	0	0
Streptococchi fecali (Enterococchi)	APAT CNR IRSA 7040 C Man 29 2003	ufc/100 ml	0	0	0	0	0	0	0	0

Nella successiva Tabella 3.3 sono riportati i risultati della ricerca dei contaminanti.
Xnp=prelievo profondo; Xns= prelievo superficiale:

Nome	Metodo	Unit à	A1p	A1s	A2p	A2s	B1p	B1s	B2p	B2s
Mercurio	EPA 3015A 2007 + EPA 6020A 2007	µg/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Cadmio	EPA 3015A 2007 + EPA 6020A 2007	µg/l	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Arsenico	EPA 3015A 2007 + EPA 6020A 2007	µg/l	5,7	5,6	5,9	5,9	5,7	5,8	5,2	5,5
Piombo	EPA 3015A 2007 + EPA 6020A 2007	µg/l	2,9	1	2,2	1,2	2,3	1	2,4	1,1
Cromo totale	EPA 3015A 2007 + EPA 6020A 2007	µg/l	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Bario	EPA 3015A 2007 + EPA 6020A 2007	mg/l	0,008 1	0,009 1	0,009	0,008 8	0,008 8	0,009	0,009 1	0,008 1
Nichel	EPA 3015A 2007 + EPA 6020A 2007	µg/l	2,3	2,7	2,3	2,7	1,9	2,4	2,2	2,1
Rame	EPA 3015A 2007 + EPA 6020A 2007	µg/l	< 10	< 10	< 10	29	16	< 10	< 10	< 10
Zinco	EPA 3015A 2007 + EPA 6020A 2007	µg/l	< 30	< 30	< 30	92	< 30	33	< 30	< 30
Ortofosfati	APAT CNR IRSA 4020 Man 29 2003	mg/l	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4
Nitriti	APAT CNR IRSA 4020 Man 29 2003	mg/l	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5
Nitrati	APAT CNR IRSA 4020 Man 29 2003	mg/l	1,4	1,4	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Fosfati	APAT CNR IRSA 4020 Man 29 2003	mg/l	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4
Azoto ammoniacale (come NH ₄)	APAT CNR IRSA 4030 C Man 29 2003	mg/l	3,5	4,5	4,4	3	3,5	6,5	3,9	3,3
Azoto Totale	APAT CNR IRSA 4060 Man 29 2003	mg/l	5,7	7,7	7,7	5,1	7,7	7,7	5,6	5,7
Fosforo totale (come P)	EPA 200.7 1994	mg/l	0,15	0,19	0,15	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
Idrocarburi C<12	EPA 5021A 2003 + EPA 8260C 2006	mg/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Idrocarburi C>12	EPA 3510C 1996 + EPA 3620C 2007 + EPA 8015C 2007	mg/l	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5

Dalle analisi delle acque non emerge alcuna sostanziale variazione rispetto alle misurazioni effettuate in fase di caratterizzazione in aree limitrofe.

RAPPORTO FINALE PRIMO ANNO FASE 2
PARTE SECONDA:
ATTIVITA' DA OTTOBRE 2012 A DICEMBRE 2013

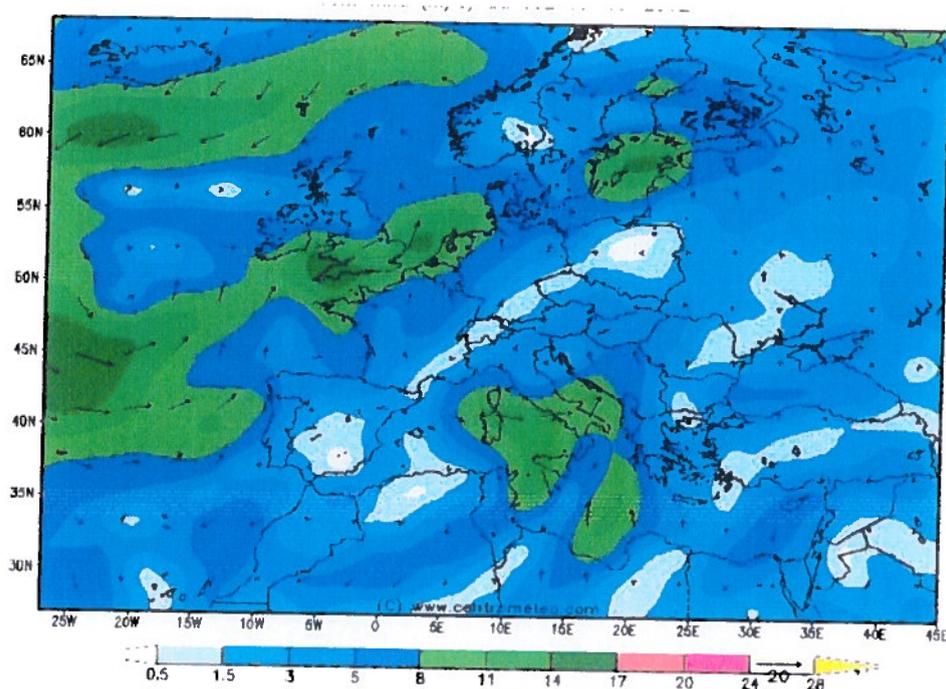
Indice

4. Ottobre 2012 – Novembre 2012: Mareggiate eccezionali	46
4.1 Documentazione condizioni meteo-marine degli eventi di ottobre-novembre 2012	46
5. Novembre 2012 - Gennaio 2013 – Marzo 2013: Attività realizzate e considerazioni sulle condizioni delle aree di impianto	49
6. Giugno 2013 - Ottobre 2013 – Novembre 2013: Valutazioni dello stato di fatto nelle aree di impianto R1 ed R2	54
6.1 Stato di fatto Area R2	56
6.2 Stato di fatto Area R1	70
6.3 Conclusioni	84
7. Dicembre 2013: Valutazioni delle condizioni vegetative delle talee trapiantate e posizionamento di una nuova area di monitoraggio in R2	86
7.1 Fenologia ed accrescimento delle talee trapiantate	86
7.2 Posizionamento area di monitoraggio in R2	94
8. Conclusioni	96

4 Ottobre 2012- Novembre 2012: Mareggiate eccezionali

4.1 Documentazione condizioni meteo-marine degli eventi di ottobre-novembre 2012

Durante l'ultima settimana di ottobre 2012 gran parte dell'Italia è stata interessata da estesi fenomeni di mal tempo a seguito dei quali si sono verificate condizioni estreme che hanno interessato ampie zone della nostra penisola ed in particolare il tratto costiero prospiciente Civitavecchia. Nel fine settimana del 26 ottobre, una profonda depressione centrata sull'Europa Settentrionale, con un'estesa saccatura fino alla penisola iberica, ha attivato un vasto sistema frontale che ha interessato tutto il Mediterraneo centrale e occidentale con precipitazioni temporalesche e venti dai quadranti meridionali in tutte le zone costiere. Il fronte, partito dalla Liguria, ha interessato in particolare la bassa Toscana ed il Lazio, come si evince dalle Figure 4.1.1 e 4.1.2 in cui le zone evidenziate in verde rappresentano i valori relativi all'intensità del vento (misurata in nodi).



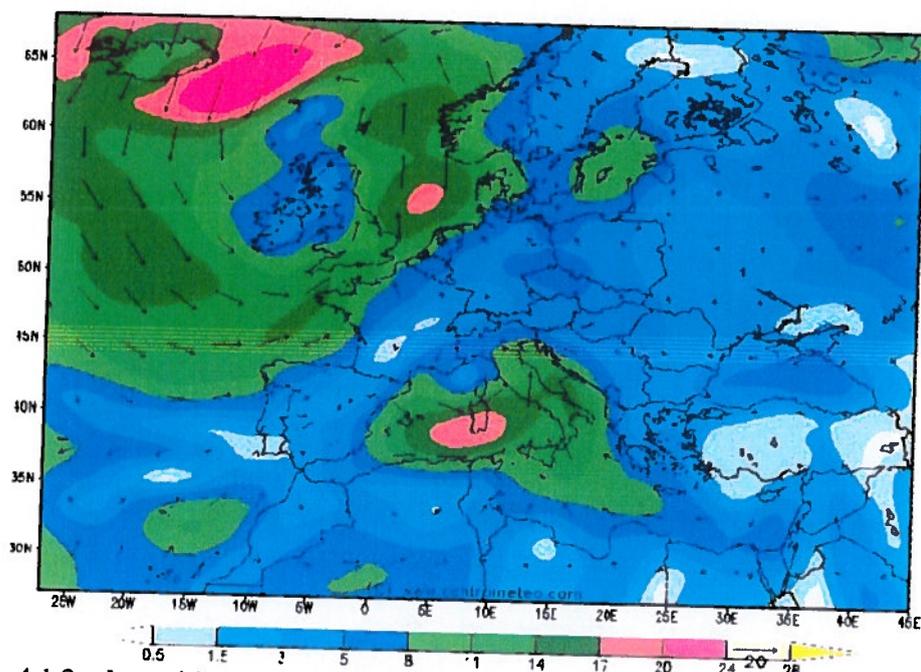


Figura 4.1.1 e 4.1.2 – Intensità del vento misurata in nodi durante i fenomeni eccezionali occorsi nel Mediterraneo in due momenti diversi (27 e 28 Novembre 2012).

I venti dai quadranti meridionali hanno inizialmente creato dei mari mossi, ma con moto ondoso in aumento nel corso dei giorni fino ad arrivare a tre giorni consecutivi di mare agitato e molto agitato. Sulla base della scala Douglas la costa tirrenica è stata interessata da onde di altezza compresa tra 2,5 m (mare agitato) e 6 metri (mare molto agitato).

La perturbazione numero 6 del mese di ottobre 2012 ha provocato, da parte della protezione civile, un'allerta maltempo nazionale con particolare attenzione all'area tirrenica ed al Lazio a causa delle precipitazioni e delle condizioni meteo-marine. La perturbazione ha dato una breve tregua, ma già la sera del 30 ottobre si è verificato un nuovo peggioramento a causa di una perturbazione Atlantica che ad iniziare dalla Liguria ha colpito nuovamente la costa occidentale della penisola italiana. L'arrivo di violenti venti meridionali ha portato un rialzo delle temperature, ma nel contempo ha gonfiato ulteriormente i mari già mossi a seguito della precedente mareggiata. L'elemento saliente di questa serie di perturbazioni ravvicinate sono stati i forti venti di Libeccio e Maestrale che hanno comportato forti mareggiate lungo le coste esposte. Secondo i dati rilevati tramite le boe di rilevamento della Marina Militare la costa tirrenica è stata interessata da una burrasca forza nove, secondo la Scala Beaufort, con onde alte fino a 4 metri. L'apice della mareggiata lungo la costa laziale è stata registrata nella notte del 29 ottobre durante la quale sono state documentate onde fino a 6 metri di altezza.

Tra il 31 ottobre ed il 1 novembre 2012 si è assistito all'arrivo della perturbazione denominata "Tempesta di Halloween" molto veloce, ma drammaticamente intensa: circa 20 ore di nubifragi e venti violenti dai quadranti sud-orientali fino a 60 km/h che hanno messo in allerta 8 regioni costiere tirreniche. Il Lazio è risultata tra quelle più colpite, con onde di altezza fino a 8 metri mai registrate prima in quell'area.

Queste le conclusioni emerse nello "Studio Ondametrico" realizzato dal Laboratorio Sperimentale ed Ecologia Marina, DEB – Università degli studi della Tuscia

"L'analisi degli eventi estremi è stata effettuata su una serie storica di dati ondametrici di circa 13 anni che comprende le acquisizioni delle boe di Capo Linaro (ISPRA-RON) e di Torrevaldaliga (ENEL) i cui dati determinano il clima ondoso sul tratto di costa che si estende da Capo Linaro a Punta Pecoraro. Dallo studio emerge che i fenomeni più intensi provengono dal III quadrante (Libeccio e Mezzogiorno) rispetto a quelli provenienti da 315°N (Maestrale). Dall'analisi statistica degli eventi estremi si evince che la distribuzione di Weibull ($k=0.75$) è quella che meglio si adatta alla serie dei dati misurati ($R^2=0.9$). Grazie a questa distribuzione sono stati definiti i tempi di ritorno delle altezze d'onda a 2, 5, 10, e 20 anni. Tale analisi non comprende gli eventi che si sono verificati negli ultimi mesi (Luglio-Dicembre 2012) tra cui è presente un fenomeno con un'altezza d'onda significativa di 7.8 m proveniente da Libeccio la cui intensità non risulta essere stata mai registrata prima. Per descrivere l'effetto del moto ondoso sulla zona costiera, gli scenari prodotti dall'analisi degli eventi estremi e l'evento con H_s pari a 7.8 m sono stati simulati grazie al modello STWAVE. Gli scenari relativi agli eventi di Libeccio e il fenomeno di maggiore intensità riscontrato il 30 Ottobre del 2012 provocano, nelle due baie a nord di Capo Linaro, zone di shoaling associate ad intensi fenomeni di rifrazione che possono determinare forti correnti di ritorno al centro delle stesse insenature. Nella parte a nord del tratto di costa oggetto di studio, gli scenari relativi al Mezzogiorno e al Maestrale inducono, a causa della ripidità del profilo batimetrico, fenomeno di frangimento molto vicini alla linea di riva."

5 Novembre 2012 - Gennaio 2013 – Marzo 2013: Attività realizzate e considerazioni sulle condizioni delle aree di impianto

In seguito alla mareggiata di fine ottobre 2012 sono stati effettuati dei sopralluoghi nell'area di impianto allo scopo di rilevarne gli effetti: i surveys sono stati effettuati nei giorni 9 e 10 Novembre 2012 ossia appena le condizioni meteo marine avevano permesso di operare in mare. Inoltre, sono state effettuate due nuove ricognizioni in data 31 gennaio 2013 e 8 marzo 2013 che hanno sostanzialmente confermato quanto emerso nel sopralluogo di novembre. Sono state effettuate delle riprese video sia nell'area di impianto che nelle aree di controllo preventivamente posizionate nella prateria naturale adiacente (vedere DVD allegato alla presente relazione).

Le principali considerazioni riguardo le condizioni dell'impianto possono essere riassunte nei punti di seguito elencati:

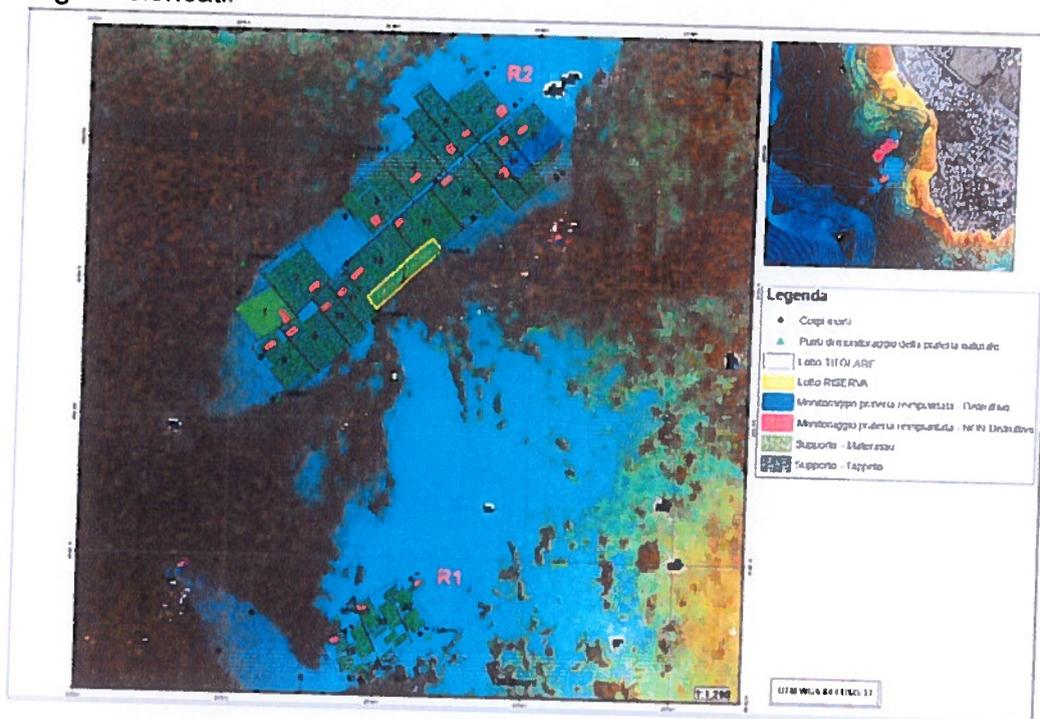


Figura 5.1. Mappa delle aree di impianto con localizzazione delle diverse zone di monitoraggio.

- L'area di impianto R1 (Fig. 5.1), nei sopralluoghi effettuati, si presentava in discrete condizioni; le strutture erano *in situ* ed in circa il 50% dei casi erano coperte da una corretta quantità di sabbia dove le talee si trovavano in buono stato ed in numero paragonabile a quanto rilevato durante il monitoraggio di settembre 2012: 28.6 ± 0.9 (media talee/m² \pm errore standard). Per il rimanente 50% le stuoie si presentavano parzialmente sollevate ed il numero di talee appariva ridotto anche se spesso in linea con la percentuale di sopravvivenza garantita del 75% rispetto a quelle inizialmente trapiantate.

- L'area di impianto R2 (Fig. 5.1), sempre nei sopralluoghi effettuati, si presentava per la maggior parte coperta da uno spesso strato di sabbia (30-40 cm e localmente fino a 70-80 cm) che ha portato alla morte delle talee per insabbiamento. La mareggiata eccezionale non prevedibile nelle proporzioni con le quali si è abbattuta sul litorale laziale presso il quale si trovano le aree di impianto (vedere il precedente Capitolo 3), ha prodotto dunque ingenti danni e la perdita della maggior parte dell'area di impianto R2. Solo in una porzione centrale, delle dimensioni stimate visivamente in circa 500 m^2 , sono state osservate alcune stuoie, circa il 25% dei 500 m^2 , strappate e/o deformate e prive di talee, tuttavia, permanevano nel rimanente 75% stuoie ancora in buone condizioni dove una corretta quantità di sabbia consentiva una buona sopravvivenza delle talee stimata comunque essere in linea con la percentuale di sopravvivenza garantita del 75% rispetto a quelle inizialmente trapiantate.
- L'arrivo di massicce quantità di sabbia in R2 aveva comportato anche il ricoprimento dei sensori per la misura della luce e dell'idrodinamismo, tanto che è stato possibile recuperare solo un misuratore di luce.
- Le aree di controllo precedentemente posizionate nella prateria naturale proprio al fine di monitorarne l'evoluzione e confrontare tale evoluzione con quella della prateria trapiantata, mostravano la presenza di evidenti segni di danneggiamento (Foto da 5.1 a 5.7). In particolare, le 3 stazioni dell'area C1 posizionate a Nord-Ovest del campo R2 (Fig. 5.1) sono andate completamente perse: tutte le piante della prateria naturale, presenti nel raggio di alcuni metri dalla radura sabbiosa sede del trapianto, risultavano completamente prive di foglie così che, a fronte di densità medie misurate durante il monitoraggio di settembre che variavano tra 213 e 316 fasci/m^2 , la prateria risultava sostituita da matite morta colonizzata solo da ciuffi isolati della pianta.
- Delle 3 stazioni dell'area C2 posizionate a Sud-Est del campo R2 (Fig. 5.1), solo quella centrale (C2 punto 2), non a caso adiacente alla porzione di impianto meno danneggiata, risultava ancora vegetata con densità simili a quelle precedentemente rilevate durante il monitoraggio di settembre e pari a circa 237 fasci/m^2 . Le altre 2 stazioni esibivano invece condizioni simili a quelle rilevate in C1 con perdita totale delle foglie o presenza di residui di foglie strappate ed, inoltre, evidenti segni di insabbiamento della prateria naturale a testimonianza del movimento di ingenti quantità di sabbia.

- Le stazioni dell'area di controllo C3 posizionate in prossimità del campo R1 (Fig. 5.1) non avevano mostrato evidenti segni di danneggiamento esibendo densità e coperture in ciascuna delle tre stazioni di campionamento simili a quelle precedentemente rilevate durante il monitoraggio di settembre e variabili tra 169 e 176 fasci/m².

Nelle foto che seguono (Foto da 5.1 a 5.7) sono rappresentate alcune sezioni delle stazioni di controllo C1 e C2 posizionate nei pressi dell'area di impianto R2 e descritte in precedenza come seriamente danneggiate: sono evidenti zone a matte morta intervallate da ciuffi sparsi di *Posidonia* con foglie spesso sfrangiate perché strappate, si sottolinea ancora che tali zone risultavano precedentemente e cioè durante il monitoraggio di settembre completamente vegetate.



