

Relazione finale delle campagne di monitoraggio post-operam della prateria di *Posidonia oceanica* dell'area marina antistante il porto di Capraia

**Report del survey e campionamento di ottobre 2022
3° Campagna post operam**



Committente: Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno Settentrionale

Novembre, 2022

RIF. COMMESSA: 23241

<i>Rev. 2</i>	<i>17.11.22</i>	<i>Emissione definitiva</i>	<i>LDM/AMDB</i>	<i>AMDB</i>	<i>GBP</i>
<i>Rev. 1</i>	<i>15.11.22</i>	<i>Emissione per controllo committente</i>	<i>LDM/AMDB</i>	<i>AMDB</i>	<i>GBP</i>
<i>Rev. 0</i>	<i>9.11.22</i>	<i>Emissione per commenti committente</i>	<i>LDM/AMDB</i>	<i>AMDB</i>	<i>GBP</i>
<i>Rev</i>	<i>Data</i>	<i>Descrizione della revisione</i>	<i>Preparato da</i>	<i>Verificato da</i>	<i>Approvato da</i>

Sommario

1. PREMESSA	5
2. INTRODUZIONE	6
3. MATERIALI E METODI	8
3.1. AREA DI INDAGINE E CAMPIONAMENTO	8
3.2. RIPRESE VIDEO SUBACQUEE	9
3.3. CARATTERIZZAZIONE GRANULOMETRICA DEI SEDIMENTI E DETERMINAZIONE SOLIDI SOSPESI IN COLONNA D'ACQUA	9
3.4. MONITORAGGIO <i>POSIDONIA OCEANICA</i>	9
Classificazione delle praterie sulla base della densità (numero di fasci/m ²).....	9
Indagine fenologica e calcolo degli indici di Conservazione e Sostituzione	10
3.5. ANALISI BIOMARCATORI	12
Marcatori fisiologici	12
Marcatori biochimici	12
4. RISULTATI E DISCUSSIONE	14
4.1. RIPRESE VIDEO SUBACQUEE	14
4.2. CARATTERIZZAZIONE GRANULOMETRICA DEI SEDIMENTI E DETERMINAZIONE SOLIDI SOSPESI IN COLONNA D'ACQUA	15
4.3. MONITORAGGIO <i>POSIDONIA OCEANICA</i>	16
4.3.1. Descrizione dei siti di indagine	16
Sito Porto Stazione 1T	16
<i>Descrittori macroscopici</i>	16
<i>Indagine fenologica e indici di Conservazione e Indice di Sostituzione</i>	16
Sito Cala della Mortola Stazione 3C	17
<i>Descrittori macroscopici</i>	17
<i>Indagine fenologica e indici di Conservazione e Indice di Sostituzione</i>	17
4.3.2. Confronti tra Cala della Mortola e il Porto	18
4.3.3. Confronti con i monitoraggi precedenti (dati fenologici).....	19
4.4. ANALISI BIOMARCATORI	21
Marcatori fisiologici	21
Marcatori biochimici	21
5. CONCLUSIONI	22
6. ALLEGATI.....	24
7. BIBLIOGRAFIA	23

Indice delle figure

Figura 1. Immagine del balise n. 4 (lato sinistro) relativa al monitoraggio di ottobre 2022 (A) e novembre 2010 (B).....	6
Figura 2. Area di campionamento in prossimità del Porto (1T) (sinistra) e Cala della Mortola (3C) (destra).....	8
Figura 3. A. Concentrazione totale di clorofilla (a+b) espressa in $\mu\text{g}/\text{mL}/\text{g}$ peso fresco (FW); B. Contenuto di molecole fenoliche espresso in $\text{mg tyrosine}/\text{mg proteina}$ (prot) di campioni di <i>P. oceanica</i> prelevati in 3C (La Mortola) e 1T (Porto). I valori sono riportati come media \pm deviazione standard. Differenze statisticamente significative (t-test) sono indicate con asterisco ($p < 0.05$ *; $p < 0.01$ **; $p < 0.001$ ***).	21
Figura 4. A. Perossidazione lipidica (LPO) espressa come $\text{nmol MDA}/\text{g}$ peso fresco (FW); B. Capacità antiossidante totale (TAC) espressa come FRAP $\mu\text{M}/\text{L}$ di campioni di <i>P. oceanica</i> prelevati presso il sito 3C (La Mortola) e 1T (Porto). I valori sono riportati come media \pm deviazione standard. Differenze statisticamente significative (t-test) sono rappresentate con segno grafico asterisco ($p < 0.05$ *; $p < 0.01$ **; $p < 0.001$ ***).	21

Indice delle tabelle

Tabella 1. Coordinate aree di campionamento. Le aree distano tra loro circa 30 metri.....	9
Tabella 2. Classificazione delle praterie in base alla densità dei fasci.....	10
Tabella 3. Classificazione della densità delle praterie in funzione della profondità. DA: densità anormale; DSI: densità sub-normale inferiore; DN: densità normale (in grigio); DSS: densità sub-normale superiore.....	10
Tabella 4. Scala di giudizio dell'Indice di Conservazione	11
Tabella 5. Scala di giudizio dell'Indice di Sostituzione.....	11
Tabella 6. Percentuali delle principali frazioni granulometriche e pesi specifici dei sedimenti.....	15
Tabella 7. Concentrazione di solidi sospesi rilevati a due profondità per ciascun sito di indagine.	15
Tabella 8. Descrittori macroscopici e conteggi dei fasci (Porto stazione 1T).....	16
Tabella 9. Descrittori fenologici (Porto stazione 1T).	16
Tabella 10. Valori di densità e stime visive della stazione 3C.....	17
Tabella 11. Descrittori fenologici (Cala Mortola stazione 1T).....	17

1. PREMESSA

A seguito della proposta di ripristino del porto di Capraia, il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio aveva emanato un Decreto (9 agosto 2005) contenente le specifiche da adottare nel piano di monitoraggio ambientale necessario per valutare gli effetti delle suddette attività. Sulla base di tale Decreto, tra il 2007 e il 2010 è stato pianificato un programma di monitoraggio finalizzato alla valutazione di eventuali alterazioni della prateria di *Posidonia oceanica* (L.) Delile antistante il porto di Capraia.