Foto 5.1



Foto 5.2

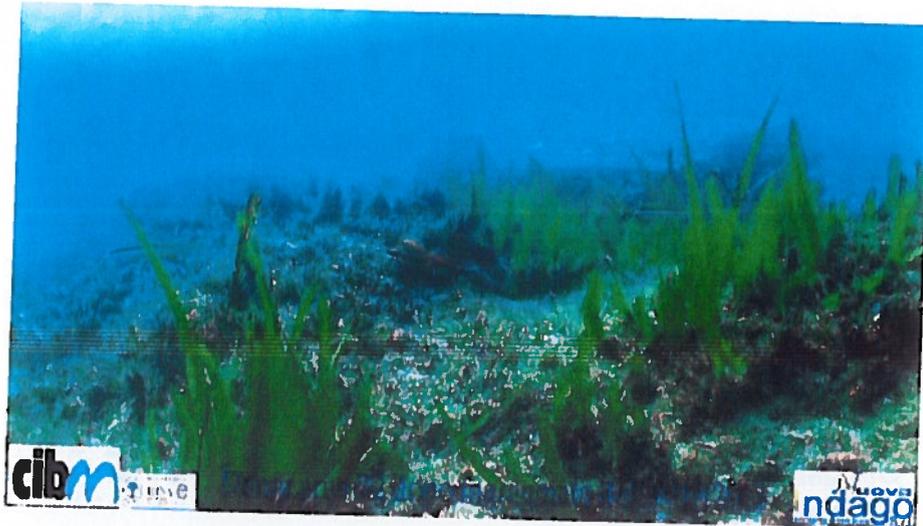


Foto 5.3

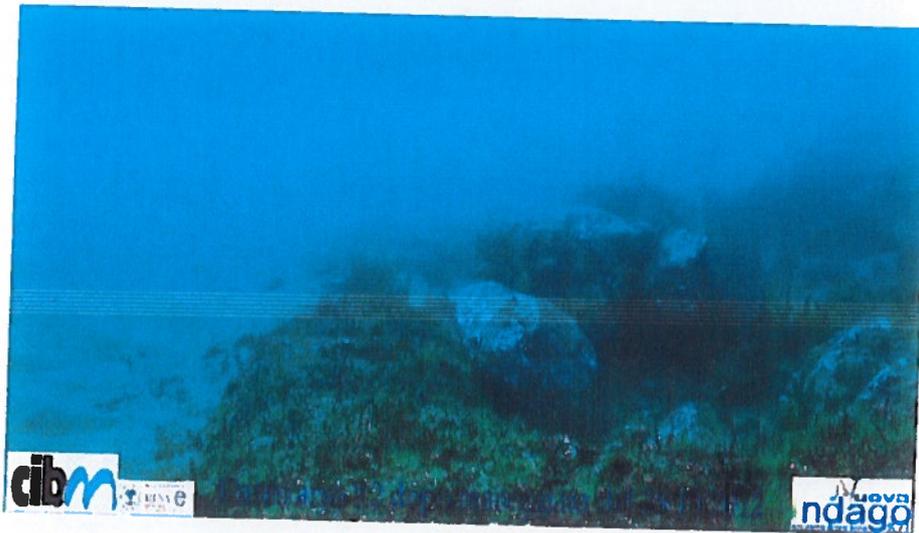


Foto 5.4



Foto 5.5



Foto 5.6



Foto 5.7

6 Giugno 2013 - Ottobre 2013 – Novembre 2013: Valutazione dello stato di fatto nelle aree di impianto R1 ed R2

Nel periodo Giugno 2013-Ottobre 2013 si procedeva ad una verifica puntuale, per quanto possibile esaustiva, della situazione degli impianti dopo circa un anno dal completamento delle attività di espianto e impianto ed a circa otto/dodici mesi dagli eventi catastrofici verificatisi alla fine del mese di Ottobre 2012.

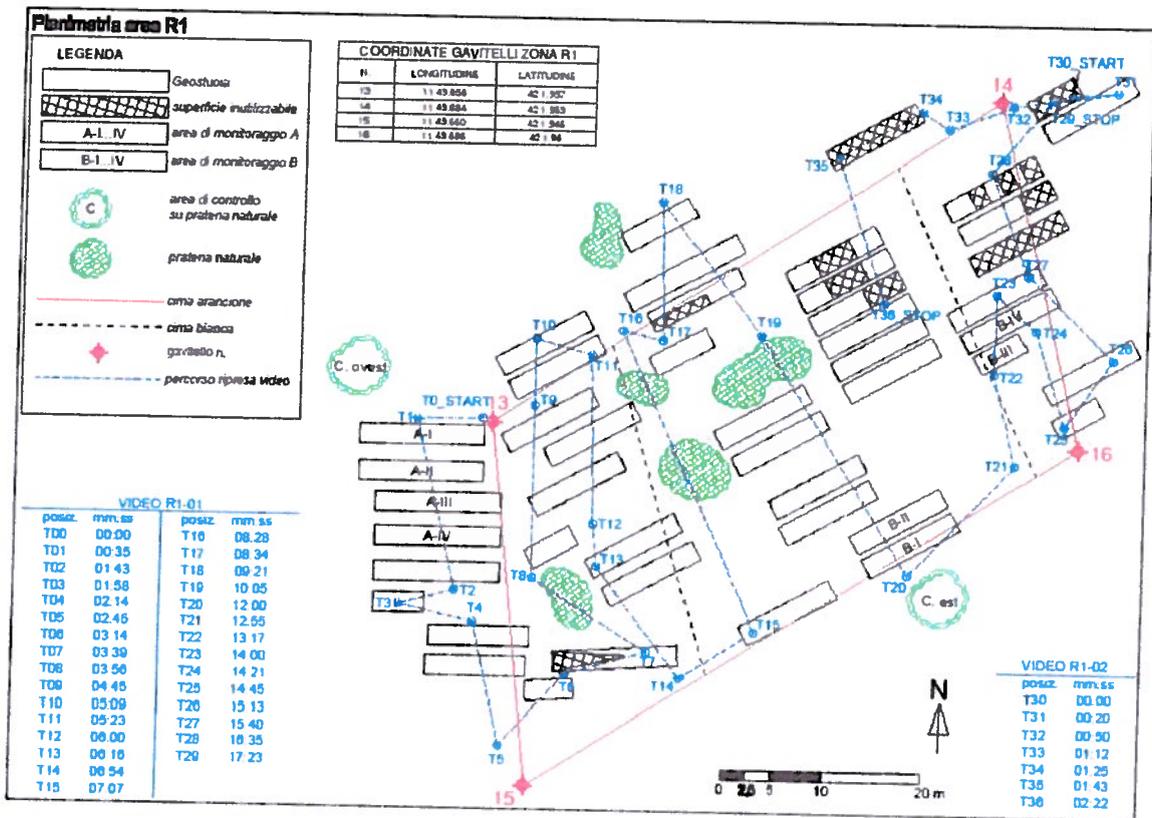
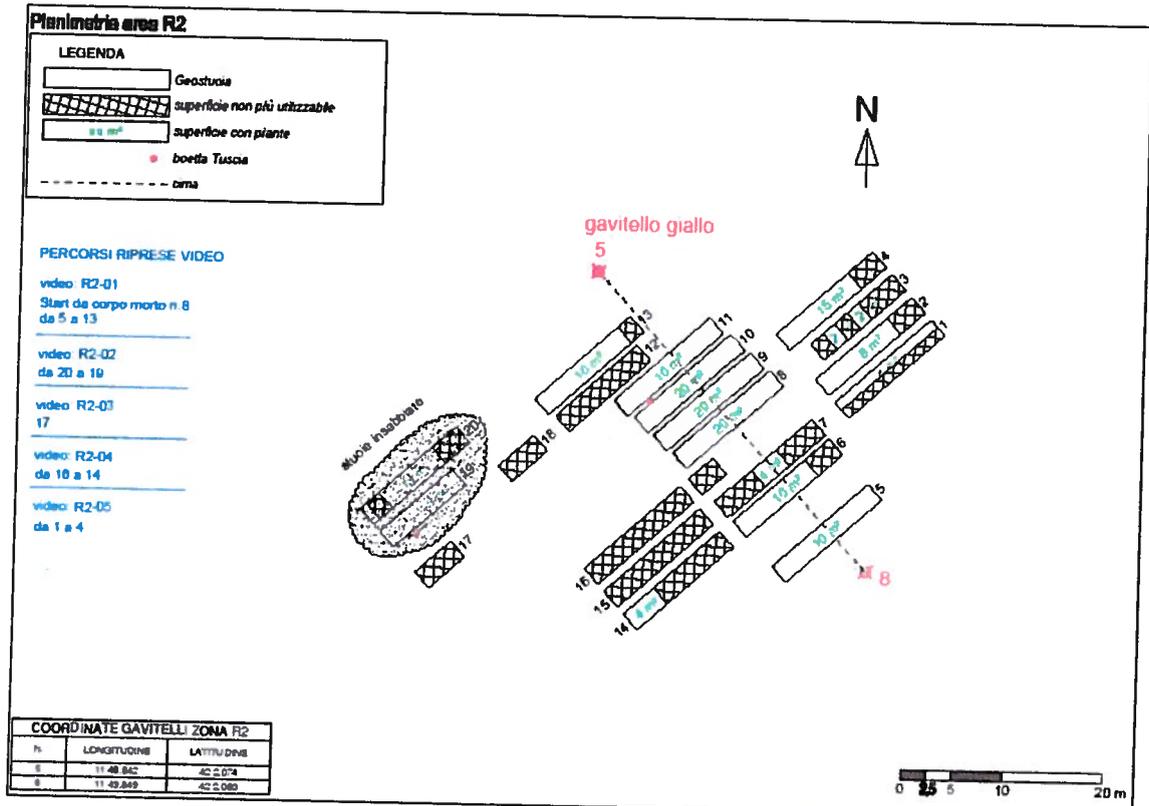
La verifica è stata effettuata tramite surveys subacquee nelle due aree, R1 ed R2, aree in cui è stato realizzato l'intervento di reimpianto.

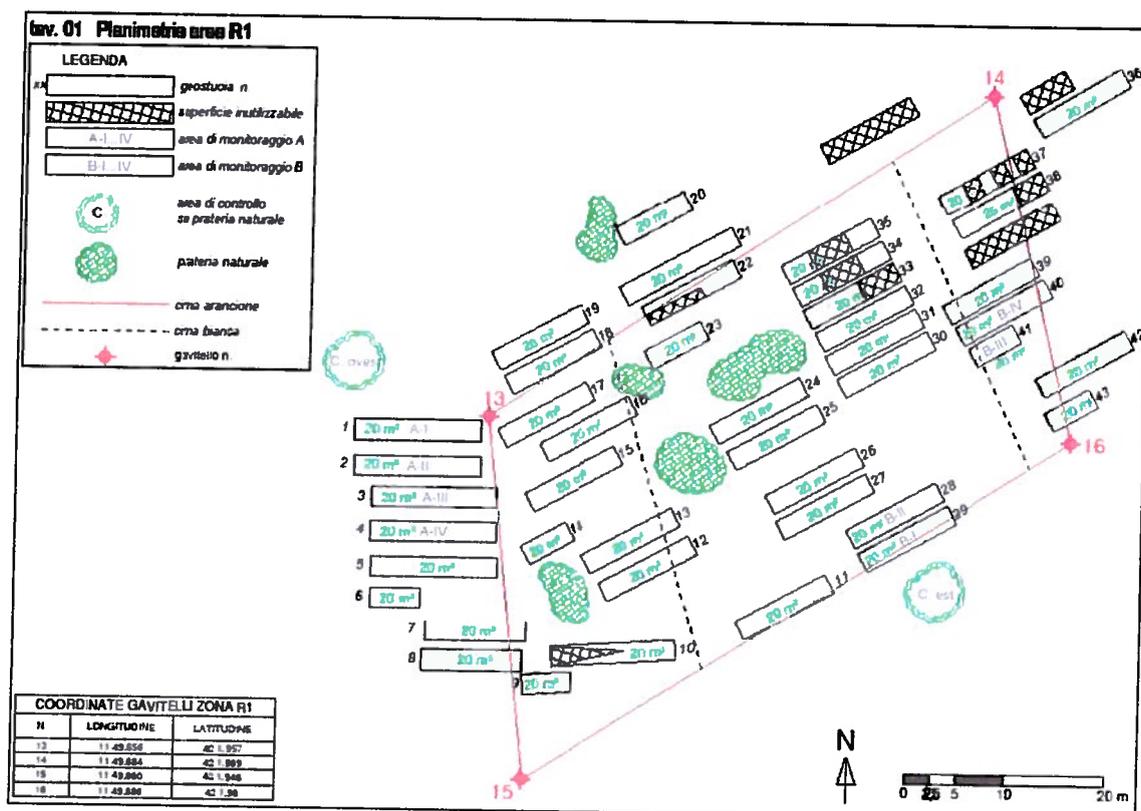
Sono stati effettuati percorsi subacquee nelle due aree con documentazione video e fotografica, conteggi dei fasci di *Posidonia* residui sui supporti ancora *in situ*, conteggio del numero di stuoie ancora presenti, la valutazione del loro stato e la stima della superficie di tali stuoie ancora vegetata (Vedi Planimetrie aree R1 e R2).

In particolare è stata approfondita la valutazione dei danni derivati dall'azione del moto ondoso e delle altre attività (anche antropiche) che hanno avuto effetto sulle due aree R1 ed R2.

Solo in R1 è stata valutata la densità dei fasci residui di *Posidonia* reimpiantata ed eseguita la determinazione del rango e della lunghezza e larghezza della foglia più lunga; con metodi speditivi è stato anche valutato lo stato degli apici, la presenza di tessuto bruno ed ottenuta una valutazione qualitativa della comunità epifita delle foglie.

Valutazioni e misure sono state eseguite in due aree di monitoraggio (A e B), costituite da 4 stuoie ciascuna, ed in 2 aree di controllo (C Est, corrispondente alla stazione R1 Est e C Ovest, corrispondente alla stazione R1 Ovest) scelte a partire dal monitoraggio di settembre 2012 nella prateria naturale adiacente (vedere Planimetria area R1). In ciascuna delle aree di monitoraggio e controllo sono anche stati marcati 10 fasci allo scopo di valutare l'accrescimento delle foglie.



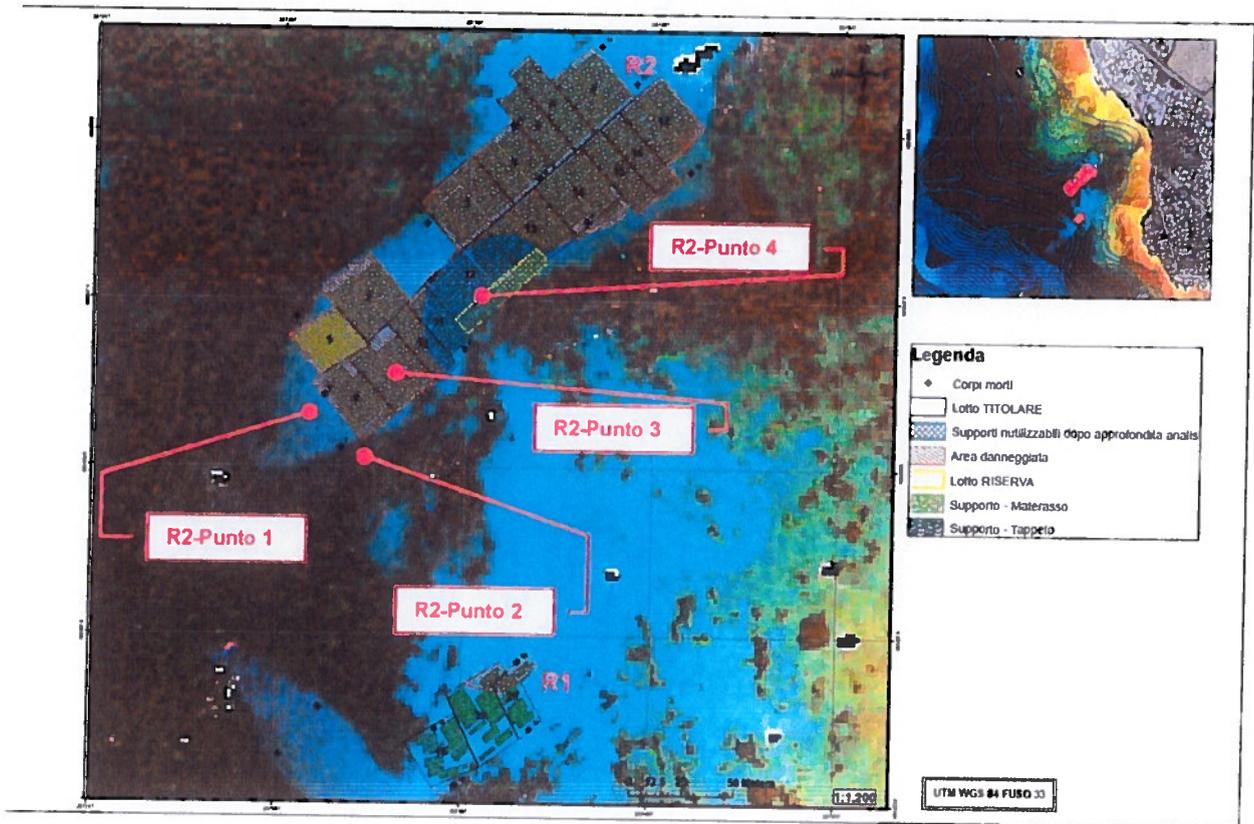


6.1 Stato di fatto Area R2.

La situazione dell'area R2 rispecchia, in larga misura, quanto osservato nei precedenti survey, anche se la percentuale di talee vitali sembra essersi ulteriormente ridotta. I fenomeni più evidenti sono fondamentalmente quattro:

1. Un accumulo abnorme di sabbia in tutta l'area con conseguente ricoprimento delle strutture di sostegno delle talee di *Posidonia*, dei relativi supporti metallici e di tutti i "corpi morti" di calcestruzzo posizionati per delimitare l'area di impianto.
2. Un fortissimo effetto abrasivo a carico non solo delle talee risparmiate dall'insabbiamento ma anche a carico della prateria naturale posizionata al margine dell'area interessata al reimpianto che in diversi casi ha prodotto un arretramento di diversi metri del margine della prateria lasciando il posto a matite morte.
3. La formazione di "ripple marks" di alcuni decimetri di altezza, con materiale granulometrico assimilabile a ghiaie, a dimostrazione della fortissima energia in gioco durante la mareggiata eccezionale dell'Ottobre 2012.

4. Gli effetti dovuti agli ancoraggi ripetuti sulle strutture.



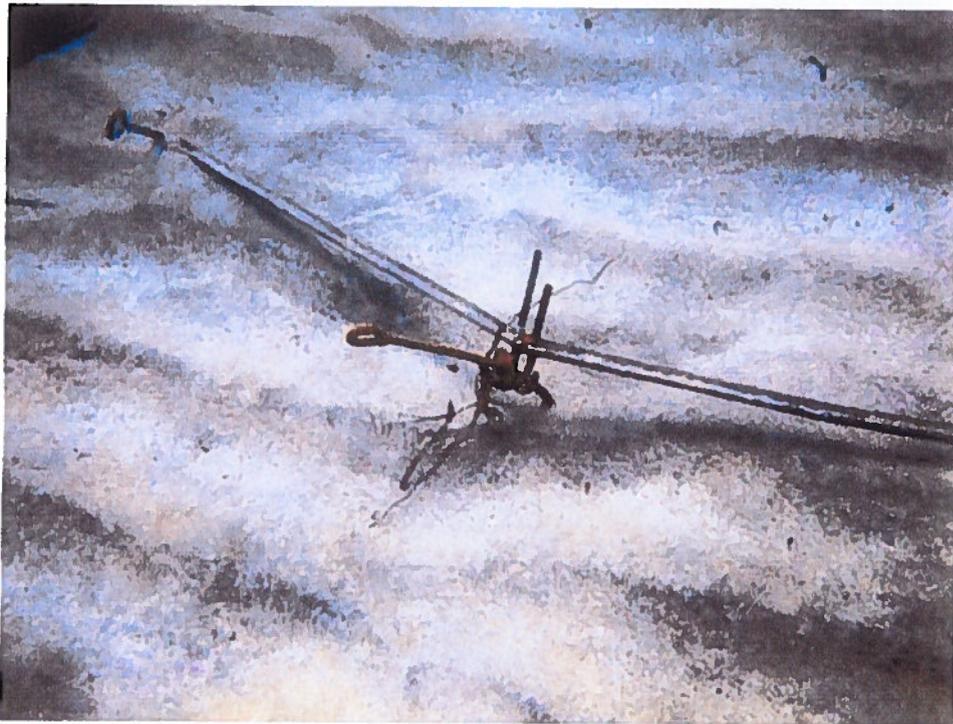
In relazione al punto 1, qui di seguito alcune immagini dei corpi morti sepolti dalla sabbia in prossimità delle aree di impianto.



Fig.1. Corpi morti di calcestruzzo sommersi quasi completamente dall'accumulo di sabbia con evidenti "ripple marks" adiacenti. Nell'ultima foto in basso a destra, uno dei gavitelli usati per segnalare le aree di monitoraggio affiora appena dalla sabbia che ha coperto il sagolino lungo più di 60 cm che lo lega alla stuoia che giace sotto la sabbia.