Nel dettaglio, il primo campionamento era stato condotto prima dell'inizio dei lavori (settembre, 2007) al fine di avere un quadro conoscitivo ante operam; il secondo era stato effettuato ad aprile 2008 durante l'esecuzione dei lavori.

Come riportato nella II relazione intermedia relativa a questo survey ed emessa nell'ottobre 2008 "Future azioni da intraprendere", avrebbero dovuto essere previste 3 ulteriori survey di cui uno dopo il termine dei lavori (settembre 2009) e due ulteriori post operam nell'aprile e nel settembre 2010. I mesi erano stati stabiliti in sede di riunione con Arpat il 9 settembre 2008 per ottemperare al Decreto e per avere, nel contempo, dati prelevati in stagioni simili, condizione necessaria per poter fare dei confronti temporali.

Tuttavia, il termine lavori di ripristino del porto previsto per l'estate 2009 era stato posticipato fino alla primavera-estate 2010.

Pertanto, il primo survey dopo il termine attività era stato condotto nel giugno 2010.

Infine, sulla base di accordi con ARPAT, il secondo survey post lavori era stato effettuato nel novembre 2010 e non a dicembre come avrebbe previsto il decreto (ossia 6 mesi dopo il survey condotto immediatamente dopo la fine dei lavori). Le attività sono state anticipate per avere un dato più confrontabile con il pre-survey condotto nel settembre 2007.

Si precisa che la suddetta seconda campagna di monitoraggio post operam di cui alla relazione CIBM del marzo 2011 non era stata, per errore, allegata all'istanza di verifica dal proponente Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno Settentrionale.

Al fine del completamento della verifica di ottemperanza della prescrizione o) del D.M. n. 858 del 8 agosto 2005 che prevedeva "..... ed il monitoraggio e la valutazione dello stato del posidonieto prima, durante e dopo i lavori, secondo quanto previsto nella documentazione di progetto e per almeno tre anni dalla fine dei lavori....." è stato necessario procedere con un nuovo survey, eseguito nell'ottobre del 2022, che ha consentito di valutare le condizioni della prateria e che viene in questa relazione descritto nella metodologia e nei risultati di campo e di laboratorio.

La presente relazione costituisce la relazione finale del monitoraggio post operam, presenta quindi i risultati del monitoraggio eseguito in data 4 ottobre 2022, il confronto con i dati precedenti e riporta integralmente in allegato il monitoraggio condotto nel novembre 2010 (secondo survey dopo i lavori) e il confronto dei monitoraggi ante- durante e post-operam.

Il piano di monitoraggio originale prevedeva di investigare la prateria sia attraverso la tecnica del balisage sia attraverso lo studio fenologico.

In particolare erano stati posizionati 10 tondini d'acciaio in prossimità del limite della prateria (tecnica del *balisage*) con lo scopo di verificare nel tempo gli avanzamenti o gli arretramenti del limite del posidonieto.

Inoltre, erano inclusi nell'indagine descrittori strutturali (densità e copertura) e funzionali (fenologia) per valutare lo stato della prateria.

L'indagine prevedeva anche la valutazione dei tassi di sedimentazione tramite profili di sonda multiparametrica e il posizionamento di trappole sedimentarie in prossimità della prateria.

Come meglio descritto di seguito in Introduzione, oggi un piano di monitoraggio finalizzato unicamente ad un confronto specifico tra i dati sarebbe riduttivo per l'elevato tasso di tempo intercorso che impedisce di rilevare relazioni di causa-effetto. Pertanto, il piano di monitoraggio è stato modificato con l'obiettivo principale di valutare lo stato di salute attuale della prateria, unico vero aspetto di interesse, indipendentemente da quanto possa essere accaduto nel passato. Il confronto con i dati precedenti è stato effettuato prendendo in considerazione i principali parametri fenologici della prateria.

2. INTRODUZIONE

Tanto premesso, a distanza di circa 14 anni dalle attività, è stato richiesto al CIBM di verificare lo stato attuale della prateria. A tale proposito si è ritenuto opportuno rivedere sostanzialmente il piano di lavoro, in quanto molti dei parametri investigati nei monitoraggi passati, non consentano confronti che possano identificare relazioni di causalità con le attività di ripristino del porto.

Pertanto, è stato messo a punto un piano di indagine che possa, con analisi più innovative, valutare l'effettivo stato di salute della pianta, prevedendo comunque di ripetere alcune delle analisi fenologiche svolte nei monitoraggi precedenti per avere un confronto con i dati del passato.

Lo studio è stato condotto nei medesimi siti utilizzati in passato e in particolare uno in prossimità del Porto (Stazione 1T) e uno a Cala della Mortola (Stazione 3C) da utilizzare come controllo (sono stati conservati i medesimi nome delle stazioni).

Durante lo studio si è cercato di individuare anche i corpi morti (balise) posizionati nei precedenti monitoraggi. Sebbene la tecnica del *balisage* faccia riferimento al protocollo istituito dalla rete di controllo della Posidonia definito da Boudouresque et al. (2000), la probabilità che dei punti fissi (come per esempio tondini di acciaio) possano essere spostati dall'azione idrodinamica, è molto elevata. Nel nostro caso, la ricerca ha portato al ritrovamento di un solo balise in prossimità dell'area porto (1T) tra i 12 posizionati durante le campagne precedenti (Figura 1), sottolineando le criticità nell' utilizzo di questa tecnica nel monitoraggio su periodi molto lunghi. Il ritrovamento, ci garantisce, però, di aver usato un efficiente sistema di posizionamento.