A



B

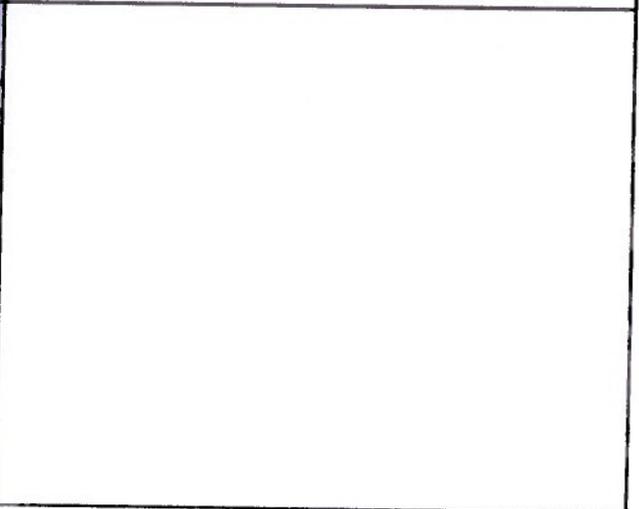
Fig. 2. Talee residue su stuoie ancora *in situ* (A) e picchetti metallici affioranti (B).

In relazione al punto 2. Oltre a quanto osservato in relazione al ricoprimento dei "corpi morti" e dei supporti posizionati aderenti al substrato per il reimpianto delle talee, si è constatato un effetto di abrasione sia a carico delle talee reimpiantate sia a carico della prateria di *Posidonia* naturale presente ai margini dell'area di reimpianto. L'effetto abrasivo è stato particolarmente efficace provocando l'asportazione di una notevole quantità di fasci naturali e favorendo la formazione di una notevole quantità di "matte" morta assolutamente inesistente nel periodo precedente gli avvenimenti della fine di Ottobre. L'assenza di "matte" morta era stata rilevata e documentata sia durante il periodo di pre-survey iniziale (Fase di Caratterizzazione) che durante il reimpianto ed i successivi "controlli".

Nelle foto seguenti è evidente 1) l'effetto abrasivo che ha provocato il "taglio" netto delle talee della prateria naturale adiacente alla zona di reimpianto, 2) la formazione di aree estese di "matte" morta e 3) fenomeni diffusi di "maree" di sabbia con conseguente insabbiamento delle piante.

Di seguito per opportuno confronto alcune immagini realizzate in una fase di pre-survey (settembre 2011) nella stessa area da cui provengono le foto alla loro sinistra, in cui è evidente l'assenza di condizioni di sofferenza delle piante e la totale assenza di matte morta:





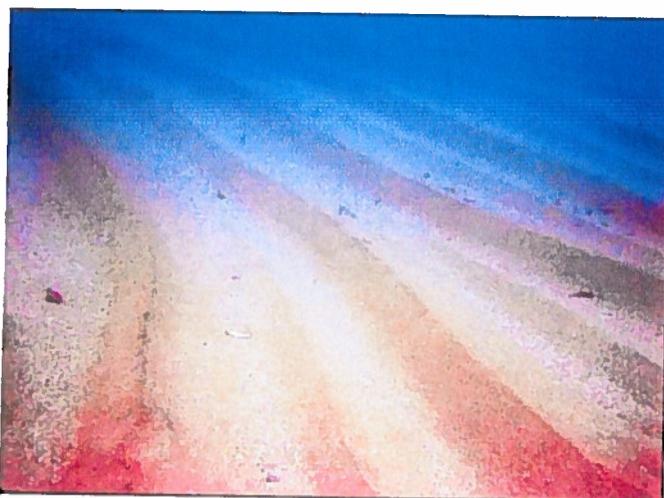


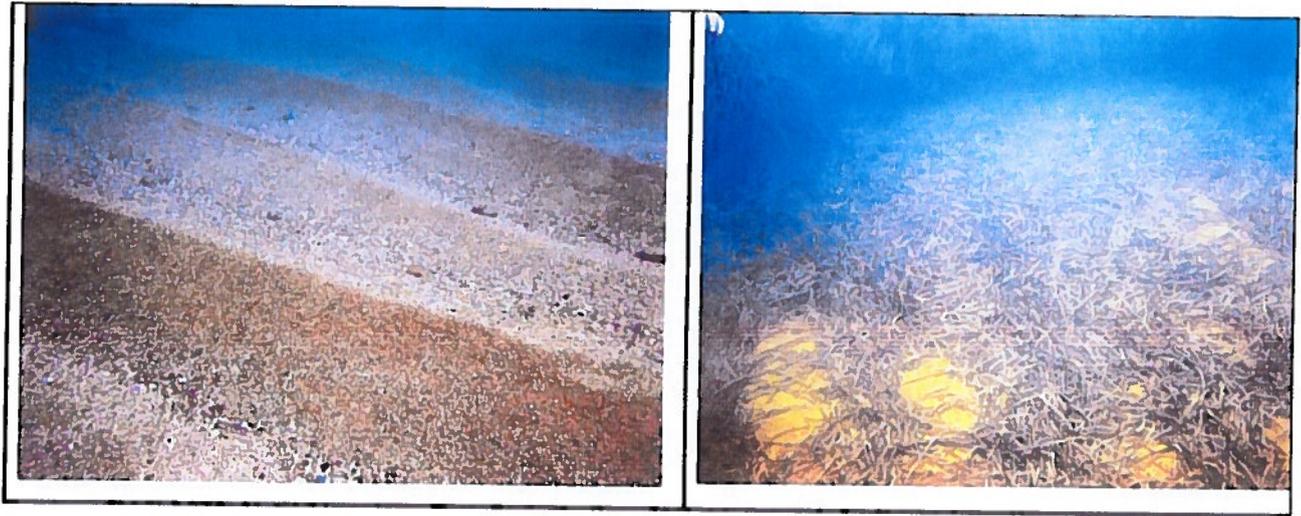
In relazione al punto 3. L'energia sviluppata durante le grandi mareggiate autunnali e quelle successive invernali e primaverili, ha provocato, come è stato evidenziato anche nei punti precedenti, spostamenti di grandi volumi di sabbia che è stata classata in relazione all'energia presente in modo da dare origine ad imponenti "ripple marks" (onde di sabbia) che hanno mutato completamente il paesaggio sottomarino rispetto alle fasi iniziali e terminali del progetto.

Qui di seguito alcune immagini subacquee (surveys novembre 2012 e gennaio 2013) che dimostrano, molto chiaramente, le forze che si sono generate a seguito delle mareggiate.

In questa colonna nelle foto seguenti vari aspetti delle "onde di sabbia" con particolari granulometrici e dimensionali.

Di seguito per opportuno confronto alcune immagini realizzate in una fase di pre-survey (settembre 2011) nella stessa zona da cui provengono le foto della colonna di sinistra. Si sottolinea l'assenza di ripple marks di dimensioni paragonabili a quelli descritti dalle foto precedenti ed addirittura la presenza di zone di decantazione (quindi a basso idrodinamismo) con accumuli di foglie morte *Posidonia oceanica*: di





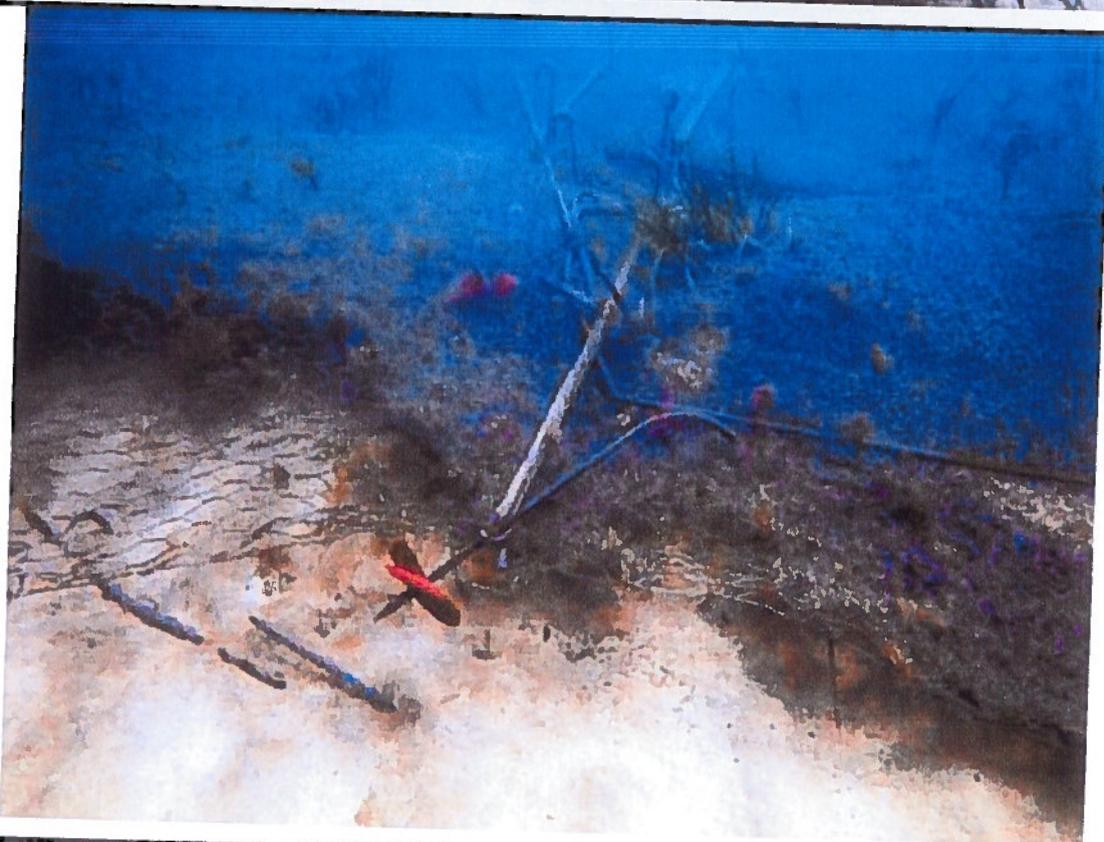
Di seguito altre immagini relative ai surveys invernali

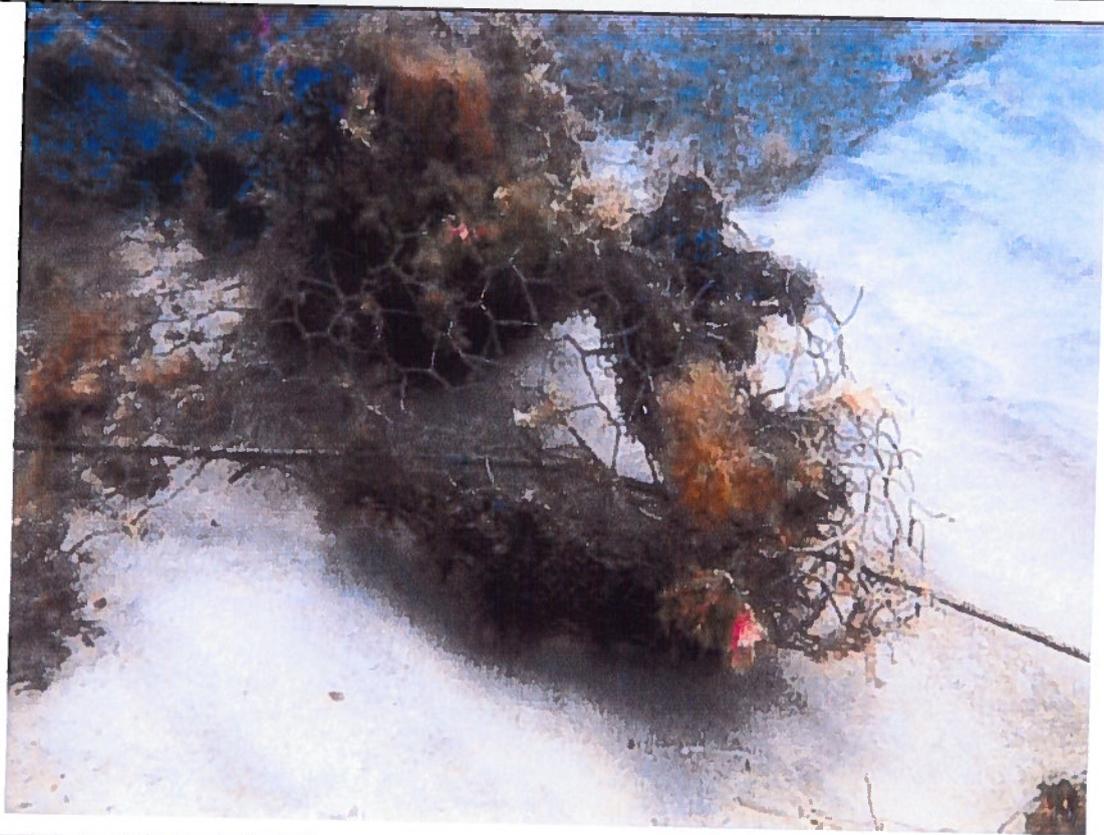


In relazione al punto 4. Oltre ai danneggiamenti dovuti a cause "naturali" seppure di natura eccezionale e non prevedibili, l'area R2, ma come vedremo anche l'area R1, è stata oggetto di ripetuti danneggiamenti di tipo "antropico" a causa dei ripetuti ancoraggi di unità da diporto (nonostante l'Ordinanza della Capitaneria di Porto che li vietasse in queste aree) con conseguente asportazione di porzioni delle stuoie utilizzate per il fissaggio delle talee, di danneggiamento delle diverse strutture utilizzate per il loro ancoraggio fino ad arrivare, in alcuni casi, al sollevamento ed all'asportazione totale delle stuoie di MAC MAT. Ciò ha comportato ulteriori danneggiamenti sia dei supporti che, conseguentemente, delle talee trapiantate.

Di seguito alcune immagini relative ai danni rilevati.









Nelle foto precedenti vari esempi di stuoie danneggiate dagli ancoraggi. Sono evidenti 1) l'asportazione di porzioni di rivestimento plastico, 2) lo scalzamento delle stuoie dal fondo, 3) il piegamento dei picchetti metallici con loro parziale o totale sollevamento.

L'area di impianto R2 è quella che ha subito l'impatto più importante a causa dall'evento catastrofico della fine di Ottobre 2012. Gran parte dell'impianto è stato sottoposto a forze idrodinamiche assolutamente imprevedibili ed a maree di sabbia che hanno praticamente cancellato la quasi totalità degli impianti di riforestazione.

Solo una porzione ridotta dell'impianto, seppure evidentemente danneggiata, era rimasta *in situ*. **Sebbene nel periodo che va dal mese di novembre 2012 al mese di marzo 2013 l'impianto appaia sempre in condizioni simili a quelle nelle quali versava subito dopo le mareggiate eccezionali di fine ottobre 2012, si ritiene poco praticabile l'ipotesi di effettuare un restauro o un reimpianto in questa area. Forse potrebbe ancora essere ipotizzabile un utilizzo del poco che rimane con finalità di monitoraggio e riserva.**

L'intensità delle forze idrodinamiche in gioco, in grado di produrre un'abnorme movimentazione di sabbia, è stata messa in evidenza dai notevoli danni subiti anche dalla prateria naturale che si presentava, al momento della caratterizzazione delle praterie, durante tutte le attività della fase 1 e fino al monitoraggio di settembre 2012, perfettamente integra e priva di aree di "matte" morta,

di talee tagliate o di porzioni di prateria insabbiate. Nel corso degli ultimi sopralluoghi (ottobre e novembre 2013) è stata registrata un'ulteriore cospicua perdita di stuoie ascrivibile per la quasi totalità agli effetti degli ancoraggi di unità da diporto ed, addirittura, all'azione di attrezzi da pesca quali un tramaglio che è stato rimosso durante il sopralluogo di ottobre.

Alla data del sopralluogo di ottobre 2013 in R2 sono presenti 18 stuoie per una superficie totale di circa 360 m² di cui circa 139 m² con piante vitali.

6.2 Stato di fatto Area R1

Sono stati eseguiti conteggi delle talee residue in 5 settori distribuiti come segue: area di monitoraggio n. 18, area di monitoraggio n. 20, area centrale del campo, presso boa di sud est, presso boa di sud ovest. Nel complesso la situazione può considerarsi buona con il mantenimento di molte aree in cui le talee si sono rivelate vitali con formazione di radici nuove e con la produzione di fasci aggiuntivi.

Nel dettaglio il numero di talee residue nel campo R1 varia tra 10 e 13,5 talee/m² il tasso di ramificazione varia tra 24,69% e 35,71%. Mediando il dato ottenuto su tutti i 5 settori indagati si ottiene un numero di talee residue pari a circa 12 ed un tasso di ramificazione pari a circa il 30%, unendo i due dati si può affermare che circa 1 talea su 3 ha ramificato ed ammettendo che la ramificazione abbia generato un solo nuovo fascio (ma più volte sono state osservate talee a 3 o più fasci) si può stimare una densità media delle aree trapiantate ancora vegetate di poco inferiore ai 20 fasci/m².

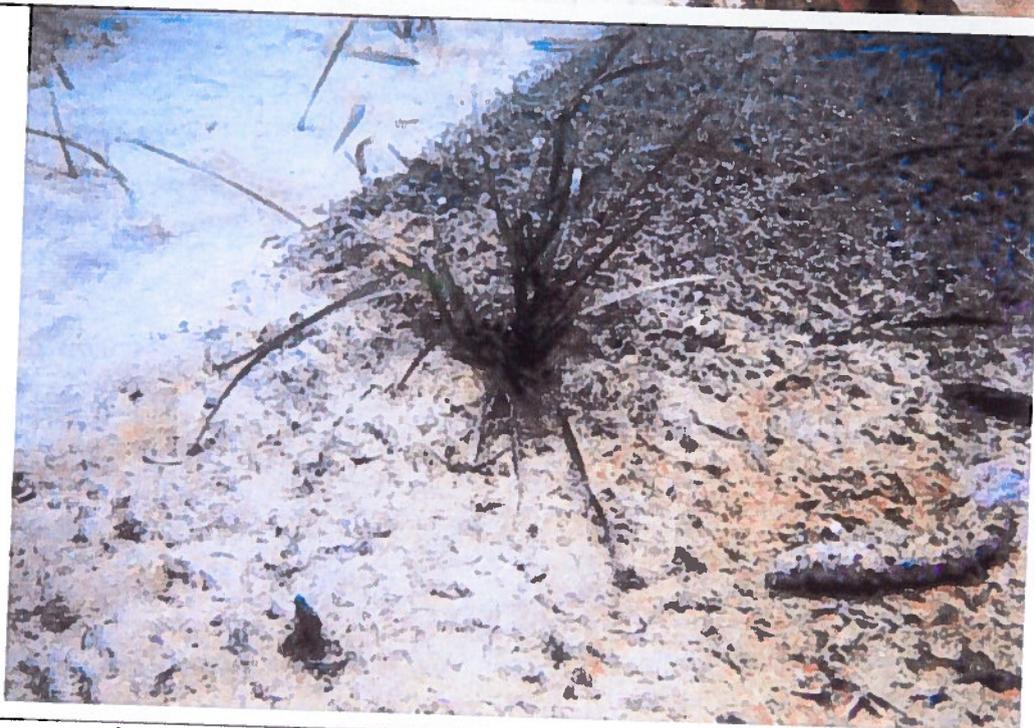
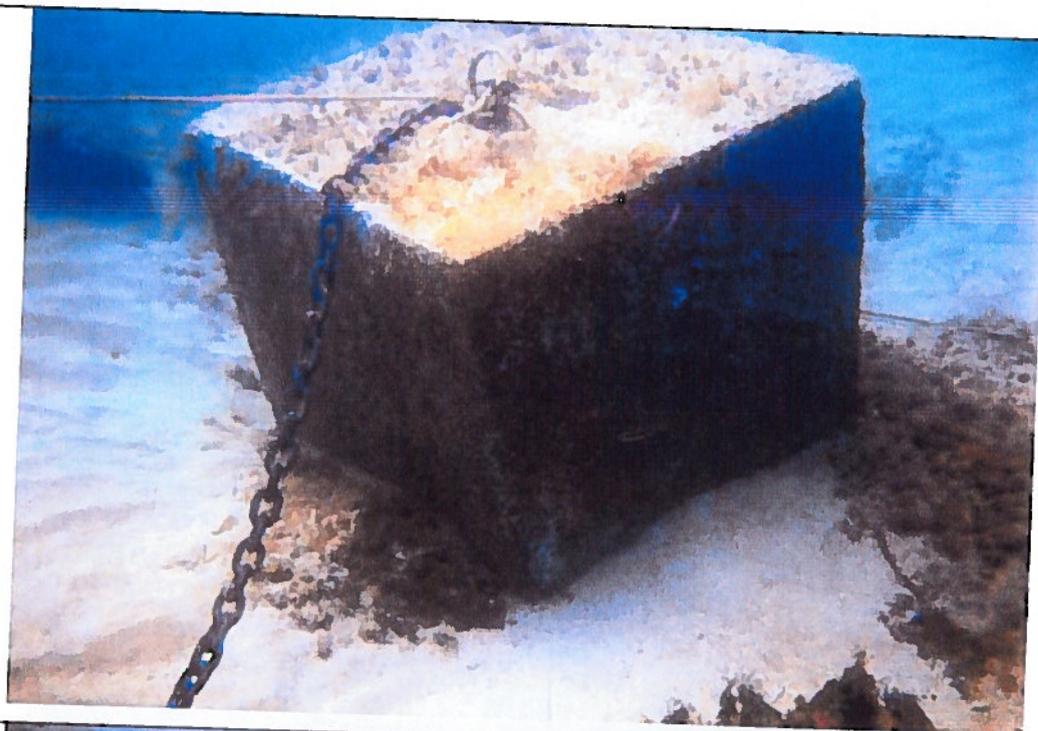
Le osservazioni effettuate con il survey subacqueo confermano, dunque, quanto riferito a seguito dei precedenti sopralluoghi effettuati (si veda anche il Cap. 4 di questo documento): l'impianto in R1 si presenta ancora in discrete condizioni, le strutture di supporto sono *in situ* e in circa il 50% dei casi sono coperte da una corretta quantità di sabbia con talee in buono stato di vitalità. Un altro 30% delle stuoie si presenta parzialmente sollevato con un numero di talee ridotto mentre solo il rimanente 20% circa delle stuoie presenta danni più evidenti.

In generale dalle osservazioni effettuate in R1 si possono evidenziare i seguenti punti:

1. Modesti accumuli di sabbia molto localizzati con conseguente basso insabbiamento sia dei corpi morti che delle stuoie di supporto alle talee.

2. Presenza di diverse aeree con stuoie *in situ* e con talee vitali anche se con diradamento delle stesse in relazione al numero impiantato inizialmente.
3. Presenza di stuoie parzialmente sollevate dal fondo ed in parte ricoperte da sabbia.
4. Notevoli danni dovuti ad ancoraggi.

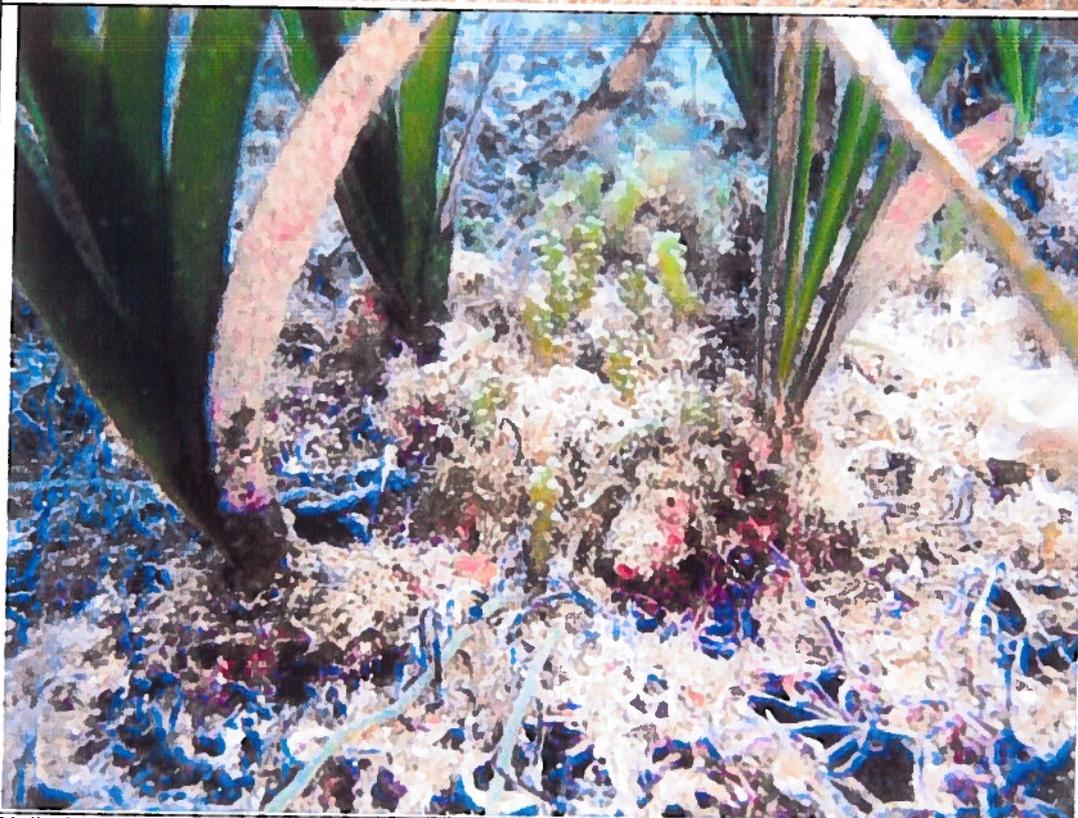
In relazione al punto 1: Le onde di sabbia evidenti nell'area R2 non si sono verificate in R1 pertanto la minor movimentazione di sabbia ha creato molto meno impatto sulle strutture e sulle talee presenti nell'area.



Nelle foto precedenti: corpo morto e supporto moderatamente insabbiati.

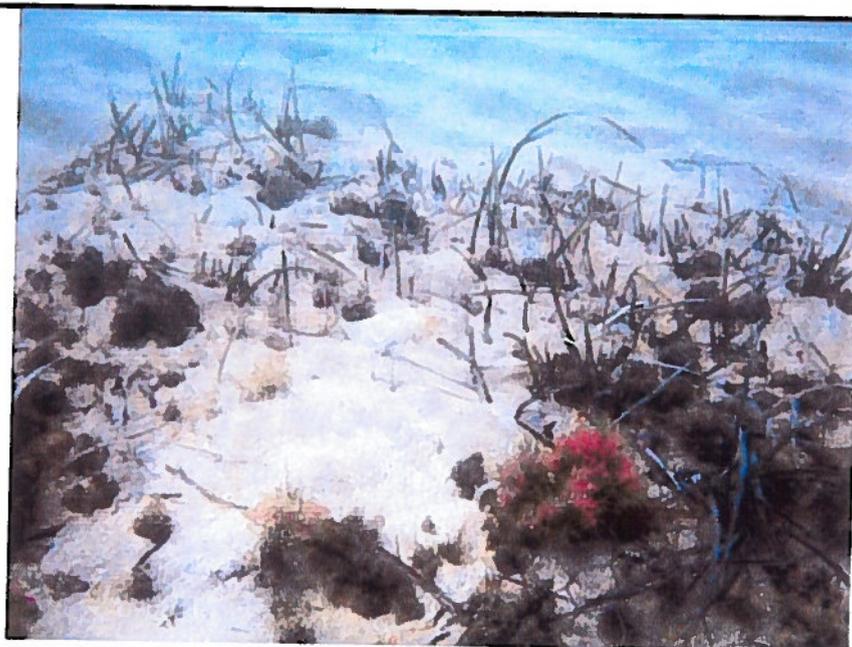
In relazione al punto 2 : Diverse stuoie risultano ancora ben ancorate al fondo (anche se si nota qualche supporto con aree non perfettamente aderenti alla sabbia) ma in molti casi il numero delle talee presenti in ogni singolo supporto, pur ridotto rispetto al momento dell'impianto, è ancora variabile dal 50 al 70% del valore iniziale. La maggior parte delle talee presenti sono vitali. Alcune hanno dato origine a fasci secondari e presentano tutte radici ben sviluppate. Questo è stato possibile constatarlo in diversi punti anche su supporti non perfettamente aderenti al substrato.





Nelle foto precedenti, talee nell'area R1. Si evidenzia lo stato di salute dei singoli fasci, la duplicazione di qualche fascio e la presenza di una flora epifita sia sulle foglie che sui rizomi che denota lo stato vegetativo ottimale e l'inizio di un processo di "naturalizzazione" del substrato artificiale.

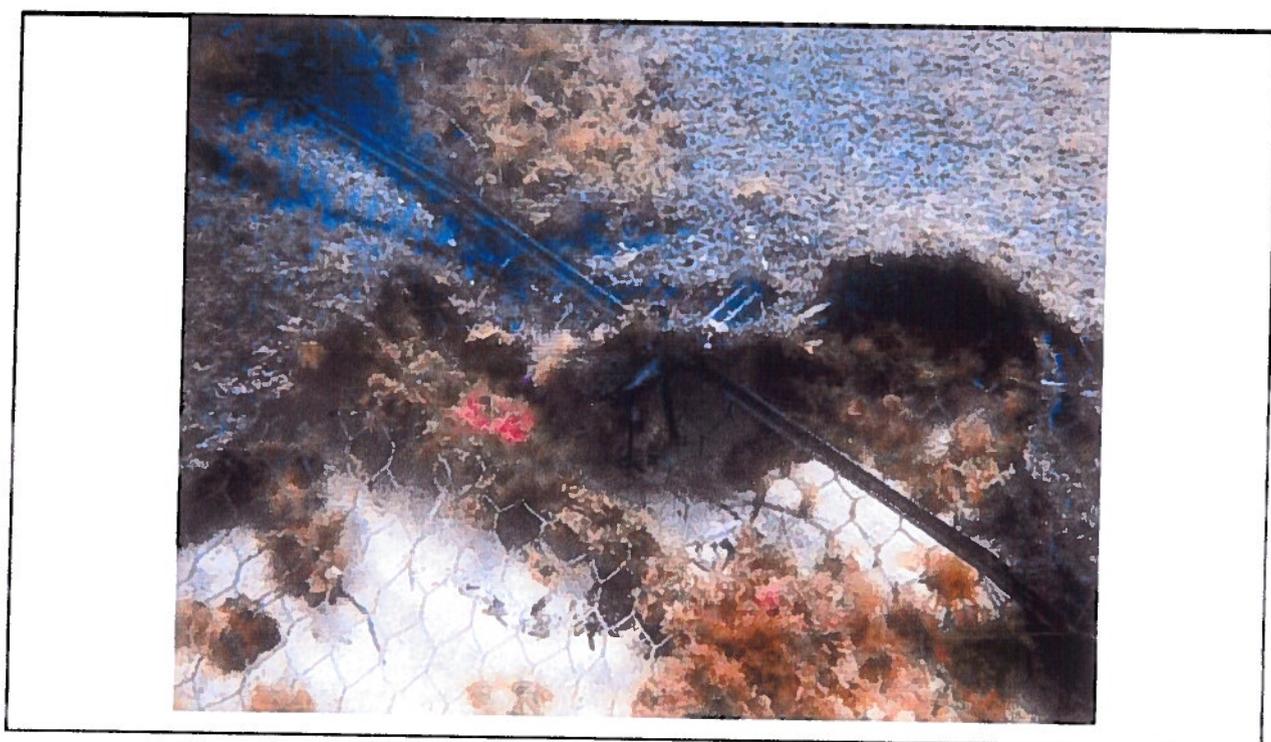
In relazione al punto 3: In alcuni settori dell'area R1 è stata osservata una movimentazione di sabbia che ha portato all'insabbiamento di alcune stuoie o porzioni di esse e la scomparsa o la parziale asportazione delle talee trapiantate. Nella maggior parte dei casi però il trasporto è stato di entità prevista e funzionale al successo del trapianto. Molti dei supporti attualmente privi di talee unitamente a quelli parzialmente sollevati potrebbero comunque essere oggetto di manutenzione e reimpianto una volta stabilizzati e verificata la loro idoneità a questo scopo.

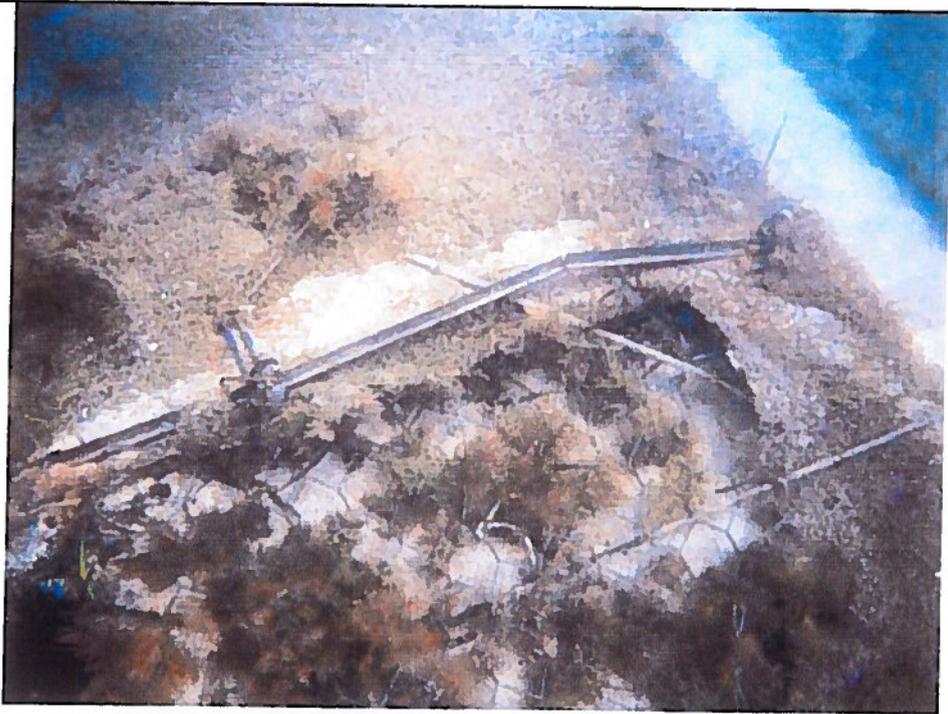




Nelle foto precedenti. Alcune aree in cui si notano supporti moderatamente insabbiati e supporti parzialmente sollevati che potrebbero ipoteticamente essere riutilizzati per un parziale restauro dell'area di impianto R1.

In relazione al punto 4: Nonostante l'emissione di una Ordinanza di divieto di ancoraggio da parte della Capitaneria di Porto di Civitavecchia, durante il periodo intercorso tra il completamento del reimpianto ed i sopralluoghi di cui si riferisce realizzati tra giugno e novembre 2013 si sono verificati diversi danni sulle strutture sicuramente ascrivibili a cause antropiche e più precisamente ad ancoraggi da parte di imbarcazioni da diporto e di varia stazza. In alcuni casi i danni si sono limitati all'asportazione del supporto estruso in plastica, in altri casi al sollevamento dei supporti dal fondo con rottura di parte delle reti metalliche. In molti casi i supporti sollevati hanno rappresentato un supporto ulteriore per l'insediamento di molte alghe macroscopiche ed animali sessili presenti comunque sui substrati duri naturali delle zone circostanti. Questo ad ulteriore dimostrazione dell'assoluta compatibilità delle stuoie di MAC MAT R utilizzate con l'ambiente naturale.









Nelle foto precedenti. Diversi aspetti di danno da ancoraggi sui supporti nell'area R1 con evidenti strappi e sollevamenti. Inseidiamento di diverse specie di macroalghe bentoniche.

In ottobre 2013 si è deciso di effettuare un ulteriore approfondimento, nel corso della ricognizione sono risultate presenti un buon numero di talee vitali che hanno prodotto nuove radici e nuovi fasci testimoniando una attiva fase di radicazione e ramificazione delle talee originali.

Il 20% di stuoie seriamente danneggiate di cui si riferiva a giugno sono state rimosse o ulteriormente danneggiate principalmente per effetto degli ancoraggi che non cessano di costituire uno dei problemi più seri che affliggono la persistenza delle stuoie in situ. Ad oggi la superficie complessiva residua stimabile in circa 900 m².

L'ultima ricognizione ha censito 46 stuoie ancora *in situ* per una superficie di circa 920 m² (= 46 stuoie X 20 m²) misura compatibile con la stima precedentemente riportata.

Durante la ricognizione sono stati contati il numero di m² occupati da piante in ciascuna delle 2 aree di monitoraggio:

- nell'area A è risultata una media di 19,5 ± 2,38 (m²con piante/stuoia ± Dev. Standard per n=4);
- nell'area B è risultata una media di 15,25 ± 5,5 (m²con piante/stuoia ± Dev. Standard per n=4).

Si può dunque calcolare che per l'intero campo vi sono in media 17,375 m²con piante/stuoia per un totale di 799,25 m² di impianto occupato da piante trapiantate di Posidonia.

Sono stati eseguiti conteggi di densità nella misura di 40 repliche nell'area di monitoraggio A e 40 nella B. Nel dettaglio il numero di fasci/m² con piante nel campo R1 varia tra 5 e 41 e la densità media risulta:

- nell'area di monitoraggio A, 18,12 ± 9,56 (fasci/m²con piante ± Dev. Standard per n=40);
- nell'area B, 16 ± 6,68 (fasci/m²con piante ± Dev. Standard per n=40).

Per quanto riguarda i valori dei parametri fenologici presi in considerazione essi sono compatibili con le condizioni medie tipiche della specie riferite alla stagione e l'area geografica di campionamento.

I dati rilevati appaiono comparabili con gli ultimi rilevamenti effettuati nel giugno 2013.

Si sottolinea che, per quanto riguarda il valore relativo alla densità di FASCI/m², quella riportata a giugno era una stima approssimativa cioè non supportata da un conteggio effettivo. I valori medi riferiti a novembre 2013 sono invece ottenuti da conteggi e sono, come si diceva, assolutamente compatibili con la stima precedente. Infatti, se nella stima precedente si parlava di valori che potevano essere di "poco inferiori a 20 fasci/m²" i dati ottenuti a novembre sono pari a 18,12 e 16 fasci/m².

Elevati valori di deviazione standard, pur costituendo un elemento di riflessione, devono essere considerati con relativa preoccupazione soprattutto se valutiamo la possibilità di utilizzare, come misura di variabilità delle stime campionarie, la deviazione standard della media campionaria cioè

l'errore standard che nella sua formula tiene conto del numero di repliche effettuate e che viene largamente utilizzato in ecologia marina e nell'ecologia sperimentale. In questo caso i valori che si otterrebbero sarebbero:

- nell'area di monitoraggio A, $18,12 \pm 1,51$ (fasci/m² con piante \pm Err. Standard per n=40);
- nell'area B, $16 \pm 1,06$ (fasci/m² con piante \pm Err. Standard per n=40).

Al di là degli esercizi matematici, riguardo la variabilità dei dati ottenuti, appare evidente che vi sia una certa disomogeneità sia nella distribuzione delle aree ancora vegetate che, all'interno di tali aree, nella densità rilevata. Tuttavia, nel primo caso occorre tenere in considerazione le rimozioni accidentali, sia delle piante che dei supporti, provocate da ancoraggi e/o attrezzi da pesca di cui più volte si è riferito, mentre nel secondo caso si deve considerare una naturale mortalità delle piante cui si aggiungono gli effetti di eventi altamente stressanti patiti, a partire dal trapianto stesso fino alle mareggiate catastrofiche dell'ottobre 2012, ai quali ciascuna talea ha risposto in maniera differente.

Per concludere, la maggior parte delle tecniche di trapianto testate in Italia nell'ultimo trentennio, ad eccezione del trapianto di intere zolle di matte viva, sfruttano la capacità di divisione dei fasci dalla talea originaria, attraverso quindi l'espansione di nuclei di ricolonizzazione. Il trapianto di *Posidonia oceanica*, quindi, non può e non deve essere immaginato come ad un rapido rinverdimento, così come avviene per un prato in ambiente terrestre, ma piuttosto come un lento processo di ricolonizzazione da parte di nuclei costituiti dalle talee originarie, che si espandono fino a ricostituire una prateria continua solamente dopo molti anni, in linea con i tempi di crescita del comparto ipogeo della pianta.

In quest'ottica, si continua a ritenere certamente plausibile ed auspicabile il monitoraggio più a lungo possibile di quanto resta dell'impianto originario.

Nelle due aree di controllo della prateria naturale la densità media risulta:

- nell'area di controllo C_Ovest, $361 \pm 37,7$ (fasci/m² \pm Dev. Standard per n=3).

- nell'area di controllo C_Est, $340 \pm 69,5$ (fasci/m² \pm Dev. Standard per n=3).