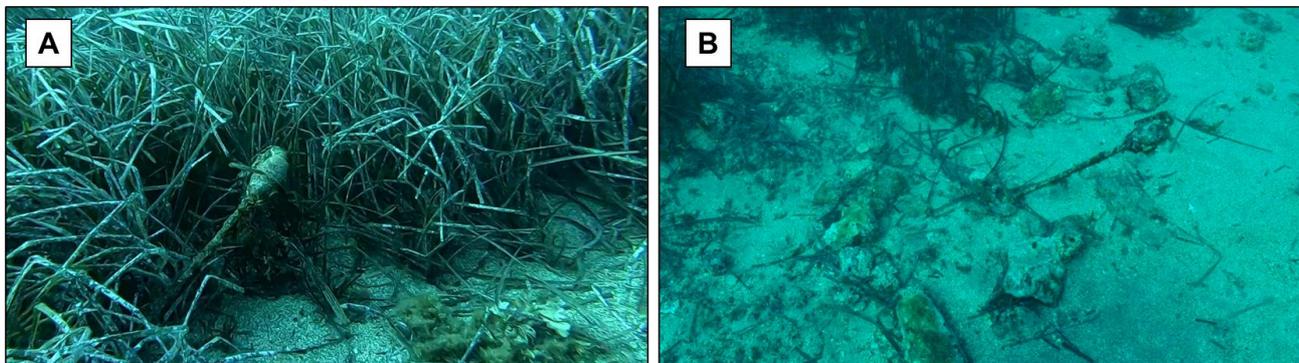


Figura 1. Immagine del balise n. 4 (lato sinistro) relativa al monitoraggio di ottobre 2022 (A) e novembre 2010 (B).

Il nuovo progetto prevede, innanzi tutto, la realizzazione di un video subacqueo nelle aree di indagine, approccio che consente di avere una visione di insieme e attuale della distribuzione del posidonieto facilmente fruibile per le Autorità.

Per quanto riguarda l'indagine sulla prateria, è stata conservata l'analisi fenologica, ma sono stati aggiunti l'indice di Conservazione (Moreno et al., 2001) e l'indice di Sostituzione (Montefalcone et al., 2006) non calcolati nel precedente monitoraggio.

Infine, sono stati introdotti alcuni biomarcatori specifici, al fine di valutare lo stato di salute della pianta.

L'uso dei biomarcatori è di recente introduzione e rappresenta la volontà di sviluppare metodi di biomonitoraggio più efficaci e rapidi rispetto ai quelli tradizionali che consentano di studiare e capire

l'interazione tra un sistema biologico ed un agente ambientale. I biomarcatori nel monitoraggio rappresentano uno strumento diagnostico e prognostico della qualità ambientale. In questo modo si possono fornire indicazioni sullo stato di salute di uno specifico organismo come segnale indicatore di danni potenziali a livello dell'ecosistema. Lo studio di *P. oceanica* si è perciò basato sullo sviluppo e la combinazione di descrittori sensibili e misurabili, in grado di rivelare alterazioni nella pianta come risposta a danni ambientali. Questo approccio è risultato essenziale per il monitoraggio delle praterie. I marcatori attualmente utilizzati danno indicazioni a livello individuale, di popolazione o di comunità, ciascuno con diversa sensibilità. Per questo motivo, è necessaria la combinazione/integrazione di più indicatori per ottenere informazioni significative. In questo progetto sono stati utilizzati quattro biomarcatori specifici a stress ambientali, due fisiologici (contenuto di clorofilla a+b e fenoli) e due biochimici (livelli di perossidazione lipidica (LPO) e capacità antiossidante totale (TAC)), i quali forniscono indicazioni sull'efficienza della pianta e sulle relazioni tra la risposta della stessa alle condizioni ambientali.

3. MATERIALI E METODI

3.1. AREA DI INDAGINE E CAMPIONAMENTO

Il campionamento è stato effettuato il 4 ottobre 2022 in due siti: uno in prossimità del Porto (Stazione 1T) e uno di controllo posto a cala della Mortola (Stazione 3C) (Figura 2).

Nell'area antistante sono state effettuate le riprese con telecamera subacquea.

I siti di studio sono stati collocati su una profondità di circa 15m, secondo il protocollo ISPRA, con caratteristiche simili di esposizione alla luce, inclinazione del substrato, tipologia di fondale, etc.

Per lo studio della prateria in ciascun sito sono state individuate 3 aree distanti tra loro circa 30 metri (1T AI, 1T AII, 1T AIII; 3C AI; 3C AII; 3C AIII) (Tabella 1) con caratteristiche simili di esposizione alla luce, inclinazione del substrato, tipologia di fondale, etc. Il campionamento è stato effettuato ad una profondità di circa 15m e per ciascun'area è stato effettuato il conteggio dei fasci per stimare la densità della prateria, la sua copertura e sono stati prelevati i fasci per lo studio fenologico e i biomarcatori.

In ciascuna area è stato prelevato un campione di sedimento per la caratterizzazione granulometrica e in ciascun sito sono stati prelevati due campioni di acqua (uno superficiale e uno profondo) per la determinazione dei solidi sospesi.