Per quanto riguarda la fenologia delle foglie più lunghe abbiamo ottenuto i seguenti risultati sulla base di misurazioni effettuate in situ su 5 foglie:

nell'area di monitoraggio A

- lunghezza media $28 \pm 6,7$ (cm \pm Dev. Standard per n=5)
- larghezza media $0,9 \pm 0,1$ (cm \pm Dev. Standard per n=5)
- Lunghezza tessuto bruno $15,6 \pm 5,1$ (cm \pm Dev. Standard per n=5) pari al 56% della lunghezza della foglia
- Lunghezza tratto di foglia occupato da epifiti vegetali $23,6 \pm 5,4$ (cm \pm Dev. Standard per n=5) pari al 84% della lunghezza della foglia
- Lunghezza tratto di foglia occupato da epifiti animali $19 \pm 3,8$ (cm \pm Dev. Standard per n=5) pari al 68% della lunghezza della foglia
- Apici rotti sono presenti sul 60% delle foglie più lunghe

nell'area di monitoraggio B

- lunghezza media $29,2 \pm 6,3$ (cm \pm Dev. Standard per n=5)
- larghezza media $0,9 \pm 0,1$ (cm \pm Dev. Standard per n=5)
- Lunghezza tessuto bruno $11,4 \pm 4,1$ (cm \pm Dev. Standard per n=5) pari al 39% della lunghezza della foglia
- Lunghezza tratto di foglia occupato da epifiti vegetali $16 \pm 4,3$ (cm \pm Dev. Standard per n=5) pari al 55% della lunghezza della foglia
- Lunghezza tratto di foglia occupato da epifiti animali $14,6 \pm 5,5$ (cm \pm Dev. Standard per n=5) pari al 50% della lunghezza della foglia
- Apici rotti sono presenti sul 80% delle foglie più lunghe

nell'area di controllo C_Ovest

- lunghezza media $59,6 \pm 3,8$ (cm \pm Dev. Standard per n=5)
- larghezza media $1 \pm 0,1$ (cm \pm Dev. Standard per n=5)
- Lunghezza tessuto bruno $21,4 \pm 4,4$ (cm \pm Dev. Standard per n=5) pari al 36% della lunghezza della foglia

- Lunghezza tratto di foglia occupato da epifiti vegetali $20,6 \pm 8$ (cm \pm Dev. Standard per n=5) pari al 34 % della lunghezza della foglia
- Lunghezza tratto di foglia occupato da epifiti animali $15,6 \pm 7,2$ (cm \pm Dev. Standard per n=5) pari al 26 % della lunghezza della foglia
- Apici rotti sono presenti sul 40% delle foglie più lunghe

nell'area di controllo C_Est

- lunghezza media $60,6 \pm 7$ (cm \pm Dev. Standard per n=5)
- larghezza media $1 \pm 0,1$ (cm \pm Dev. Standard per n=5)
- Lunghezza tessuto bruno $27,6 \pm 5,3$ (cm \pm Dev. Standard per n=5) pari al 45% della lunghezza della foglia
- Lunghezza tratto di foglia occupato da epifiti vegetali $30,2 \pm 10,4$ (cm \pm Dev. Standard per n=5) pari al 50% della lunghezza della foglia
- Lunghezza tratto di foglia occupato da epifiti animali $22,4 \pm 7,5$ (cm \pm Dev. Standard per n=5) pari al 37% della lunghezza della foglia
- Apici rotti sono presenti sul 40% delle foglie più lunghe

6.3 Conclusioni

Sulla base di quanto osservato e descritto nei capitoli precedenti in relazione alle condizioni delle aree di trapianto di *Posidonia oceanica* denominate R1 ed R2 localizzate nei pressi di Capo Linaro nel Comune di S. Marinella (Roma) possiamo concludere quanto segue: **alla data degli ultimi sopralluoghi (novembre 2013), circa 1.320 m² di stuoie sono ancora presenti nelle 2 aree di trapianto, di queste stuoie alcune sono in cattive condizioni principalmente per effetto degli ancoraggi, che non cessano di costituire uno dei problemi più seri che affliggono la persistenza delle stuoie in situ, e per l'attività di pesca mediante l'uso di tremagli che hanno divelto una buona porzione delle strutture ancora presenti in R1 a giugno del 2013. A tale proposito si sottolinea ancora una volta l'importanza di una più costante attività di controllo sull'area al fine di far rispettare il divieto di transito ed ancoraggio.**

Sulle stuoie residue sono state osservate piante vitali la cui densità è mediamente compresa tra 18 (area monitoraggio A) e 16 (area monitoraggio B) fasci/m².

Nelle aree di controllo la prateria naturale mostra alla profondità di campionamento (8 m) densità riferibili ad una prateria disturbata, secondo la classificazione di Pergent et al. (1995) adottata dalla Società Italiana di Biologia Marina, in quanto comprese nell'intervallo tra 294 e 406 fasci/m².

Per quanto riguarda i valori dei parametri fenologici presi in considerazione essi sono compatibili con le condizioni medie tipiche della specie riferite alla stagione e l'area geografica di campionamento.

Nel confronto con la prateria naturale appare evidente la differenza nella lunghezza delle foglie che appaiono nelle piante trapiantate decisamente più corte. Tuttavia, tale andamento potrebbe essere spiegato con una diversa ripartizione dello sforzo energetico impegnato dalle piante, infatti, in quelle trapiantate l'energia è utilizzata principalmente nella produzione di radici e rizomi piuttosto che nella produzione di tessuto fogliare.

Per concludere, si ritiene che in assenza di eventi eccezionali e/o ulteriori rimozioni accidentali a causa di ancoraggi e/o attrezzi da pesca, l'impianto soprattutto in R1 possa andare avanti continuando a produrre nuove piante che andrebbero nel corso degli anni post-trapianto ad incrementare la densità media e la stabilità dei supporti.

7 Dicembre 2013: Valutazione delle condizioni vegetative delle talee trapiantate e posizionamento di una nuova area di monitoraggio in R2

A Dicembre 2013 durante un sopralluogo congiunto con i rappresentanti dell'Università della Tuscia, viene constatato lo stato di fatto dell'area R1 ed R2 che appare corrispondente a quanto rilevato nel sopralluogo del novembre 2013 come da Tav. 01 Planimetria area R1 e Tav 03 Planimetria area R2.

Si procede inoltre ad un campionamento distruttivo finalizzato allo studio fenologico delle talee trapiantate e ad una stima del tasso di accrescimento delle talee mediante marcatura in situ. Infine, in R2 si procede al posizionamento di una terza area di monitoraggio che si aggiunge alle 2 precedentemente collocate in R1.

7.1 Fenologia ed accrescimento delle talee trapiantate

Viene deciso di prelevare 20 talee trapiantate al fine di effettuare una ulteriore valutazione dello stato di vitalità delle piante (Foto da 7.1.1 a 7.1.3). Si conviene che il campionamento venga realizzato prelevando talee al di fuori delle aree di monitoraggio, individuate precedentemente, al fine di non inficiare i dati relativi al campionamento non distruttivo. Si conviene inoltre che i campioni vengano elaborati per metà dagli scriventi e per metà dai consulenti dell'Università della Tuscia che hanno partecipato al prelievo dei campioni.

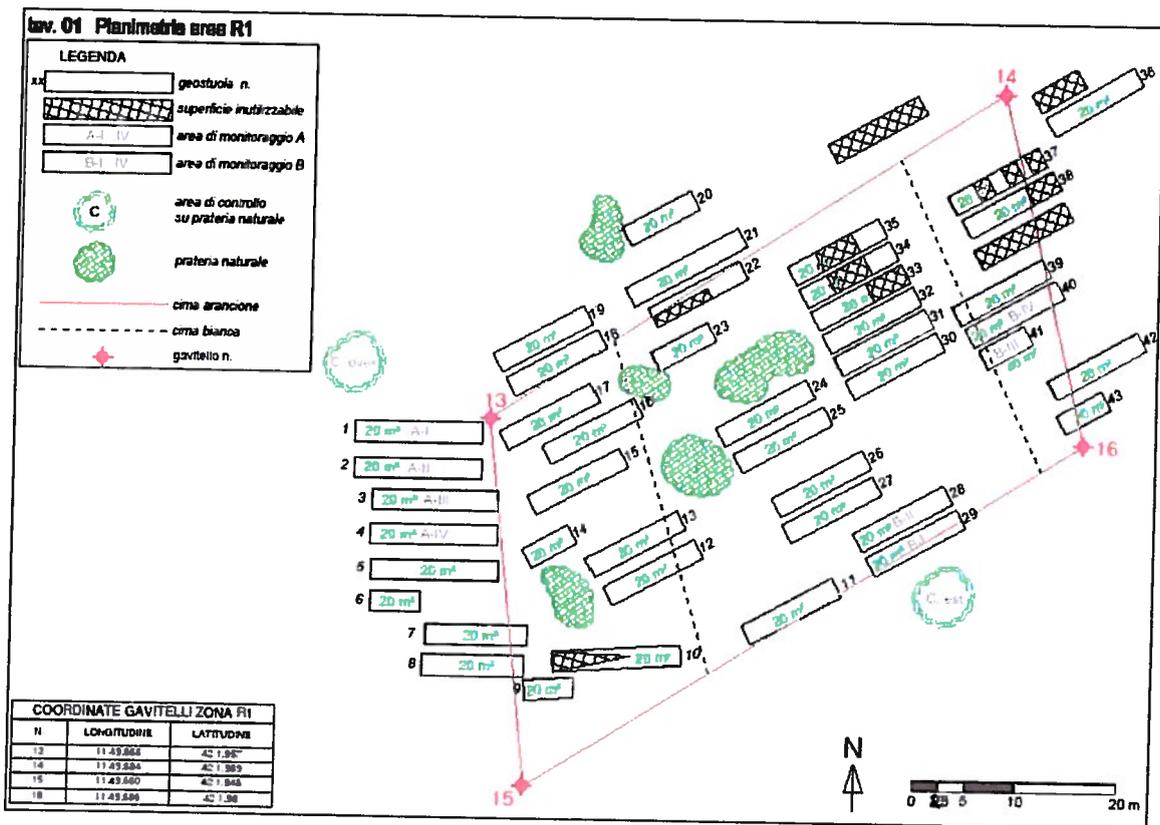


Foto 7.1.1. Talee trapiantate con ramificazioni e radici (dicembre 2013).



Foto 7.1.2. Talee trapiantate con ramificazioni e radici



Foto 7.1.3. Talea ortotropa (freccia rossa) dalla quale si dipartono nuovi fasci fogliari a portamento plagiotropo (freccia bianca). Evidenti anche le radici.

Di seguito i risultati ottenuti dai campioni analizzati:

Mediamente ciascuna delle talee trapiantate reca circa 3 fasci fogliari (esattamente 2,8); la percentuale di ramificazione delle talee campionate appare piuttosto elevato e pari al 76,9%, inoltre, tutte le talee presentano radici per una percentuale di radicazione pari al 100% (Tab. 7.1.1).

Tab. 7.1.1. Dati relativi alla ramificazione e radicazione delle talee trapiantate.

Prateria Trapiantata Campionamento distruttivo		
Talea	N. Fasci	Radici
1	1	si
2	3	si
3	3	si
4	2	si
5	1	si
6	2	si
7	3	si
8	1	si
9	5	si
10	4	si
11	4	si
12	2	si
13	6	si
media	2,846154	
d.std.	1,57301	
Err.Std.	0,436341	
Somma	37	
% ramif	76,92308	
% radic	100	

Per quanto riguarda la **fenologia delle foglie più lunghe** (analizzate per un confronto con le determinazioni effettuate *in situ*, il 31 ottobre 2013), sulla base di misurazioni effettuate in laboratorio su 10 foglie sono stati ottenuti i risultati riportati in Tabella 7.1.2 riassumibili come segue:

- lunghezza media $20,1 \pm 10,9$ (cm \pm Dev. Standard per n=10)
- larghezza media $0,9 \pm 0,1$ (cm \pm Dev. Standard per n=10)
- lunghezza tessuto bruno $5,4 \pm 4,9$ (cm \pm Dev. Standard per n=10) pari al 27% della lunghezza della foglia

- lunghezza tratto di foglia occupato da epifiti vegetali $13,7 \pm 8,7$ (cm \pm Dev. Standard per $n=10$) pari al 65% della lunghezza della foglia
- lunghezza tratto di foglia occupato da epifiti animali $10,2 \pm 10,8$ (cm \pm Dev. Standard per $n=10$) pari al 51% della lunghezza della foglia
- apici rotti sono presenti sul 40% delle foglie più lunghe

Tab. 7.1.2. Risultati dell'analisi fenologica eseguita sulle foglie più lunghe.

Prateria trapiantata							
Campionamento distruttivo							
Dati rilevati da foglia più lunga							
rango	Lungh	Largh	TB	AR	Epifiti:		
					Alghe	Animali	
AD	16	0,9	7	si	10	12	
AD	28	0,8	13	no	17	2	
AD	30	0,9	10	si	28	10	
AD	13	0,9	0	no	10	2	
AD	13	0,9	2	no	11	6	
AD	9	0,8	0	no	1	1	
AD	8	0,7	0	no	4	0	
AD	37	0,9	5	si	24,5	29	
AD	34	0,9	6,5	si	21	29	
AD	13	1	11	no	11	11	
media	20,1	0,87	5,45		13,75	10,2	
d.std.	10,93872	0,082327	4,867409		8,709031	10,80946	
			27%	40%	65%	51%	

Lo studio fenologico è stato poi completato sull'intero campione disponibile (10 fasci) rilevando informazioni relative al numero di foglie per fascio, alla lunghezza ed alla larghezza delle foglie suddivise per classi d'età: Adulte (A), Intermedie (I) e Giovanili (G). Infine, dai risultati ottenuti relativi alle variabili precedentemente elencate, è stato possibile ricavare la superficie fogliare per fascio sommando la superficie fogliare calcolata come lunghezza X larghezza X numero di foglie per ciascuna classe di età; per le foglie adulte è stata utilizzata la lunghezza del solo lembo sottraendo cioè la lunghezza della base. Infine, il risultato della sommatoria è stato moltiplicato X 2 in quanto entrambe le facce delle foglie di *Posidonia oceanica* sono superfici fotosintetizzanti.

Nelle successive tabelle (da Tab. 7.1.3 a 7.1.7) il dettaglio dei dati rilevati:

Tab. 7.1.3. Numero medio di foglie per fascio suddivise per classi di età: Adulte (A), Intermedie (I) e Giovanili (G).

N. Foglie per fascio				
	A	I	G	
Fascio 1		4	2	3
Fascio 2		2	2	2
Fascio 3		3	2	1
Fascio 4		4	2	1
Fascio 5		4	1	3
Fascio 6		3	1	3
Fascio 7		3	0	3
Fascio 8		2	3	1
Fascio 9		2	2	2
Fascio 10		6	1	3
Media		3,3	1,6	2,2
D.STD	1,25166556	0,84327404	0,91893658	
Err.STD	0,39584616	0,26669008	0,29061878	

Tab. 7.1.4. Lunghezza media delle foglie per fascio (cm) suddivise per classi di età: Adulte (A), Intermedie (I) e Giovanili (G).

Lunghezza foglie				
	A	I	G	
Fascio 1	11,25		7,25	3,33333333
Fascio 2	17		7,5	3
Fascio 3	17		6,5	2
Fascio 4	10,5		7	2
Fascio 5	11		7	3,16666667
Fascio 6	5,33333333		8	3
Fascio 7	7,33333333		0	3,33333333
Fascio 8	31,75	8,16666667		3
Fascio 9	27,5		7,75	3,5
Fascio 10	9,5		5,5	2,83333333
Media	14,8166667	6,46666667	2,91666667	
D.STD	8,67474695	2,40119569	0,52263577	
Err.STD	2,74343673	0,75939143	0,16528645	

Tab. 7.1.5. Larghezza media delle foglie per fascio (cm) suddivise per classi di età: Adulte (A), Intermedie (I) e Giovanili (G).

Larghezza foglie	A	I	G
Fascio 1	0,9	0,9	0,76666667
Fascio 2	0,8	0,8	0,75
Fascio 3	0,86666667	0,8	0,7
Fascio 4	0,9	0,9	0,8
Fascio 5	0,85	0,8	0,76666667
Fascio 6	0,8	0,8	0,76666667
Fascio 7	0,7	0	0,66666667
Fascio 8	0,9	0,9	0,8
Fascio 9	0,9	0,8	0,75
Fascio 10	0,95	0,9	0,76666667
Media	0,85666667	0,76	0,75333333
D.STD	0,07252075	0,27162065	0,04142523
Err.STD	0,02293509	0,08590153	0,01310096

Tab. 7.1.6. Lunghezza media della base delle foglie Adulte (cm) per fascio.

Lungh Base	
Fascio 1	2
Fascio 2	2
Fascio 3	2,33
Fascio 4	2
Fascio 5	1,87
Fascio 6	1,66
Fascio 7	2
Fascio 8	2,5
Fascio 9	2,5
Fascio 10	1,83
Media	2,069
D.STD	0,28337059
Err.STD	0,08961752

Tab. 7.1.7. Superficie fogliare media (cm²) per fascio. Superficie foglie Adulte (A), Intermedie (I) e Giovanili (G).

Superficie fogliare	
A	36,0376537
I	7,86346667
G	4,83388889
Somma	48,7350092
Totale	97,4700184

Accrescimento delle foglie

Al fine di valutare l'efficienza di produzione di nuovo tessuto fogliare, in data 31 ottobre 2013 sono state marcate con un forellino praticato all'altezza della ligula le foglie di 5 fasci della prateria trapiantata e 5 fasci della prateria naturale.

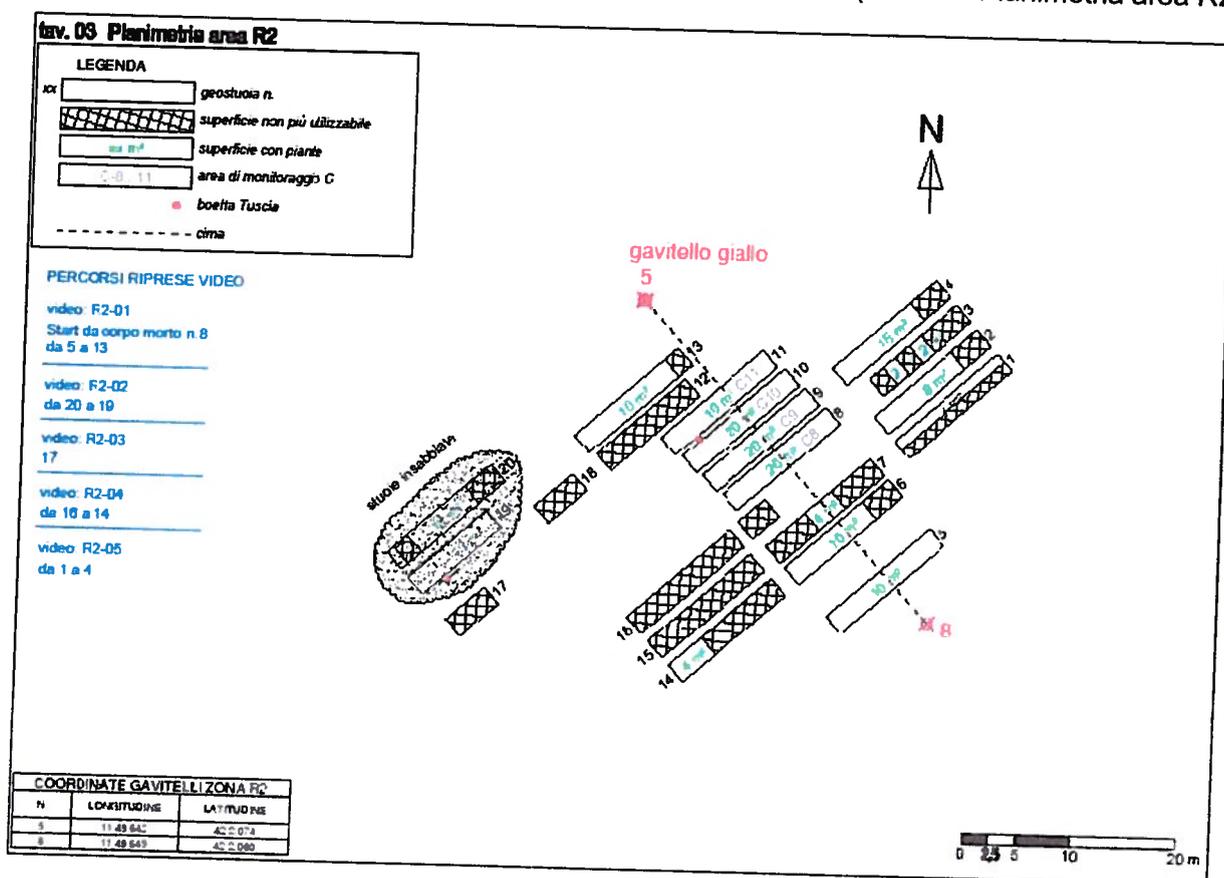
Di seguito i risultati ottenuti misurando, *in situ* dopo 40 giorni (11 dicembre 2013), la porzione di foglia compresa tra la sua base e la marcatura; la media è stata ottenuta sulla base di misurazioni effettuate mediante un calibro su 1 foglia intermedia per ciascun fascio (Tab. 7.1.8).

Tab. 7.1.8. Accrescimento foglie in centimetri.

Trapianto		Prateria Naturale		Trapianto		Prateria Naturale	
Area A		Controllo Ovest		Area B		Controllo Est	
Foglia	Lungh	Foglia	Lungh	Foglia	Lungh	Foglia	Lungh
1	5,5	1	6,7	1	6,8	1	8,5
2	5,8	2	5,7	2	6,9	2	11,2
3	5,8	3	3,5	3	8	3	11
4	7	4	9	4	8	4	1,8
5	5,5	5	10	5	8,8	5	8,5
Media	5,92		6,98		7,7		8,2
Dev.							
Std	0,622093		2,599423		0,842615		3,80723
Err.							
Std	0,278217		1,162533		0,37684		1,702697

7.2 Posizionamento area di monitoraggio in R2

Così come precedentemente fatto in R1, si provvede anche in R2 al posizionamento di una stazione di monitoraggio che comprende le stuoie N. 8, 9, 10 e 11 (tav. 03 Planimetria area R2).



Su queste stuoie vengono eseguiti i conteggi del numero di aree effettivamente ancora vegetate (Tab. 7.2.1) e la conta dei fasci residui su 10 delle aree vegetate per ciascuna delle 4 stuoie (Tab. 7.2.2).

Tab. 7.2.1. Conteggio delle aree vegetate per ciascuna delle 4 stuoie monitorate.

Stuoia	
C8	11
C9	13
C10	12
C11	10
media	12,25
d.std.	1,707825
Err.Std.	0,853913

Tab. 7.2.2. Densità (fasci/m²) misurata su 10 aree vegetate per ciascuna stuoia.

Stuoia	C11	C10	C9	C8
1	5	6	7	10
2	4	7	8	7
3	7	15	13	7
4	13	8	7	16
5	11	11	21	15
6	9	12	8	8
7	6	20	9	7
8	3	21	7	11
9	5	7	8	13
10	9	6	9	11
media	7,2	11,3	9,7	10,5
d.std.	3,224903	5,657836	4,347413	3,341656

8 Conclusioni

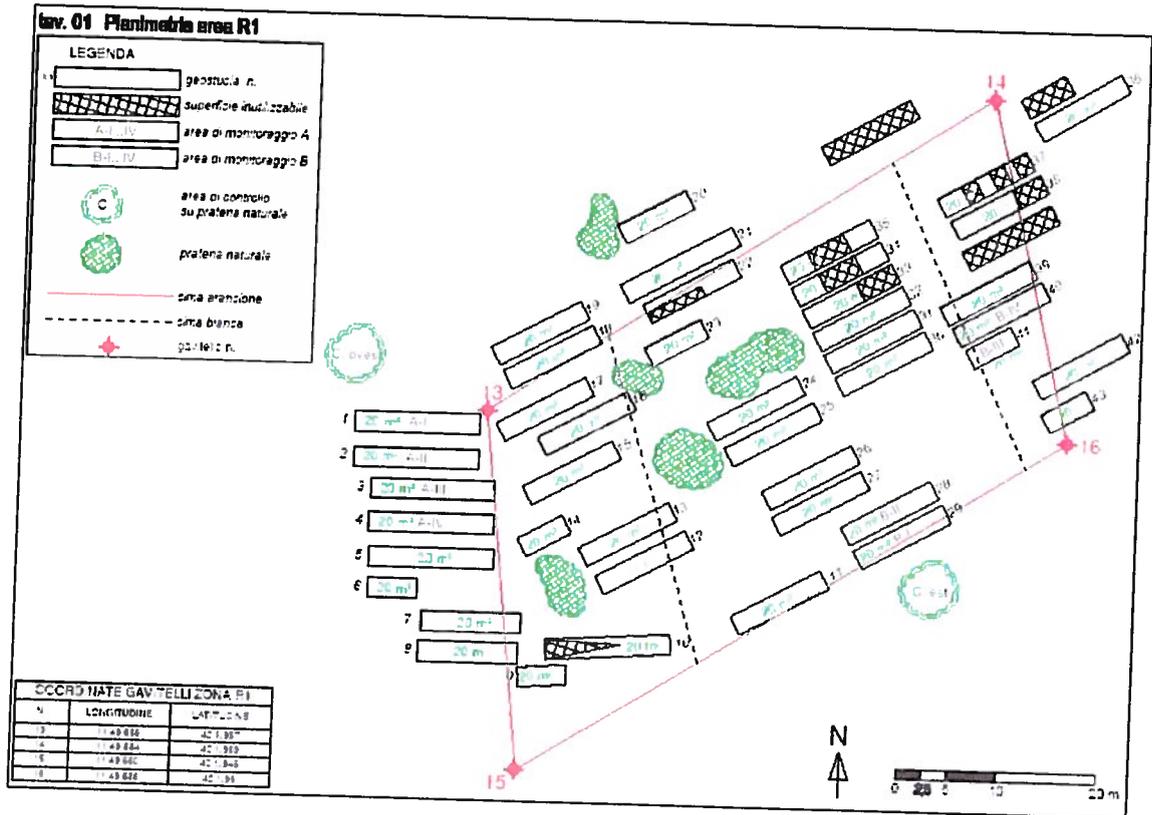
Sulla base di quanto osservato e descritto nei capitoli precedenti, **si ritiene che le condizioni delle aree di trapianto di *Posidonia oceanica* denominate R1 ed R2 localizzate nei pressi di Capo Linaro nel Comune di S. Marinella (Roma), possano essere considerate abbastanza stabili soprattutto in R1. Per questo motivo, volendo individuare un punto di partenza per la valutazione delle potenzialità di successo delle misure di trapianto messe in opera, si ritiene appropriato indicare il mese di dicembre 2013 come punto zero da cui iniziare il monitoraggio per i successivi due anni 2014 e 2015.**

Va tuttavia sottolineato come non sia in alcun modo possibile stabilire con esattezza quando il trapianto stesso e le devastanti mareggiate dell'autunno 2012 possano cessare di avere un qualche tipo di effetto sulle singole talee e sulla prateria di nuova costituzione in generale. **Ciascuna talea è un organismo vivente che può rispondere agli stress subiti in modi e tempi estremamente diversi.** Quindi, se la fase di stress acuto è da considerarsi terminata così come, conseguentemente, gli effetti a breve e medio termine, non si può dire lo stesso degli effetti a lungo termine per i quali una valutazione attendibile prevede il continuo monitoraggio delle aree di trapianto e della prateria naturale circostante per diversi anni ancora. Si ritiene anche che ci possa essere stato un effetto sinergico dello stress da trapianto e quello meccanico provocato dalle mareggiate che potrebbe in qualche modo prolungare il tempo necessario ad un riequilibrio dell'intero sistema.

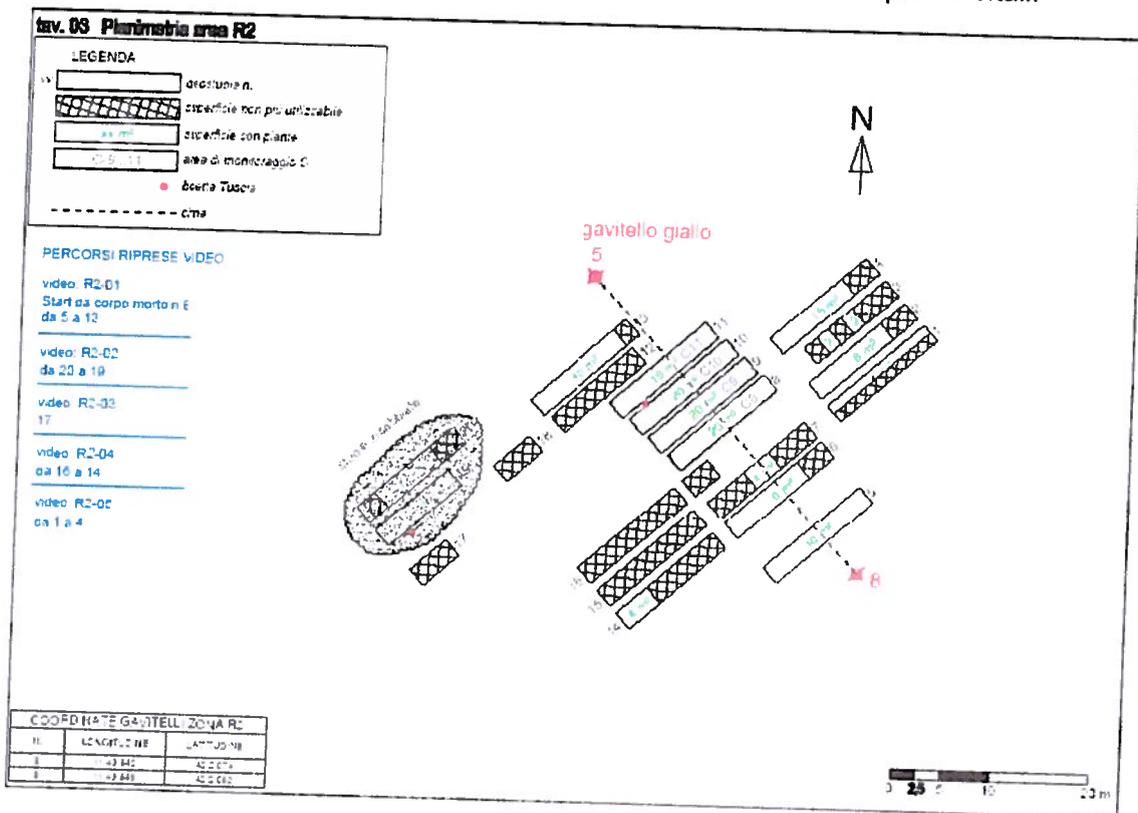
Al fine di valutare come anche la prateria naturale risponderà nel lungo termine allo stress subito, nei pressi di R2 in corrispondenza di una delle aree di controllo precedentemente individuata (denominata inizialmente C2 punto 1) e che aveva subito una quasi completa deforestazione a causa delle mareggiate dell'autunno 2012, è stato posizionato un quadrato permanente di 6 m di lato che permetterà di monitorare le fasi ed i tempi di ricolonizzazione della prateria naturale (vedere il successivo Cap. 8).

Condizioni del campo R1 (Tav. 01) - L'ultima ricognizione di dicembre 2013 ha censito 46 stuoie ancora in situ per una superficie stimata di circa 920 m^2 (= 46 stuoie X 20 m^2).

Per l'intero campo è stata calcolata una media di 17,375 "patches vegetate" per ciascuna stuoia per un totale di 46 stuoie X 17,375 = 799,25 m^2 (= patches vegetate) di impianto occupato da piante trapiantate di *Posidonia oceanica*.



Condizioni del campo R2 (Tav. 03) – L'ultima ricognizione del dicembre 2013 ha censito 18 stuoie per una superficie totale di circa 360 m² di cui circa 140 m² con piante vitali.



A dicembre 2013, dunque, circa 1280 m² di stuoie sono ancora presenti nelle 2 aree di trapianto. Sulle stuoie residue è stata stimata, complessivamente tra R1 ed R2, una superficie di circa 940 m² occupati da piante vitali. Va sottolineato che i valori sopra indicati relativi alle superfici di stuoie *in situ* e quelle occupate da piante vitali soffrono di una sovrastima dovuta al fatto che il calcolo ipotizza che tutte le stuoie abbiano una superficie utile di 20 m² e che tutte le stuoie siano occupate da un uguale numero di patches vegetate, la cosa non corrisponde alla realtà. A giugno 2014, infatti, come meglio specificato nella terza parte di questo stesso documento si provvederà a fare un conteggio più accurato finalizzato ad una valutazione definitiva delle superfici utili e vegetate nelle due aree di impianto.

La densità è mediamente compresa tra 18 fasci/m² (area monitoraggio A) e 16 fasci/m² (area monitoraggio B) in R1, mentre appare inferiore in R2 dove la densità media presso l'area di monitoraggio C oscilla tra valori di 7,2 e 11,3 fasci/m² per una media di 9,67 ± 4,37 fasci/m² (media ± Dev.Std. per n=40).

Per quanto riguarda l'analisi fenologica, nel confronto con la prateria naturale è evidente la differenza nella lunghezza delle foglie che risultano nelle piante trapiantate decisamente più corte. Tuttavia, tale andamento potrebbe essere spiegato con una diversa ripartizione dello sforzo energetico impegnato dalle piante, infatti, in quelle trapiantate l'energia è utilizzata principalmente nella produzione di radici e rizomi piuttosto che nella produzione di tessuto fogliare.

In ogni caso, i risultati ottenuti evidenziano la presenza di talee vitali ed in buono stato vegetativo che nel corso di circa 15 mesi (agosto 2012 – novembre 2013) sono state in grado di produrre costantemente radici e nuovi fasci mostrando attualmente una media di 2,8 fasci/talea. Anche la produzione di nuove foglie risulta continua con un tasso di accrescimento mensile di qualche centimetro, nel mese di novembre 2013 l'accrescimento medio delle foglie è risultato infatti di 5,92 cm (area di monitoraggio A) e di 7,7 cm (area di monitoraggio B) per i fasci delle talee trapiantate, paragonabile a quanto riscontrato nello stesso periodo nelle aree di controllo della prateria naturale: 6,98 cm (controllo Ovest) e 8,2 cm (controllo Est).

Per concludere, si ritiene che in assenza di ulteriori eventi eccezionali e/o rimozioni accidentali a causa di ancoraggi e/o attrezzi da pesca, l'impianto soprattutto in R1 possa andare avanti continuando a produrre nuove piante che andranno negli anni futuri ad incrementare la densità media.

RAPPORTO FINALE PRIMO ANNO FASE 2
PARTE TERZA: ATTIVITA' PROPEDEUTICHE AL
MONITORAGGIO PER GLI ANNI 2014 E 2015

Indice

9. Monitoraggio della prateria naturale: Posizionamento di un quadrato Permanente	100
10. Monitoraggio della prateria naturale: Macrostruttura ed analisi di laboratorio Dei fasci fogliari di Posidonia oceanica per l'elaborazione dell'indice "PREI"	106
10.1 Metodi di indagine	106
10.2 Risultati	109
10.2.1 Macrostruttura	109
10.2.2 Studio fenologico	110
10.2.3 Calcolo dell'Indice PREI	111
10.3 Conclusioni	113
11. Caratterizzazione dei sedimenti: Saggi ecotossicologici	115
11.1 Metodi di indagine	115
11.2 Risultati	119
12. Maggio 2014 – Luglio 2014: Rielaborazione planimetrie e conteggio delle superfici vegetate nelle due aree di impianto R1 ed R2	122
12.1 Rielaborazione planimetrie	122
11.2 Valutazione superfici stuoie <i>in situ</i> e superfici vegetate	123

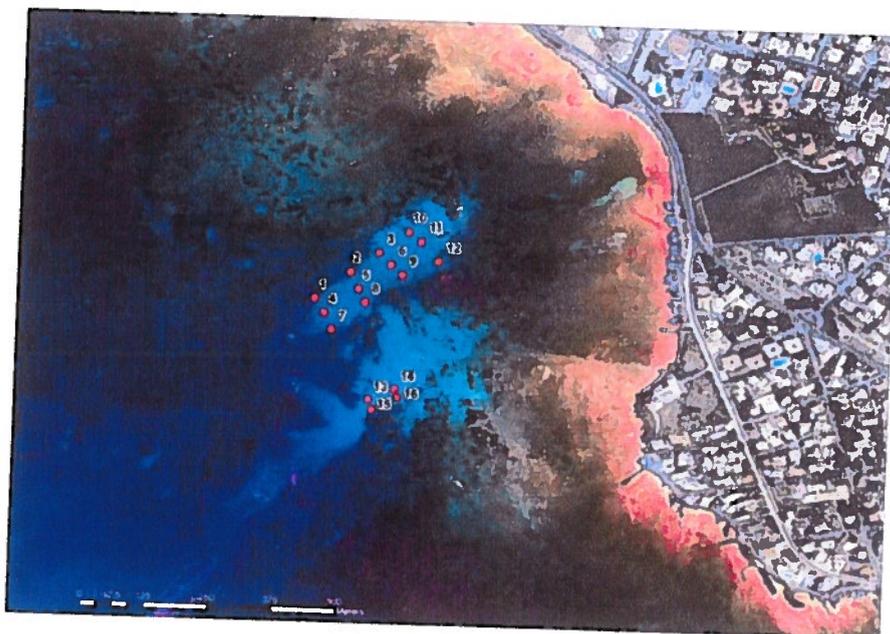
9 Monitoraggio della prateria naturale: Posizionamento di un quadrato permanente

A dicembre del 2013, al fine di valutare come anche la prateria naturale risponderà nel lungo termine allo stress subito a seguito degli eventi catastrofici dell'autunno 2012, presso l'area di impianto denominata R2 è stato posizionato un quadrato permanente di 6 metri di lato..

Il quadrato si trova in prossimità del corpo morto n. 7 presso la stazione di monitoraggio corrispondente a quella precedentemente denominata "C2 Punto 1" e che per i monitoraggi futuri verrà individuata con il codice R2 QP come evidenziato nella tabella che segue:

Settore	Codice su Carta (pag. 5)	Codice monitoraggio Agosto 2012	Codice monitoraggio 2014 - 2015	Long. WGS 84	Lat. WGS 84
R2	C2 Punto 1	C2 Mare	R2 QP	11 49.614	42 2.030
R2	C2 Punto 2	C2 Centro	R2 Sud	11 49.650	42 2.043
R2	C2 Punto 3	C2 Terra	R2 Est	11 49.677	42 2.068
R1	C3 Punto 1	C3 Est	R1 Est	11 49.685	42 1.952
R1	C3 Punto 2	C3 Ovest	R1 Sud	11 49.663	42 1.935
R1	C3 Punto 3	C3 Nord	R1 Ovest	11 49.642	42 1.962

N.B.: In caso di accidentale rimozione, per riposizionare il quadrato sarà sufficiente muoversi di 6 metri in direzione 180° partendo dallo spigolo Sud-Est del corpo morto, in questo punto dovrà essere posizionato il primo spigolo del quadrato da dove partiranno i primi 2 lati del quadrato: uno proseguirà in direzione 180° mentre l'altro si localizzerà ad angolo retto in direzione 270°, gli ultimi 2 lati saranno posizionati di conseguenza a chiudere il quadrato (Fig. 9.1).



Sul quadrato permanente è stato eseguito un rilevamento fotografico che sarà ripetuto nel tempo (Fig. 9.2). Inoltre, In ciascuno dei 9 sub-quadrati di 2 metri di lato in cui è stato suddiviso il quadrato permanente, sono state rilevate informazioni relative alla copertura di *Posidonia oceanica* (P), Matte morta (M) e Sabbia (S) ed il numero di fasci fogliari della pianta presenti. I risultati ottenuti costituiscono i valori di riferimento che permetteranno di monitorare le fasi ed i tempi di ricolonizzazione della prateria naturale nel corso dei prossimi anni.

Fig. 9.1. Rappresentazione schematica della numerazione dei sub-quadrati.

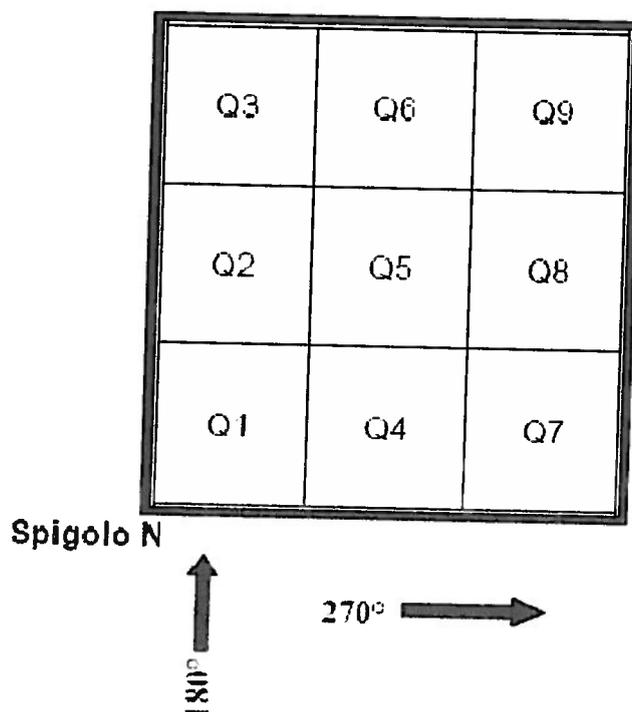
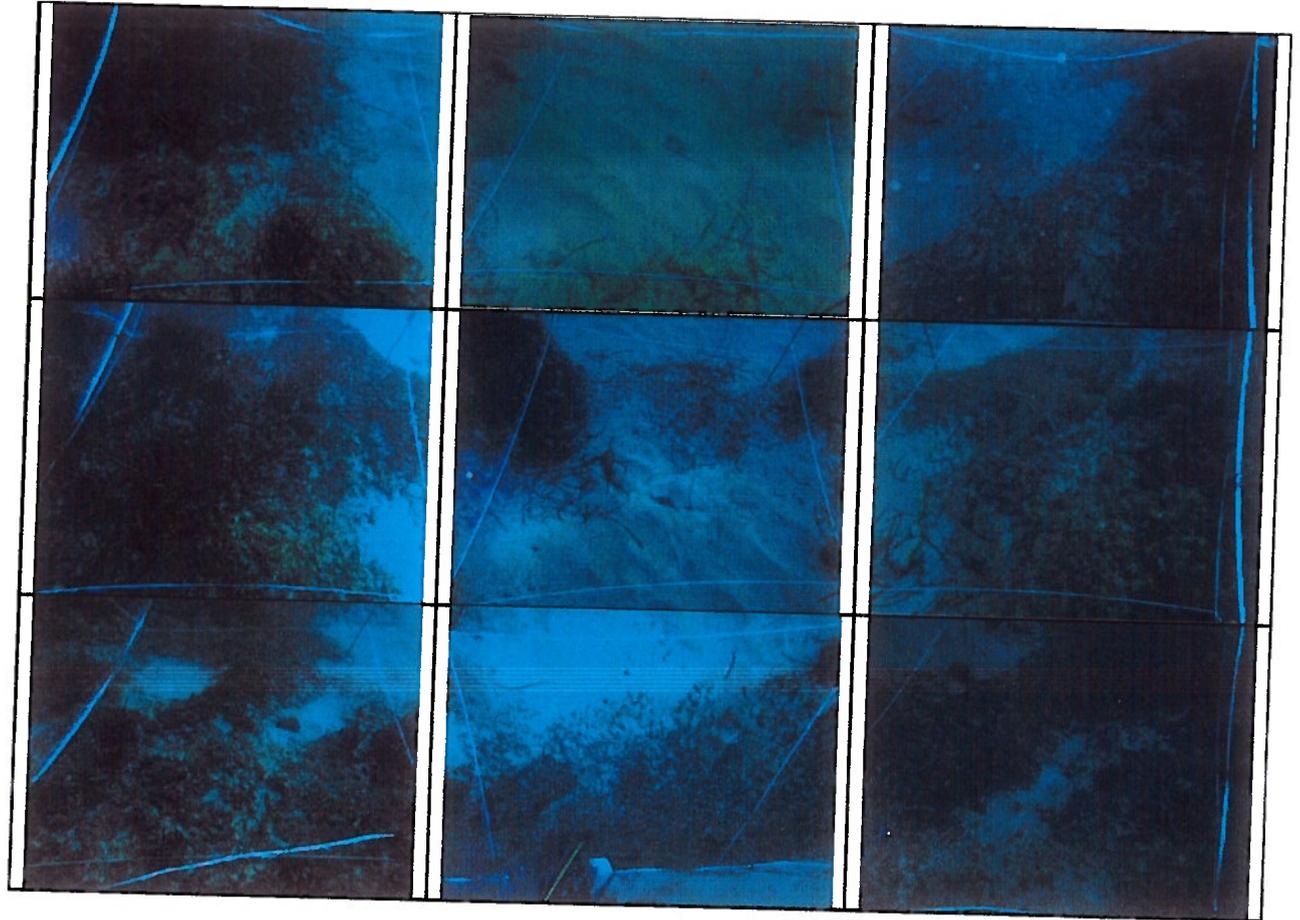


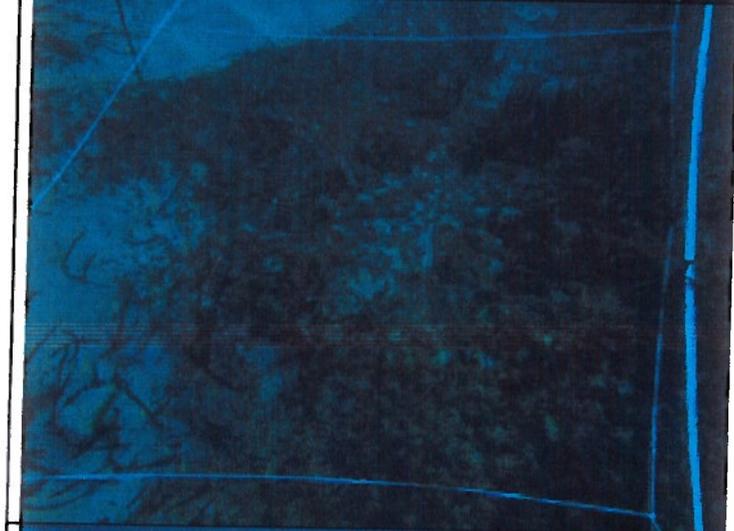
Fig.9.2. Ricostruzione fotografica del quadrato permanente.