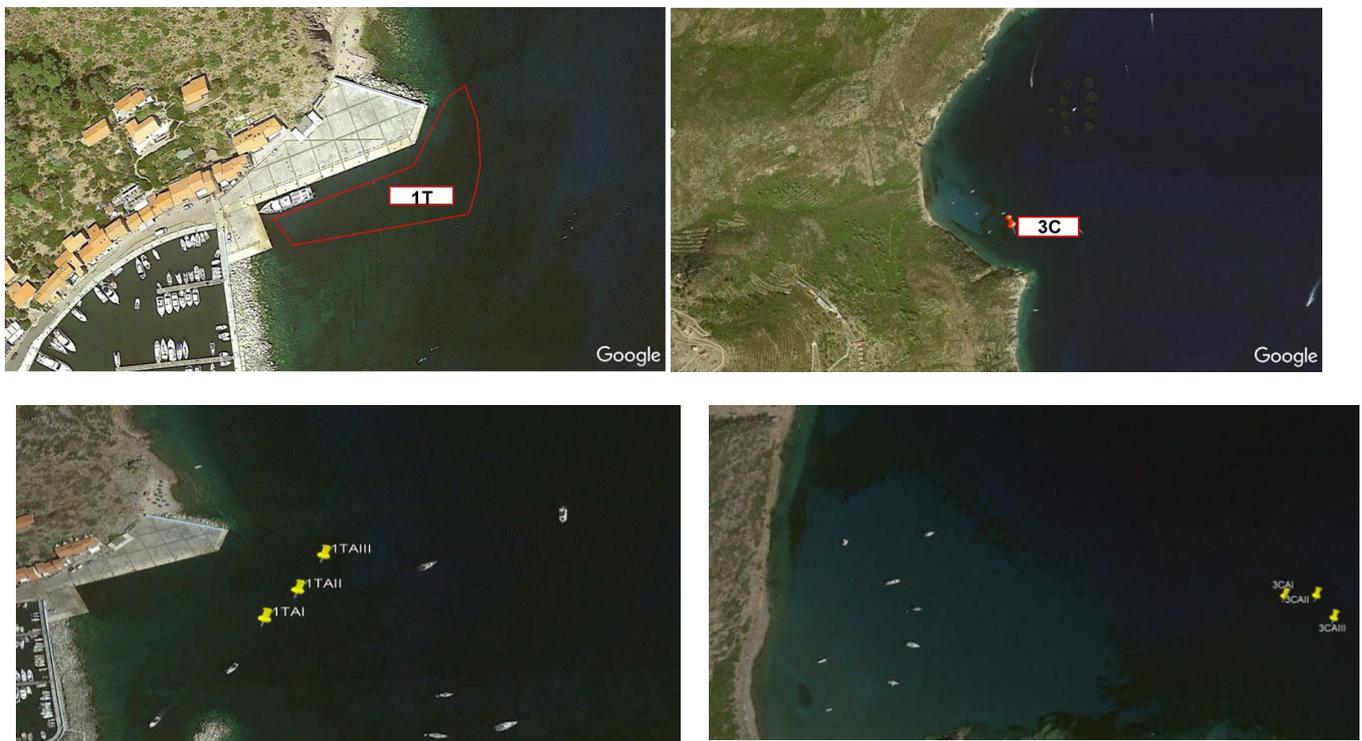


Figura 2. Area di campionamento in prossimità del Porto (1T) (sinistra) e Cala della Mortola (3C) (destra)

Tabella 1. Coordinate delle aree di campionamento. Le aree distano tra loro circa 30 metri.

	Area	Latitudine	Longitudine
Porto (Stazione 1T)	AI	43° 3'4.76"N	9°50'18.28"E
	All	43° 3'5.56"N	9°50'19.17"E
	AIII	43° 3'6.58"N	9°50'19.92"E
La Mortola (Stazione 3C)	AI	43° 4'0.89"N	9°50'12.80"E
	All	43° 4'0.94"N	9°50'14.13"E
	AIII	43° 4'0.22"N	9°50'14.76"E

3.2. RIPRESE VIDEO SUBACQUEE

Le riprese sono state condotte in immersione subacquea utilizzando una Videocamera Go Pro 7 Hero black © in custodia originale dedicata, ad una profondità di circa 15m. La giornata era soleggiata ed il mare calmo, per cui tutte le immagini sono state girate in luce ambiente.

Nel sito Porto il video è stato realizzato in prossimità della stazione 1T, ossia nell'area marina maggiormente influenzata dalle attività di rifacimento della banchina di attracco del traghetto. Il video è stato girato intorno alle ore 17.40 del 4 Ottobre 2022.

Nel sito Cala della Mortola il video è stato girato in prossimità della stazione 3C ossia nell'area marina scelta già nei monitoraggi precedenti, come controllo non influenzato dalle attività di rifacimento della banchina di attracco del traghetto. Tale sito presso Cala della Mortola era stato selezionato, poiché presentava profondità ed un'esposizione simile al sito Porto stazione 1T. Il video è stato girato intorno alle ore 13.00 del 4 Ottobre 2022.

3.3. CARATTERIZZAZIONE GRANULOMETRICA DEI SEDIMENTI E DETERMINAZIONE SOLIDI SOSPESI IN COLONNA D'ACQUA

L'analisi granulometrica è stata condotta secondo ICRAM, Scheda 3 – 2001.

Per la determinazione dei **solidi sospesi**, sono stati prelevati due campioni di acqua uno superficiale e uno profondo, per ciascun'area di campionamento. La determinazione è stata condotta seguendo il metodo *Apat CNR IRSA 2090 B Man 29 2003*.

3.4. MONITORAGGIO POSIDONIA OCEANICA

Classificazione delle praterie sulla base della densità (numero di fasci/m²)

La densità rappresenta uno dei macrodescrittori più usati nelle indagini sullo stato delle praterie di *P. oceanica*. La stima della densità è stata effettuata in accordo con quanto riportato da Panayotidis et al. (1981), riportando i conteggi dei fasci fogliari al metro quadrato. Tra i criteri di classificazione basati sulla densità e riportati in letteratura è stato utilizzato sia quello indicato da Giraud (1977) (Tabella 2) che quello proposto da Pergent et al. (1995) (Tabella 3); quest'ultimo, a differenza del criterio di classificazione utilizzato da Giraud (1977), tiene conto della variazione della densità lungo il gradiente batimetrico.

Tabella 2. Classificazione delle praterie in base alla densità dei fasci

Classe	Densità dei fasci	Stima di densità
I	oltre 700 fasci/m ²	Prateria molto densa
II	da 400 a 700 fasci/m ²	Prateria densa
III	da 300 a 400 fasci/m ²	Prateria rada
IV	da 150 a 300 fasci/m ²	Prateria molto rada
V	da 50 a 150 fasci/m ²	Semiprateria

Tabella 3. Classificazione della densità delle praterie in funzione della profondità. DA: densità anormale; DSI: densità sub-normale inferiore; DN: densità normale (in grigio); DSS: densità sub-normale superiore

Prof	DA	DSI	DN	DSS	Prof	DA	DSI	DN	DSS
1	← 822	↔ 934	↔ 1158	→	21	← 48	↔ 160	↔ 384	→
2	← 646	↔ 758	↔ 982	→	22	← 37	↔ 149	↔ 373	→
3	← 543	↔ 655	↔ 879	→	23	← 25	↔ 137	↔ 361	→
4	← 470	↔ 582	↔ 806	→	24	← 14	↔ 126	↔ 350	→
5	← 413	↔ 525	↔ 749	→	25	← 4	↔ 116	↔ 340	→
6	← 367	↔ 479	↔ 703	→	26		↔ 106	↔ 330	→
7	← 327	↔ 439	↔ 663	→	27		↔ 96	↔ 320	→
8	← 294	↔ 406	↔ 630	→	28		↔ 87	↔ 311	→
9	← 264	↔ 376	↔ 600	→	29		← 78	↔ 302	→
10	← 237	↔ 349	↔ 573	→	30		← 70	↔ 294	→
11	← 213	↔ 325	↔ 549	→	31		← 61	↔ 285	→
12	← 191	↔ 303	↔ 527	→	32		← 53	↔ 277	→
13	← 170	↔ 282	↔ 506	→	33		← 46	↔ 270	→
14	← 151	↔ 263	↔ 487	→	34		← 38	↔ 262	→
15	← 134	↔ 246	↔ 470	→	35		← 31	↔ 255	→
16	← 117	↔ 229	↔ 453	→	36		← 23	↔ 247	→
17	← 102	↔ 214	↔ 438	→	37		← 16	↔ 240	→
18	← 88	↔ 200	↔ 424	→	38		← 10	↔ 234	→
19	← 74	↔ 186	↔ 410	→	39		← 3	↔ 227	→
20	← 61	↔ 173	↔ 397	→	40		←	↔ 221	→

Indagine fenologica e calcolo degli indici di Conservazione e Sostituzione

Per l'**analisi fenologica** in ciascuna stazione sono stati prelevati in immersione 6 fasci fogliari per area di campionamento, per un totale di 18 fasci fogliari per sito. I campioni così costituiti sono stati fissati in una soluzione di acqua di mare e formaldeide al 4% e trasportati in laboratorio.

La suddivisione delle foglie per classi di età è stata condotta definendo come adulte le foglie che presentano una base evidente distinta dal lembo, intermedie quelle senza base e giovanili le foglie senza base di lunghezza inferiore ai 5 cm.

Nello studio fenologico le variabili considerate sono:

- n° medio di foglie per fascio
- lunghezza media delle foglie (adulte e totale)
Inoltre sono stati calcolati secondo Buia *et al.* (2003):
- Superficie fogliare media per fascio (cm²)

- Superficie media di tessuto bruno

Per stabilire lo stato di salute della prateria sono stati, inoltre, calcolati l'**Indice di Conservazione** (Moreno et al., 2001; Montefalcone, 2009) e l'**Indice di Sostituzione** (Montefalcone, 2009). Questi indici si basano sulla morfologia generale delle praterie e sul rapporto con le specie invasive.

Indice di Conservazione (I.C.): è dato da una valutazione del rapporto tra la percentuale di superficie ricoperta da *P. oceanica* viva (L) rispetto a quella costituita da matte morta (D) e fornisce la scala di giudizi di seguito indicata (Moreno et al., 2001; Montefalcone, 2009) (Tabella 4):

Tabella 4. Scala di giudizio dell'Indice di Conservazione

Classi di conservazione	Intervallo di classe	Stato di conservazione
Classe 1	C.I.<0.3	pessimo
Classe 2	0.3<C.I.<0.5	cattivo
Classe 3	0.5<C.I.<0.7	moderato
Classe 4	0.7<C.I.<0.9	buono
Classe 5	C.I.≥0.9	elevato

Indice di Sostituzione (I.S.): misura il grado di invasione della prateria da parte di specie aliene sostitutive tramite la seguente formula:

$$I.S. = C_n / (P_o + C_n)$$

$$C_n = \% C. nodosa \text{ e } P_o = \% P. oceanica$$

Tale indice fornisce la scala di giudizio riportata in Tabella 5

Tabella 5. Scala di giudizio dell'Indice di Sostituzione

Classi di sostituzione	Intervallo di classe	Sostituzione
Classe 1	S.I.<0.1	limitata
Classe 2	0.1<S.I.<0.25	bassa
Classe 3	0.25<S.I.<0.4	moderata
Classe 4	0.4<S.I.<0.7	significativa
Classe 5	S.I.≥0.7	elevata

3.5. ANALISI BIOMARCATORI

La produzione primaria operata dalle fanerogame marine, ovvero il tasso di carbonio assimilato attraverso i processi fotoautotrofi, svolge un ruolo chiave nei sistemi costieri ed è per questo che le ricerche ecologiche si concentrano molto sulla sua determinazione. Allo stesso modo, conoscere lo stato di salute di una pianta attraverso indicatori responsivi a stress specifici è fondamentale per ottenere informazioni sullo stato di salute dell'intera prateria. Recenti sviluppi in questo senso si sono avuti grazie a tecniche di fluorimetria condotta con strumenti di laboratorio. A tal fine, è stata scelta una batteria di marcatori che permettesse di stimare da un lato la produzione primaria di *P. oceanica* a partire dal contenuto di clorofilla e fenoli (risposte fisiologiche) e dall'altro di valutare lo stato di stress della stessa (risposte biochimiche). Per ogni sito, sono state effettuate 6 repliche (2 repliche per ogni area), per un totale di 12 campioni.