Di seguito viene riportato il dettaglio del rilevamento fotografico eseguito sui 9 sub-quadrati (da Q1 a Q9) con i corrispondenti dati di copertura e densità:

	<p style="text-align: center;">Q1</p> <p>Copertura: P = 5% M = 90% S = 5% Densità: 160 fasci</p>
	<p style="text-align: center;">Q2</p> <p>Copertura: P = 25% M = 75% S = + Densità: 460 fasci</p>
	<p style="text-align: center;">Q3</p> <p>Copertura: P = 10% M = 85% S = 5% Densità: 260 fasci</p>

	<p style="text-align: center;">Q4</p> <p>Copertura: P = 5% M = 85% S = 10% Densità: 150 fasci</p>
	<p style="text-align: center;">Q5</p> <p>Copertura: M = 50% S = 50% Densità: /</p>
	<p style="text-align: center;">Q6</p> <p>Copertura: M = 5% S = 95% Densità: /</p>

	<p style="text-align: right;">Q7</p> <p>Copertura: P = + M = 95% S = 5% Densità: 42 fasci</p>
	<p style="text-align: right;">Q8</p> <p>Copertura: P = 5% M = 95% S = + Densità: 98 fasci</p>
	<p style="text-align: right;">Q9</p> <p>Copertura: P = + M = 90% S = 10% Densità: 50 fasci</p>

10 Monitoraggio della prateria naturale: Macrostruttura ed analisi di laboratorio dei fasci fogliari di Posidonia oceanica per l'elaborazione dell'indice "PREI"

10.1 Metodi di indagine

Nella prateria naturale che circonda l'area di impianto R1 in data 11/12/2013 sono state esaminate 2 aree di monitoraggio localizzate a Nord-Ovest (C Ovest) ed a Sud-Est (C Est) di R1. All'interno di ciascuna area sono state posizionate in modo casuale 3 stazioni di campionamento (400 m² circa ciascuna, distanziate di almeno 10 m tra loro) in ciascuna delle quali sono state effettuate:

- 5 repliche (distanti tra loro alcuni metri) per le misure di densità,
- 6 repliche (distanti tra loro alcuni metri) per i prelievi di fasci ortotropi.

La stima della densità è stata effettuata mediante conteggio dei fasci fogliari utilizzando quadrati di 40 cm di lato. Successivamente i risultati sono stati riportati al metro quadro. Per ciascuna delle 3 aree, oltre alle misure ed i prelievi di cui sopra, sono state effettuate delle stime relative a: ricoprimento, tipo di substrato, continuità della prateria, percentuale di matite morta.

Sulle strutture fogliari per ciascun fascio sono state eseguite in laboratorio le misure di:

1. Numero medio delle foglie;
2. Lunghezza media delle foglie;
3. Larghezza media delle foglie;
4. Lunghezza del tessuto bruno;
5. Peso secco delle foglie;
6. Peso secco degli epifiti.

Le prime 4 misure sono servite per calcolare la superficie fogliare, uno dei descrittori indispensabili per l'applicazione dell'indice PREI (*Posidonia Rapid Easy Index*).

Il PREI è un indice multimettrico basato su statistica univariata. Tiene conto di cinque differenti descrittori della prateria: densità (fasci/m²); superficie fogliare per fascio (cm²/fascio); rapporto

tra biomassa degli epifiti (mg/fascio) e biomassa fogliare del fascio (mg/fascio); profondità del limite inferiore e tipologia del limite. La densità della prateria, la superficie fogliare per fascio e il rapporto tra la biomassa degli epifiti e la biomassa fogliare vengono valutati alla profondità standard di 15 m. Qualora la distribuzione della prateria non consenta il campionamento alla profondità standard, può essere individuata, motivandone la scelta, una profondità idonea al caso specifico. In effetti, nel caso oggetto della presente relazione, i vari descrittori si riferiscono ad una profondità di 8 metri. La motivazione della scelta è che la prateria, a causa della particolare conformazione del fondo, raggiunge i 15 metri di profondità molto distante dall'area interessata dal reimpianto e attraversando un lungo tratto di fondo (tra i 10 ed i 15 metri) in cui la prateria è prevalentemente insediata su roccia, substrato non idoneo al campionamento ai fini PREI. Va sottolineato che l'indice PREI fornisce informazioni sullo "stato ecologico" del corpo idrico e l'appartenenza di esso a una di 5 categorie convenzionali che definiscono uno "stato elevato", "stato buono", "stato sufficiente", "stato scarso" o "stato cattivo" in base alla deviazione misurata dalle condizioni di riferimento (Environmental Quality Ratio, EQR). Le categorie di stato sono anche definite da una scala colorimetrica standardizzata che viene di seguito riportata:

Elevato	
Buono	
Sufficiente	
Scarso	
Cattivo	

La modalità di calcolo dell'indice PREI prevede l'applicazione della seguente equazione:

$$RQE = (RQE' + 0,11) / (1 + 0,10)$$

dove

$$RQE' = \frac{N_{densità} + N_{superficie\ fogliare\ per\ fascio} + N_{biomassa\ epifiti/biomassa\ fogliare} + N_{limite\ inferiore}}{3,5}$$

3,5

$N_{densità}$ = valore misurato - 0 / valore di riferimento - 0, in cui 0 viene considerato il valore di densità indicativo di pessime condizioni .

$N_{superficie\ fogliare\ fascio}$ = valore misurato - 0 / valore di riferimento - 0, in cui 0 viene considerato il valore di superficie fogliare fascio indicativo di pessime condizioni .

$N_{biomassa\ epifiti/biomassa\ fogliare}$ = $(1 - (biomassa\ epifiti/biomassa\ fogliare)) * 0,5$.

$N_{\text{limite inferiore}} = (N' - 12) / (\text{valore di riferimento profondità} - 12)$, in cui 12 m viene considerata la profondità minima del limite inferiore indicativa di pessime condizioni. N' = profondità limite inferiore misurata + λ , dove $\lambda = 0$ (limite inferiore stabile), $\lambda = 3$ (limite inferiore progressivo), $\lambda = -3$ (limite inferiore regressivo).

Le condizioni di riferimento per l'applicazione dell'indice sono le seguenti:

	Italia
Densità (fasci/m ²)	599
Superficie fogliare (cm ² /fascio)	310
Rapporto biomassa Epifiti/foglie	0
Profondità massima (m)	38

Il risultato finale dell'applicazione dell'Indice PREI non fornisce un valore assoluto, ma varia tra 0 ed 1 e corrisponde al Rapporto di Qualità Ecologica (RQE).

10.2

Risultati

10.2.1 Macrostruttura

La prateria di *Posidonia oceanica* naturale che circonda l'area di impianto R1, presso l'area C Ovest è insediata prevalentemente su matte con una distribuzione discontinua: la copertura della pianta è del 50% mentre il rimanente 50% di fondo è occupato da matte morta; presso l'area C Est la pianta è sempre insediata prevalentemente su matte e ancora mostra una distribuzione discontinua: il 50% del substrato è coperto da *Posidonia* mentre il rimanente 50% da radure sabbiose. La prateria nell'area di controllo denominata "C Ovest", presenta valori di densità variabili tra 408 e 381 fasci/m² mentre in "C Est" la densità varia tra 382,5 e 391,25 fasci/m². Tutti i dati rilevati sono riportati in Tabella 10.2.1.1. Mediando i dati ottenuti per l'area di controllo C Ovest si ottiene una densità di 398 fasci/m², mentre per C Est la densità media è pari a 387 fasci/m², tali risultati configurano una prateria "disturbata" seppure attraverso valori che non sono molto distanti dal valore limite per una prateria "in equilibrio" in relazione alla profondità di campionamento (8 m), pari a 406 fasci/m² (Tab. 10.2.1.2).

Tab. 10.2.1.1. Valori di densità rilevati nelle diverse aree di campionamento.

R1: densità della prateria naturale			
C OVEST	A1	A2	A3
	65	64	58
	59	59	65
	70	72	51
	54	62	60
	79	67	71
40X40	65,4	64,8	61
mq	408,75	405	381,25
Dev.St	9,710819	4,969909	7,516648
Err.St	4,342942	2,222679	3,361649
C EST	A1	A2	A3
	58	65	61
	63	57	67
	75	54	58
	65	62	49
	52	68	76
40X40	62,6	61,2	62,2
mq	391,25	382,5	388,75
Dev.St	8,561542	5,718391	10,08464
Err.St	3,828954	2,55742	4,510126

Tab. 10.2.1.2. Classificazione delle praterie di Posidonia oceanica. Sono riportati i valori di riferimento per le profondità comprese tra i 5 ed i 10 metri.

Praterie molto disturbate		Praterie disturbate		Praterie in equilibrio			
Profondità (m)	Densità anormale		Densità subnormale bassa		Densità normale		Densità subnormale alta
5	←	413	< - >	525	< - >	749	→
6	←	367	< - >	479	< - >	703	→
7	←	327	< - >	429	< - >	663	→
8	←	294	< - >	406	< - >	630	→
9	←	264	< - >	376	< - >	600	→
10	←	237	< - >	349	< - >	573	→

10.2.2 Studio fenologico

I valori medi di superficie fogliare delle piante campionate in C Ovest variano tra $62,865 \pm 9,72$ (media \pm Err. Std. Per $n=6$) e $131,402 \pm 22,25$ cm^2 , mentre in C Est tra $75,268 \pm 8,13$ e $107,887 \pm 17,76$ (Tab. 10.2.2.1).

In Tabella 10.2.2.2 sono infine riportati i dati relativi alla biomassa in peso secco relativi a foglie ed epifiti.

Tab. 10.2.2.1. Valori di superficie fogliare ($\text{cm}^2/\text{fascio}$) rilevati per ciascun fascio fogliare nelle diverse stazioni di campionamento (6 fasci per ciascuna stazione).

Aree Monitoraggio	Stazioni	Fascio						Media	Dev. Std.	Err. Std.
		1	2	3	4	5	6			
C Ovest	A1	40,41	94,56	87,87	57,33	37,15	59,87	62,865	23,8114	9,72291
	A2	143,25	60,8	98,03	182,56	143,71	112,41	123,46	42,4018	17,3139
	A3	165,14	214,73	114,23	86,2	142,3	65,81	131,402	54,4812	22,2463
C est	A1	169,14	122,53	133,32	90,33	88,68	43,32	107,887	43,4954	17,7605
	A2	110,57	122,98	103,42	94,25	60,53	44,4	89,3583	30,5101	12,4582
	A3	77,65	92,05	104,03	66,32	59,67	51,89	75,2683	19,9221	8,1348

Tab. 10.2.2.2. Valori rilevati di biomassa (peso secco in mg) per fascio di foglie ed epifiti; medie calcolate per stazione (6 fasci per ciascuna stazione).

Peso secco (mg/fascio)		Epifiti	Foglie
Area di monitoraggio	Stazioni	Media stazioni	Media stazioni
C Ovest	A1	0,012733333	0,272333333
	A2	0,03925	0,363716667
	A3	0,027616667	0,38925
C Est	A1	0,0643	0,285183333
	A2	0,038683333	0,27375
	A3	0,0238	0,227766667

10.2.3 Calcolo dell'Indice PREI

Dai dati precedentemente riportati e considerando che la prateria studiata presenta il limite inferiore alla profondità di circa 18 metri e che esso è prevalentemente di tipo progressivo sono stati calcolati i valori dell'indice PREI, corrispondenti al Rapporto di Qualità Ecologica (RQE), per ciascuna delle stazioni indagate.

Presso tutte le stazioni l'indice individua il corpo idrico nel quale giace la prateria in uno stato ecologico SUFFICIENTE (Tab. 10.2.3.1).

Tab. 10.2.3.1. Calcolo dell'indice PREI.

Aree di monitoraggio	STAZ	Descrittori	Dati Bruti	PREI			
				N	EQR'	EQR	classificazione EQR
C ovest	A1	Densità (fascio/m2)	408,75	0,68	0,433	0,494	Sufficiente
		Superficie fogliare (cm2/fascio)	62,87	0,20			
		Prof limite inf (m)	18	0,15			
		Biomassa epifiti (E) (mg/fascio)	0,012733333	0,48			
		Biomassa Fogliare (L) (mg/fascio)	0,272333333				
		Tipo di limite (λ) (*)	3				
C ovest	A2	Densità (fascio/m2)	405	0,68	0,478	0,535	Sufficiente
		Superficie fogliare (cm2/fascio)	123,46	0,40			
		Prof limite inf (m)	18	0,15			
		Biomassa epifiti (E) (mg/fascio)	0,03925	0,45			
		Biomassa Fogliare (L) (mg/fascio)	0,363716667				
		Tipo di limite (λ) (*)	3				
C ovest	A3	Densità (fascio/m2)	381,25	0,64	0,480	0,536	Sufficiente
		Superficie fogliare (cm2/fascio)	131,4	0,42			
		Prof limite inf (m)	18	0,15			
		Biomassa epifiti (E) (mg/fascio)	0,027616667	0,46			
		Biomassa Fogliare (L) (mg/fascio)	0,38925				
		Tipo di limite (λ) (*)	3				
C est	A1	Densità (fascio/m2)	391,25	0,65	0,441	0,501	Sufficiente
		Superficie fogliare (cm2/fascio)	107,89	0,35			
		Prof limite inf (m)	18	0,15			
		Biomassa epifiti (E) (mg/fascio)	0,0643	0,39			
		Biomassa Fogliare (L) (mg/fascio)	0,285183333				
		Tipo di limite (λ) (*)	3				
C est	A2	Densità (fascio/m2)	382,5	0,64	0,431	0,492	Sufficiente
		Superficie fogliare (cm2/fascio)	89,36	0,29			
		Prof limite inf (m)	18	0,15			
		Biomassa epifiti (E) (mg/fascio)	0,038683333	0,43			
		Biomassa Fogliare (L) (mg/fascio)	0,27375				
		Tipo di limite (λ) (*)	3				
C est	A3	Densità (fascio/m2)	388,75	0,65	0,427	0,488	Sufficiente
		Superficie fogliare (cm2/fascio)	75,27	0,24			
		Prof limite inf (m)	18	0,15			
		Biomassa epifiti (E) (mg/fascio)	0,0238	0,45			
		Biomassa Fogliare (L) (mg/fascio)	0,227766667				
		Tipo di limite (λ) (*)	3				

10.3 Conclusioni

Dal'indagine svolta è emersa una sostanziale concordanza tra i valori di densità dei fasci fogliari ottenuti e quelli indicati in fase di caratterizzazione delle praterie che sarebbero state coinvolte nel servizio di espianto e reimpianto. Infatti, anche nel febbraio 2012, la prateria naturale in R1 sulla base del descrittore densità, veniva definita come "disturbata" ed anche allora i valori rilevati erano di poco inferiori al valore limite per definire una prateria in equilibrio. Nella relazione di caratterizzazione si affermava che: "... la densità dei fasci fogliari varia tra $289,58 \pm 14,58$ e $412,5 \pm 36,62$ (fasci/m² \pm ES per n = 3) configurando una prateria "disturbata" essendo i valori medi inferiori a 349 fasci/m² ad eccezione di una sola delle tre aree campionate dove il valore è quello di una prateria "in equilibrio". Si noti che il valore di 349 fasci/m² è riferito alla profondità di campionamento di 10 m, per questo è diverso da quello adottato nel presente studio (406 fasci/m²) dove la profondità di campionamento è di 8 metri (Tab. 9.2.1.2), tuttavia, come detto, il risultato è lo stesso.

Discordanti sono invece le stime di copertura del substrato. Naturalmente la prateria risulta insediata su matte sia nel febbraio 2012 che nel presente studio; presso la stazione C Ovest nello studio attuale la pianta copre solo il 50% del fondo mentre il rimanente 50% è composto da matte morta, va sottolineato che in nessuna delle stazioni campionate nel 2012 era stata segnalata la presenza di matte morta. I risultati del 2012 si adattano meglio alla situazione osservata in C Est. Per concludere, secondo l'analisi del descrittore copertura, risulta ancora una volta evidente un disturbo probabilmente imputabile agli eventi catastrofici dell'autunno 2012 che hanno avuto effetti notevoli, come l'eradicazione di intere porzioni di prateria con formazione di matte morta, anche sulla prateria naturale oltre che su quella trapiantata.

I dati relativi allo studio fenologico risentono del periodo di campionamento (dicembre), quando in condizioni normali le foglie sono caratterizzate da foglie particolarmente corte, ciò ha portato ad avere valori piuttosto bassi relativi alla superficie fogliare. Comunque, considerando i dati di accrescimento in nostro possesso, possiamo affermare che i risultati ottenuti siano compatibili con quanto rilevato in fase di caratterizzazione nel febbraio 2012, confermando uno stato vegetativo delle piante della prateria naturale non dissimile da quanto osservato quasi due anni prima delle operazioni di trapianto.

Alla luce di quanto esposto precedentemente, si può affermare che non vi sono segnali di un disturbo sulla prateria di *Posidonia oceanica* direttamente imputabile alle attività svolte e/o alla persistente presenza dell'area di impianto R1. Per ciò che attiene il risultato dell'applicazione dell'indice PREI, lo stato ecologico "sufficiente" del corpo idrico in cui giace la prateria inquadra abbastanza bene quelle che sono le caratteristiche ecologiche generali dell'area indagata. Tuttavia, va sottolineato come il periodo di campionamento non sia stato quello più indicato per l'applicazione di tale indice in quanto, per ridurre al massimo l'effetto della stagionalità della pianta, il periodo migliore per questo tipo di valutazioni è il mese di aprile (riferimento bibliografico: "Sylvie Gobert, Stéphane Sartoretto, Valérie Rico-Raimondino, Bruno Andral, Aurelia Chery, Pierre Lejeune and Pierre Boissery, 2009. Assessment of the ecological status of Mediterranean French coastal waters as required by the Water Framework Directive using the *Posidonia oceanica* Rapid Easy Index: PREI. *Marine Pollution Bulletin*, 58, 11: 1727-1733").

11 Caratterizzazione dei sedimenti: Saggi ecotossicologici

11.1 Metodi di indagine

Corophium orientale

Il principio del saggio biologico "a più lungo termine" con gli organismi *C.orientale*, consiste nell'esposizione di un numero stabilito di organismi per 28 giorni al sedimento tal quale, con la finalità di stimare la percentuale di mortalità degli organismi stessi.