Marcatori fisiologici

Contenuto di Clorofilla a+b: per questa analisi si è fatto riferimento al protocollo proposto da Agawin et al. (1996) e recentemente adattato per *P. oceanica* da García-Márquez et al. (2022). Per ogni replica, è stato prelevato circa 3 cm² di tessuto fogliare (corrispondenti a circa 0.3 g di peso fresco) da una foglia intermedia privata da epifiti tramite l'utilizzo di una lametta metallica. La porzione di tessuto è stata quindi misurata, pesata, sminuzzata finemente, tritata con pestello e mortaio e, infine, riposta in una provetta alla quale è stata aggiunta una soluzione di etanolo al 96% e conservata al buio per 12 ore. Successivamente, l'estratto è stato centrifugato a 2800 × g per 10 minuti e tramite l'utilizzo dello spettrofotometro Synergy HT (BioTek@Inc.), sono stati registrati i valori di assorbanza a 665 e 649 nm. Il contenuto di clorofilla (a+b) è stato determinato secondo la seguente formula:

$$\text{chl a+b (ug/mL)} = (6.1 * \text{abs}_{665\text{nm}}) + (20.04 * \text{abs}_{649\text{nm}})$$

abs= valore di assorbanza a 665 e 649 nm, rispettivamente

Contenuto di fenoli totali: per la determinazione del contenuto in fenoli il protocollo eseguito è stato quello proposto da Singleton et al. (1999) e recentemente adattato per *P. oceanica* da García-Márquez et al. (2022): a 10 µL di estratto vegetale sono stati aggiunti 10 µL di 2N reagente di Folin-Ciocalteu, 50 µL di 20% (w/v) di carbonato di sodio (Na₂CO₃) e 250 µL di H₂O distillata. Il campione è stato quindi lasciato in incubazione a temperatura ambiente per 90 minuti. Al termine dell'incubazione si è proceduto alla determinazione spettrofotometrica della reazione colorimetrica che si sviluppa dall'interazione tra il reagente di Folin-Ciocalteu e l'estratto alla lunghezza d'onda di 760 nm. Per il calcolo del contenuto in fenoli totali, è stata necessaria la determinazione di una curva di taratura ottenuta da concentrazioni note di tirosina. L'equazione della curva è la seguente:

$$y = 0.01146x - 0.01515$$

y= valore di assorbanza a 760 nm
x= µg di tirosina

Marcatori biochimici

Perossidazione lipidica (*LPO*): per questa analisi si è fatto riferimento al protocollo proposto da Hodges et al. (1999) e recentemente adattato per *P. oceanica* da Costa et al. (2015). Per ogni replica, è stato prelevato circa 100 mg di tessuto fogliare fresco a partire da una foglia intermedia privata da epifiti tramite l'utilizzo di una lametta metallica. La porzione di tessuto è stata quindi misurata, pesata, sminuzzata finemente, tritata con

pestello e mortaio e, infine, riposta in una provetta alla quale è stata aggiunta una soluzione di etanolo all' 80%. Successivamente, l'estratto è stato omogenizzato e centrifugato a 3000 ×g per 10 minuti a 4 °C. Dall'estratto grezzo, è stato quindi prelevato 1 ml di surnatante al quale è stata aggiunta 1 ml di soluzione contenente acido tricloroacetico (TCA) al 20%, acido tiobarbiturico (TBA) al 0.65% e 0.01% butilidrossitoluene (BHT). La soluzione è stata scaldata a 90°C per 25 minuti e successivamente e tramite l'utilizzo dello spettrofotometro Synergy HT (BioTek®Inc.), sono stati registrati i valori di assorbanza a 440, 532 e 600 nm.

Capacità antiossidante totale (TAC): la capacità antiossidante totale è stata misurata attraverso la riduzione del complesso di Fe (III) in Fe (II) (metodo FRAP, acronimo di "Ferric Ion Reducing Antioxidant Power" proposto da Benzie e Strain (1996)). Per ogni replica, è stato prelevato circa 100 mg di tessuto fogliare fresco a partire da una foglia intermedia privata da epifiti tramite l'utilizzo di una lametta metallica. La porzione di tessuto è stata quindi misurata, pesata, sminuzzata finemente, tritata con pestello e mortaio e, infine, riposta in una provetta alla quale è stata aggiunta una soluzione tampone composta da 50 mM Tris-HCl, 1 mM EDTA a pH 7.5. Successivamente, l'estratto è stato omogenizzato e centrifugato a 9000 ×g per 10 minuti a 4 °C. Dall'estratto grezzo, è stato quindi prelevato 20 µl di surnatante al quale è stata aggiunta una soluzione composta da cloruro ferrico (2 mM) e 2,4,6-Tris(2-pyridyl)-s-triazine (TPTZ) a pH 3.6. La soluzione è stata quindi incubata a temperatura ambiente per 30 minuti e tramite l'utilizzo dello spettrofotometro Synergy HT (BioTek®Inc.), sono stati registrati i valori di assorbanza a 593 nm. I valori sono stati espressi per mg di contenuto proteico.

4. RISULTATI E DISCUSSIONE

4.1. RIPRESE VIDEO SUBACQUEE

Commento al video girato nell'area marina antistante il porticciolo presso la Banchina di attracco dei traghetti

Il monitoraggio è stato effettuato ad una profondità di circa 15 m nelle immediate vicinanze della banchina. Nel video si può osservare la presenza di uno dei picchetti utilizzati, nei monitoraggi precedenti, per il balisage (vedi **Foto**), ma a causa della mancanza di punti di riferimento e per l'elevato lasso di tempo intercorso, non può essere identificato in maniera univoca. I balise nella stazione T1, erano ricurvi e presentavano un galleggiante dove era stato impresso il numero progressivo che li contrassegnava da 1 a 10. Ovviamente visto il lasso temporale trascorso il numero sul galleggiante non è più visibile. Nel medesimo video è ancora visibile il picchetto utilizzato, in corrispondenza del Balise numero 5, come supporto per la trappola sedimentaria posizionata in questa stazione di monitoraggio. La prateria di posidonia presente nell'area risultava non molto folla, ma comunque con copertura "continua" (intorno al 80%) sviluppata prevalentemente su substrato sabbioso arricchito da una cospicua presenza di massi. La presenza di parte di queste rocce è verosimilmente riconducibile ai lavori di costruzione del porto. La prateria in quella zona costituisce una fascia più o meno continua tra i 10 ed i 15m. Non si osserva la presenza né di matte morta né di alghe invasive. Come già accennato per la stazione presso Cala della Mortola anche qui le foglie adulte risultano molto epifitate come avviene tipicamente nella stagione tardo estiva. In questo caso lo scalzamento dei rizomi osservato alla Mortola non è stato rilevato.



Foto tratta dal video raffigurante il picchetto ritrovato risalente al Balisage posizionato nel monitoraggio ante operam.