Gli anfipodi sono stati campionati setacciando il loro sedimento nativo (con setaccio a maglia di 0,5 mm) che permette di selezionare organismi giovani (~4 mm) idonei per il test, scartando gli individui maturi e di taglia minore. Gli anfipodi selezionati sono portati in laboratorio ed acclimatati alle seguenti condizioni :

- Temperatura dell'acqua : $16 \pm 2^{\circ}\text{C}$
- Salinità : 36 ‰ 2 ‰
- Illuminazione : continua
- O₂ disciolto nell'acqua sovrastante il sedimento : > 60 %.

Procedimento del saggio -Il saggio è allestito secondo il protocollo: ISO 16712:2005(E): Water quality- Determination of acute toxicity of marine or estuarine sediment to amphipods.

Circa 220 cc di sedimento da testare sono introdotti all'interno di un barattolo da 1L e sopra a questi sono aggiunti circa 750 cc di acqua di mare naturale filtrata. Per ogni campione sono allestite 4 repliche e in ciascun barattolo sono inseriti 25 individui.

Come il sedimento di controllo è stato utilizzato il sedimento nativo proveniente da un sito non contaminato. Dopo 28 giorni il contenuto di ogni becher è stato vagliato sul setaccio (500µm) e sono contati gli organismi vivi. Sono stati considerati morti gli anfipodi che, dopo una delicata stimolazione, non mostravano alcun movimento degli arti. La sensibilità degli organismi, (96hLC50) è determinata tramite l'esposizione per 96 ore a concentrazioni 0,8; 1,6; 3,2; e 6,4 mg/l CdCl₂.

All'inizio e alla fine del saggio biologico sono stati misurati i seguenti parametri dell'acqua (Tab. 11.1.1) sovrastante, il sedimento: pH, salinità, NH₄⁺ e ossigeno disciolto.

Tab. 11.1.1 – Scala di tossicità cronica relativa al test con *C.orientale*.

<i>C. orientale</i>	Tossicità
$M \leq 15\%$	Assente
$15\% < M \leq 30\%$	Bassa
$30\% < M \leq 60\%$	Media
$M > 60\%$	Alta

Paracentrotus lividus

Il test d'embriotossicità è basato sulla capacità degli zigoti (uova fecondate) di raggiungere lo stadio di pluteo durante l'esposizione per 48/72 ore alla matrice acquosa testata (elutriato, acqua interstiziale o una sostanza solubile nell'acqua). L'assenza o una riduzione significativa dei plutei (presenza degli stadi inferiori al pluteo) e/o la presenza di plutei anomali dimostra la tossicità cronica della matrice testata.

Preparazione dell'elutriato -Un'aliquota del sedimento da testare è unita con il volume calcolato dell'acqua di mare naturale filtrata in rapporto 1: 4. Le sospensioni ottenute sono poste in agitazione per 1 ora e in seguito centrifugate a temperatura di 10°C per 20' a 3000 rpm. Il soprannatante, che rappresenta l'elutriato, è prelevato con cautela e conservato a temperatura di -25°C.

Prima dell'allestimento del test sono misurati i seguenti parametri dell'elutriato: pH e la salinità.

Procedimento del test - Il test è allestito in tre repliche, secondo il protocollo integrato: *Short-term Methods for Estimating the Chronic Toxicity of Effluents and Receiving Waters to West Coast Marine and Estuarine Organisms. EPA/600/R-95/136. August, 1995.* L'emissione dei gameti maschili e femminili è stata provocata mediante l'iniezione di 0,5 ml di KCl 1M nella cavità celomatica degli organismi. Lo sperma (minimo da tre maschi) è stato raccolto "a secco" e conservato fin al suo utilizzo a 4°C. Le uova (minimo da tre femmine) sono state raccolte "a umido" separatamente da ogni femmina e dopo la valutazione della loro maturità, sono state unite e diluite in acqua di mare naturale filtrata alla concentrazione richiesta dal test (200uova/ml). La soluzione di uova è stata conservata a $16 \pm 2^\circ\text{C}$. La concentrazione dello sperma è stata determinata in camera di conta (Thoma). Sulla base del conteggio è stata preparata la sospensione dello sperma stimando il rapporto predefinito tra uovo e sperma (1:15000).

Nel test di embriotossicità, gli zigoti (uova fecondate) sono stati esposti alle concentrazioni crescenti degli elutriati (100, 50 e 25%). In ogni provetta è stato aggiunto 1ml della soluzione d'uova fecondate alla concentrazione 200 zigoti/ml. Le provette sono state incubate per 72ore alla temperatura di $16\pm 2^{\circ}\text{C}$. Il processo di sviluppo embrionale è stato bloccato mediante l'aggiunta di 1ml del formaldeide. Al microscopio sono stati contati 100 embrioni e calcolata la percentuale dei plutei regolari in ogni provetta.

Stima della tossicità

Al fine di calcolare la percentuale degli embrioni che non hanno raggiunto lo stadio di pluteo, è stata applicata la correzione di "Abbott" secondo la seguente formula:

$$(x - y) \cdot 100 \cdot (100 - y)^{-1}$$

x = % embrioni che non hanno raggiunto lo stadio di pluteo nel campione da testare;

y = % dei plutei nel controllo.

La tossicità degli elutriati è stata stimata sulla base dei valori di EC20 ed EC50, calcolati con i metodi Trimmed Spearman-Kärber e Probit (Tab. 11.1.2).

Tab. 11.1.2 – Scala di tossicità cronica relativa al test con *P. lividus*.

<i>P. lividus</i>	Tossicità
EC20 \geq 90%	Assente
EC20 < 90% e EC50 > 100%	Bassa
40% \leq EC50 < 100%	Media
EC50 < 40%	Alta

Saggio biologico con il *Vibrio fischeri* (sistema Microtox®)

Vibrio fischeri è un batterio marino Gram-negativo ed eterotrofo, appartenente alla famiglia delle *Vibrionaceae*. Il sistema Microtox® è un test biologico di tossicità acuta basato sull'utilizzo della bioluminescenza naturale di questa specie. Poiché in presenza di contaminanti l'emissione di luce diminuisce, la misura dell'eventuale inibizione della bioluminescenza, a seguito dell'esposizione del batterio ad una sostanza nota o ad un campione naturale di acqua o sedimento, consente di valutare il grado di tossicità acuta della sostanza o della matrice testata.

I SAGGI BIOLOGICI SULLA FASE SOLIDA SONO STATI COMPLETATI ENTRO 24 H DALLA PREPARAZIONE DELLA MATRICE.

L'EMISSIONE DELLA BIOLUMINESCENZA È STATA MISURATA ALL'INTERNO DEL LUMINOMETRO M500, DOTATO DI POZZETTI TERMOSTATATI A 15 °C PER I CONTROLLI E I CAMPIONI E A 4 °C PER IL REAGENTE.

E' STATO APPLICATO IL PROTOCOLLO SOLID PHASE TEST (SPT) CON LA PROCEDURA LARGE SAMPLE METHOD (AZURENVIROMENTAL, 1995), ORGANIZZATO CON 9-12 DILUIZIONI E 3 CONTROLLI, A SECONDA DELLA GRANULOMETRIA DEL CAMPIONE. IL TEST PREVEDE UNA PRIMA ESPOSIZIONE DI 20 MINUTI DURANTE I QUALI I BATTERI SI TROVANO A DIRETTO CONTATTO CON IL SEDIMENTO E UNA SECONDA FASE DI ULTERIORI 10 MINUTI IN CUI LA RISOSPENSIONE BATTERICA VIENE INCUBATA NEL LUMINOMETRO A 15°C.

LA RELAZIONE DOSE-RISPOSTA, OVVERO CONCENTRAZIONE DEL CAMPIONE-INIBIZIONE DELLA BIOLUMINESCENZA, È STATA ELABORATA MEDIANTE UN SOFTWARE DEDICATO (MICROTOX OMNITM V. 1.16), CHE CONSENTE DI INDIVIDUARE L'EC50 (O QUALUNQUE ALTRA EC), OSSIA LA CONCENTRAZIONE DEL CAMPIONE CUI CORRISPONDE UNA RIDUZIONE DELLA BIOLUMINESCENZA PARI AL 50% O, IN ALTERNATIVA, LA SEMPLICE VARIAZIONE PERCENTUALE DI EMISSIONE DI LUCE RISPETTO AL CONTROLLO.

IL RISULTATO È STATO ESPRESSO SIA IN TU (UNITÀ TOSSICHE = 100/EC50), CHE CONSENTE DI OTTENERE UNA RELAZIONE DIRETTA FRA TOSSICITÀ E RIDUZIONE DELLA BIOLUMINESCENZA, SIA COME SEDIMENT TOXICITY INDEX (S.T.I.), CHE PERMETTE DI ESPRIMERE LA REALE TOSSICITÀ ACUTA DEL CAMPIONE RISPETTO ALLA TOSSICITÀ "NATURALE" DI UN CAMPIONE DI RIFERIMENTO AVENTE LE MEDESIME CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE (ONORATI *ET AL.*, 1998).

AL FINE DI ESPRIMERE IL RISULTATO DEL SAGGIO NELLA SCALA S.T.I., POICHÉ IL TEST IN FASE SOLIDA VIENE EFFETTIVAMENTE APPLICATO SULLA FRAZIONE GRANULOMETRICA <1 MM E POICHÉ LA COMPONENTE NATURALE DELLA TOSSICITÀ È FUNZIONE DELLA FRAZIONE PELITICA, SONO STATI UTILIZZATE LE ANALISI GRANULOMETRICHE ESEGUITE DA ARPAM PER INDIVIDUARE LA PROPORZIONE TRA LE DUE FRAZIONI CITATE, INDISPENSABILE PER LA VALUTAZIONE DEL REALE LIVELLO DI TOSSICITÀ ACUTA.

LE MODALITÀ UTILIZZATE PER L'INDIVIDUAZIONE DI TALI FRAZIONI GRANULOMETRICHE SI DIVIDONO IN 3 FASI:

1. trattamento del campione con una soluzione di H_2O_2 per facilitare la separazione e la disgregazione del sedimento;

2. setacciatura su getto di acqua distillata mediante setacci ASTM da 63 μ m e da 1 mm;
3. recupero delle frazioni ottenute ed essiccamento in stufa, scartando quella > di 1 mm.

La fase solida è stata giudicata tossica quando il valore di S.T.I è risultato superiore a 3. In particolare è stata adottata la scala di tossicità indicata in tabella 3 (APAT-ICRAM, 2006).

Tab. 11.1.3 – Scala di tossicità relativa al test con *Vibrio fischeri*.

<i>V. fischeri</i>	Tossicità
EC20 \geq 90%	Assente
EC20 < 90% e EC50 \geq 90%	Bassa
20% \leq EC50 < 90%	Media
EC50 < 20%	Alta

11.2 Risultati

C. orientale

Nella tabella sottostante (Tab. 11.2.1) sono riportati i parametri chimico-fisici rilevati all'inizio ed al termine dei test di tossicità cronica con gli organismi *C.orientale*.

Tab. 11.2.1 -Parametri chimico-fisici dell'acqua sovrastante i sedimenti, registrati all'inizio ed al termine del test di tossicità cronica per *C.orientale*.

Campione	Inizio del test					Fine del test				
	Temp. (°C)	Salinità (‰)	pH	NH ₄ ⁺ (mg/l)	O ₂ (%)	Temp. (°C)	Salinità (‰)	pH	NH ₄ ⁺ (mg/l)	O ₂ (%)
Controllo		37	8,30	1			35	8,24	1	>85
A	15 \pm 1	37	8,21	0	>85	15 \pm 1	35	8,31	0,5	
B		37	8,23	0			37	8,31	0	

QA-QC - Il valore della LC50(96h) = 3,81mg/l (LC= 3,54mg/l e UC=4,10mg/l) ottenuto con la sostanza di riferimento(CdCl₂) rientra nei limiti della carta di controllo del laboratorio. La sopravvivenza degli organismi sul sedimento di controllo dopo 28 giorni è risultata conforme, in quanto superiore al 85%.

Nella tabella 11.2.2 sono riportate le percentuali medie (di 4 repliche) di mortalità degli organismi osservate nel test di tossicità cronica e l'ulteriore stima della tossicità.

Tab. 11.2.2 - Percentuali medie di mortalità degli organismi *C. orientale* osservati nel test di tossicità cronica.

Campione	Numero degli organismi esposti	% degli organismi morti (\pm dev.st %)	% (corretta) degli organismi morti	Tossicità
Controllo	100	2 \pm 2,30	0	-
A	100	11 \pm 2,00	9	Assente
B	100	7 \pm 2,00	5	Assente

Le percentuali di mortalità osservate dopo l'esposizione degli organismi per 28 giorni ai sedimenti testati hanno dimostrato l'assenza di tossicità cronica.

P.lividus

Nella tabella seguente (Tab. 11.2.3) sono riportati i parametri registrati negli elutriati estratti dai sedimenti testati, utilizzati nel test di embriotossicità con i gameti di *P. lividus*.

Tab. 11.2.3 - Parametri registrati nei campioni di acqua.

Campione	Salinità (‰)	pH	Ossigeno disciolto (mg/l)
Controllo	38	8,29	7,82
A	38	8,21	7,86
B	38	8,26	7,90

QA-QC – Il test eseguito con la sostanza di riferimento ha fornito una EC50 di 23,48 μ g l⁻¹ di Cu (LC=21,52 e UC=25,62) che rientra nei limiti della carta del controllo di laboratorio. La percentuale media degli embrioni a stadio di pluteo nel campione di controllo (87 \pm 1,15%) è risultata conforme, in quanto superiore al limite del 75%.

Le percentuali medie degli embrioni allo stadio di pluteo osservate negli elutriati testati e i valori dell'EC20 > 90 e dell' EC 50 >100 hanno dimostrato l'assenza di tossicità cronica (Tab. 11.2.4).

Tab. 11.2.4 - Risultati del saggio biologico di embriotossicità con *P. lividus* e stima della tossicità cronica negli elutriati estratti dai sedimenti testati.

Campione	Concentrazione e dell'elutriato (%)	% media di plutei			Media di embrioni non sviluppati	Correzione Abbott (embrioni non sviluppati)	EC 20 (%)	EC 50 (%)	Tossicità
		1	2	3					
Controllo		88	88	86	13	0			
A	100	77	76	79	23	11	> 90	>100	Assente
	50	83	81	82	18	6			
	25	82	82	84	17	5			
B	100	79	81	77	21	10	> 90	>100	Assente
	50	82	82	83	18	6			
	25	84	83	84	16	4			

V. fisheri

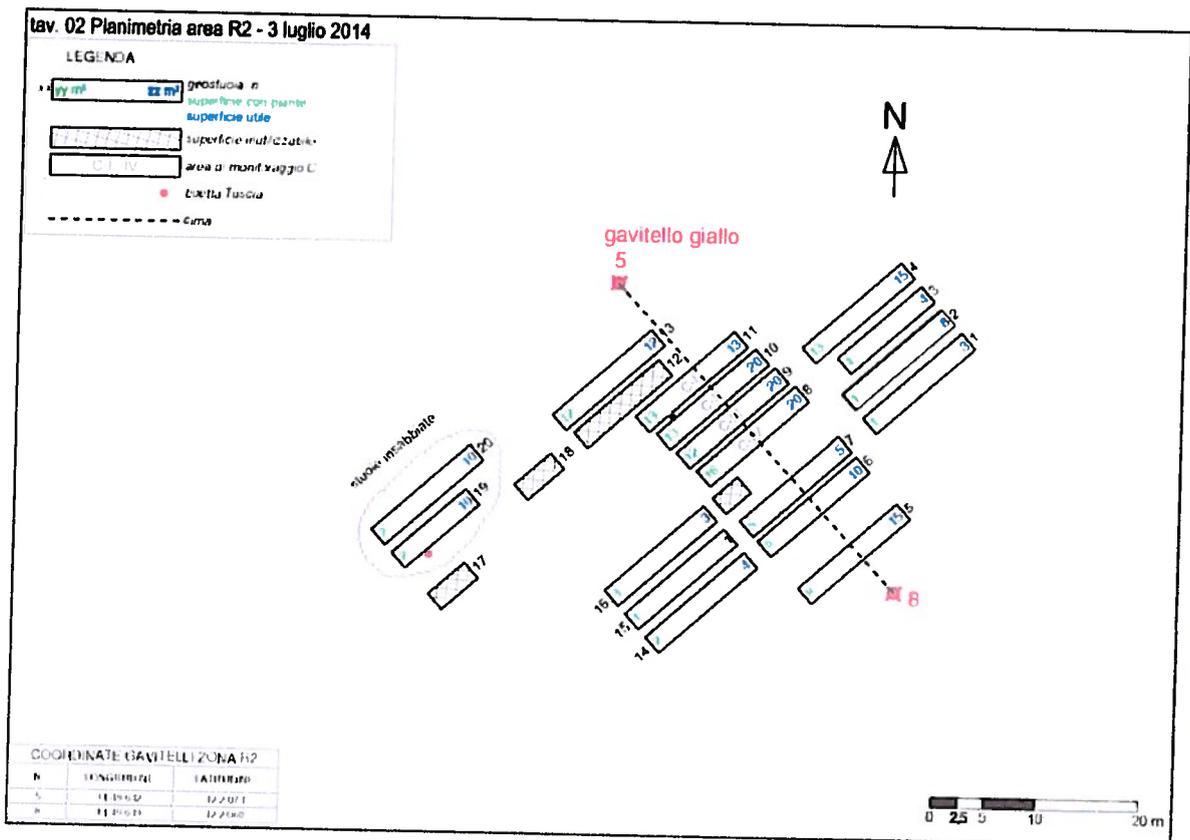
I risultati del saggio con il *V.fischeri* applicato al sedimento sono riportati in tabella 11.2.5.

QA-QC – I valori EC₅₀ di 0.72 mg l⁻¹ a 5 minuti e di 0.16 mg l⁻¹ a 15 minuti con la sostanza di riferimento (Cu⁺⁺) rientrano all'interno del range di riferimento relativo al test Microtox® (0.42 – 1.16 mg l⁻¹ e 0.03 – 0.75 mg l⁻¹ rispettivamente per il test a 5 e 15 minuti) UNICHIM (Onorati et al., 2007).

Tab. 11.2.5 - Risultati del saggio biologico *Vibrio fisheri* applicato al sedimento.

campione	Sabbia < 1mm(%)	Pelite(%)	Soglia Tox Naturale(TU)	Tox Misurata(TU)	Range al 95% di confidenza(TU)		R ² (%)	S.T.I.	Tossicità
					min	max			
A	82.44	17.56	61.56	10.3	5.8	39.4	90	0.17	Assente
B	83.51	16.49	57.84	3.1	2.0	6.9	89	0.05	Assente

Il test ha dimostrato l'assenza di tossicità acuta.



12.2 Valutazione superfici stuoie in situ e superfici vegetate

I rilevamenti subacquei effettuati sono stati successivamente controllati attraverso l'analisi delle riprese video realizzate contemporaneamente ai conteggi *in situ*, i risultati sono i seguenti:

R1: Superficie stuoie utile in mq: 632

R1: Superficie vegetata in mq: 489

R2: Superficie stuoie utile in mq: 177

R2: Superficie vegetata in mq: 122

Totale: Superficie stuoie utile in mq: 809

Totale: Superficie vegetata in mq: 611

Di seguito viene proposto il dettaglio dei conteggi effettuati su ciascuna stuoia.

COPERTURA				SUPERFICI TOTALI IN R1		
R1	Definitivo con controllo video			Patches	Sup stuoie	% superficie vegetata
	Patches	mq utili		R1	489	
1	23	24	A1			
2	22	23	A2			
3	20	21	A3			
4	21	22	A4			
5	16	17				
6	4	6				
7	16	20				
8	10	17				
9	7	10				
10	14	18				
11	21	22				
12	20	22	TUSCIA			
13	15	21				
14	14	15				
15	16	20				
16	14	16				
17	18	21				
18	22	24	TUSCIA			
19	21	22	TUSCIA			
20	3	5	TUSCIA			
21	7	17				
22			ASSENTE			
23			ASSENTE			
24			ASSENTE			
25	15	20	TUSCIA			
26	15	22				
27	13	20				
28	15	18	B2			
29	10	20	B1			
30	14	20	TUSCIA			
31	10	12				
32	4	5				
33	10	17				
34			ASSENTE			
35			ASSENTE			
36	5	10				
37	7	11				
38	3	5				
39	14	20				
40	13	19	B4			
41	8	11	B3			
42	3	4				
43	6	15				
TOTALE	489	632				

COPERTURA				SUPERFICI TOTALI IN R1		
R2	stuoia	patches	mq utili	Aree monitoraggio		
1	1		3			
2	1		8			
3	4		4			
4	13		15			
5	9		15			
6	9		10			
7	5		5			
8	16		20	C4 + TUSCIA		
9	12		20	C3 + TUSCIA		
10	13		20	C2 + TUSCIA		
11	13		13	C1 + TUSCIA		
12	4		4			
13	12		12			
14	2		4			
15	1		1			
16	3		3			
17						
18						
19	2		10			
20	2		10			
	122		177	TOTALE		

SUPERFICI TOTALI R1 + R2			
	patches	Sup stuoie	% superficie vegetata
R1	489	632	
R2	122	177	
TOT	611	809	75,53%