Commento al video girato nel sito denominato "3C" Cala della Mortola

Anche in questo sito si possono osservare resti del monitoraggio precedente a testimonianza di un preciso sistema di posizionamento. In particolare è stato ritrovato uno dei picchetti utilizzati per il posizionamento delle trappole sedimentarie a testimonianza del fatto che anche in questo survey dati sulla prateria di posidonia sono stati acquisiti nel medesimo sito dove erano stati effettuati i monitoraggi precedenti. In questo sito non era stata utilizzata la tecnica del balisage ed i picchetti erano stati utilizzati unicamente per sostenere le trappole sedimentarie. Tali picchetti, a differenza di quelli posizionati per il balisage nell'area T1, non erano ricurvi e non presentavano il galleggiante dove era stato impresso il numero progressivo che li contrassegnava.

In questa area alla profondità di circa 16-17 m la prateria risultava poco folla con copertura "a chiazze" (intorno al 70%) sviluppata su substrato sabbioso. Lo scalzamento dei rizomi in tutta l'area sembrava piuttosto evidente anche 20-30cm. Non è stata osservata la presenza di matte o di alghe invasive. Le foglie adulte risultavano molto epifitate come avviene tipicamente durante la stagione tardo estiva e autunnale.

4.2. CARATTERIZZAZIONE GRANULOMETRICA DEI SEDIMENTI E DETERMINAZIONE SOLIDI SOSPESI IN COLONNA D'ACQUA

In tabella 6 sono riportati i risultati delle principali frazioni granulometriche e i relativi pesi specifici. In tutte le aree domina la componente sabbiosa. A Cala della Mortola è stata rilevata una significativa presenza di componente ghiaiosa non rilevata nel sito Porto.

Tabella 6. Percentuali delle principali frazioni granulometriche e pesi specifici dei sedimenti

	Area	Ghiaia \pm incertezza (%)	Sabbia \pm incertezza (%)	Frazione < 63 μ m \pm incertezza (%)	Peso specifico δ_s (g/cm ³)
Porto 1T	AI	11.1 \pm 1.3	88.9 \pm 1.4	0.0 \pm 0.6	n.d
	All	5.6 \pm 0.9	94.4 \pm 1.1	0.0 \pm 0.6	n.d
	AIII	14.0 \pm 1.5	86.0 \pm 1.6	0.0 \pm 0.6	n.d
Cala Mortola 3C	AI	25.4 \pm 2.1	74.3 \pm 1.9	0.3 \pm 0.6	n.d
	All	21.2 \pm 1.9	78.8 \pm 1.7	0.0 \pm 0.6	n.d
	AIII	46.3 \pm 2.9	53.7 \pm 2.3	0.0 \pm 0.6	n.d

In tabella 7 sono riportati i risultati relativi ai solidi sospesi. I valori sono del tutto confrontabili tra loro.

Tabella 7: Concentrazione di solidi sospesi rilevati a due profondità per ciascun sito di indagine.

	Profondità	Solidi sospesi (mg/l)
Porto 1T	Superficiale	6.7
	Profondo	5.9
Cala Mortola 3C	Superficiale	6.5
	Profondo	6.7

4.3. MONITORAGGIO *POSIDONIA OCEANICA*

4.3.1. Descrizione dei siti di indagine

Sito Porto Stazione 1T

Descrittori macroscopici

Nella stazione denominata 1T, il monitoraggio è stato eseguito percorrendo il limite della prateria parallelo al molo di attracco del traghetto. A ridosso della banchina il substrato è risultato essere costituito da massi, ciottoli e pietrame, di evidente origine antropica dovuta alla costruzione della banchina. La prateria ha cominciato ad estendersi allontanandosi dalla banchina fino a circa 18/20 metri di profondità. In tabella 8 sono riportati alcuni descrittori macroscopici e i conteggi dei fasci effettuati utilizzando i quadrati di 50 cm di lato.

Tabella 8. Descrittori macroscopici e conteggi dei fasci (Porto stazione 1T).

Descrittore	Risultato
TIPO DI SUBSTRATO	Sabbia
CONTINUITÀ DELLA PRATERIA	(1) Continua, (0) Discontinua nella porzione a NE
% MATTE MORTA	0,20% in prossimità del limite
% <i>C. RACEMOSA</i>	0.0%
% <i>C. NODOSA</i>	0.0%
RICOPRIMENTO <i>P. OCEANICA</i>	80%
CONTEGGI FASCI (QUADRATO 50 CM DI LATO)	Area I, profondità 16 m. (78/95/69)
	Area II, profondità 16 m (56/86/52)
	Area III, profondità 15,8 m (75/58/71)

Indagine fenologica e indici di Conservazione e Indice di Sostituzione

Nella seguente tabella sono riportati i principali parametri fenologici rilevati nelle tre aree di indagine.

Tabella 9. Descrittori fenologici (Porto stazione 1T).

	Numero foglie per fascio	Lunghezza totale media delle foglie (cm)	Tessuto Bruno (cm)	Sup fogliare per fascio (cm ²)	Numero fasci/m ²	Sup fogliare/m ²
A1	8+1,1	18,7+3,64	3,88+2,94	136,87+26,88	322,67	44162,85
A2	7,83+0,41	24,28+3,68	11,22+4,73	173,08+37,73	258,67	44768,73
A3	6,33+0,82	24,2+5,65	11,35+3,53	139,53+45,77	272,00	37951,71

Il numero di fasci per metro quadrato oscilla tra 258,6 e 322,67 che, secondo la classificazione di Giraud (1977) indica la presenza di una prateria rada o molto rada. Secondo la classificazione di Pergent et. (1995) la prateria di trova in equilibrio con densità normali. Non sono state rilevate differenze statisticamente significative tra le tre aree indagate ($p=0.4$) (one-way ANOVA, GraphPad Prism version 6.00 for Windows, GraphPad Software, La Jolla California USA, www.graphpad.com).

L'assenza di specie sostitutive e di matte morta non consente di calcolare gli indici corrispondenti (indice di Sostituzione e indice di Conservazione). Si evince però che la prateria si trova in un elevato stato di conservazione e non è minacciata da specie aliene o invasive.

Sito Cala della Mortola Stazione 3C

Descrittori macroscopici

L'ambiente è caratterizzato da una prateria a *P. oceanica* che si interrompe intorno ai 18 metri; verso il largo il substrato è risultato essere caratterizzato da sedimento sabbioso con una pendenza piuttosto ripida. Sono state acquisite informazioni su alcuni descrittori riportate in tabella 9.

Tabella 10. Valori di densità e stime visive della stazione 3C

Descrittore	Metodologia
TIPO DI SUBSTRATO	Sabbia organogena
CONTINUITÀ DELLA PRATERIA	(1) Continua
% MATTE MORTA	0.0%
% <i>C. RACEMOSA</i>	0.0%
% <i>C. NODOSA</i>	0 all'interno della prateria; 50% sulla frazione sabbiosa
RICOPRIMENTO <i>P. OCEANICA</i>	70%
DENSITÀ (QUADRATO 50CM * 50 CM)	Area I, profondità 16,8 mt. 48/48/40
	Area II, profondità 17,3 mt. 58/47/40
	Area III, profondità 17 mt. 45/35/47

Indagine fenologica e indici di Conservazione e Indice di Sostituzione

Nella seguente tabella sono riportati i principali parametri fenologici rilevati nelle tre aree di indagine.

Tabella 11. Descrittori fenologici (Cala Mortola stazione 1T).

	Numero foglie per fascio	Lunghezza totale media delle foglie (cm)	Tessuto Bruno (cm)	Sup fogliare per fascio (cm2)	Numero fasci/m2	Sup fogliare/m2
A1	5,83+1,6	25,28+9,66	15,53+5,17	128,87+69,35	181,33	23367,52
A2	6,33+0,82	18,88+2,77	25,68+10,51	143,17+31,91	193,33	27678,57
A3	5,83+0,98	18,46+4,68	21,11+4,55	127,5+39,03	169,33	21590,56

Il numero di fasci per metro quadrato oscilla tra 169,3 e 193,3 che, secondo la classificazione di Giraud (1977) indica la presenza di una prateria molto rada. Secondo la classificazione di Pergent et. (1995) la prateria di trova in equilibrio con densità normali. Non sono state rilevate differenze statisticamente significative tra le tre aree indagate ($p=0.6$) (one-way ANOVA, GraphPad Prism version 6.00 for Windows, GraphPad Software, La Jolla California USA, www.graphpad.com).

L'assenza di specie sostitutive e di matte morta non consente di calcolare gli indici corrispondenti (indice di Sostituzione e indice di Conservazione). Si evince però che la prateria si trova in un elevato stato di conservazione e non è minacciata da specie aliene o invasive. Si segnala unicamente la presenza della pianta marina *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson, 1870 nelle aree caratterizzate dalla presenza di sabbia.

4.3.2. Confronti tra Cala della Mortola e il Porto

Dal confronto complessivo tra la Mortola e il Porto emerge, come unica differenza significativa, il numero medio di foglie per fascio. In particolare, questa variabile è più elevata nell'area marina antistante il porto.

Non ci sono differenze significative nella lunghezza fogliare e nella superficie fogliare.

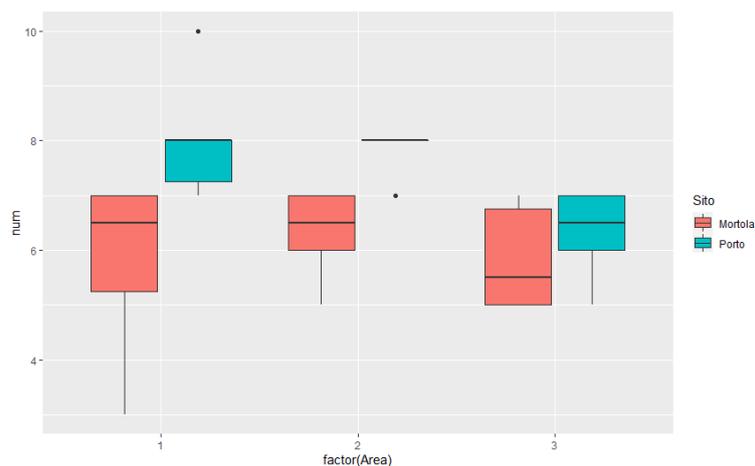
I valori sono stati testati tramite 3-way ANOVA.

Di seguito i risultati di questo test.

Numero di foglie per fascio

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Sito	1	17.36	17.361	16.183	0.000343 ***
Fascio	1	0.69	0.688	0.641	0.429296
Sito:Area	2	8.33	4.167	3.884	0.031245 *
Residuals	31	33.26	1.073		

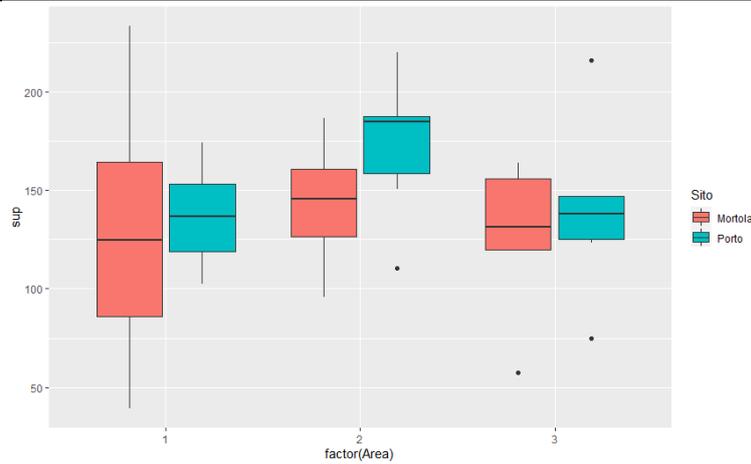
Segue il boxplot che visualizza la distribuzione del numero di foglie per fascio per la variabile Area gerarchizzata in Sito.



Superficie fogliare (per fascio)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Sito	1	2494	2493.8	1.222	0.277
Fascio	1	460	460.1	0.225	0.638
Sito:Area	2	27	13.4	0.007	0.993
Residuals	31	63268	2040.9		

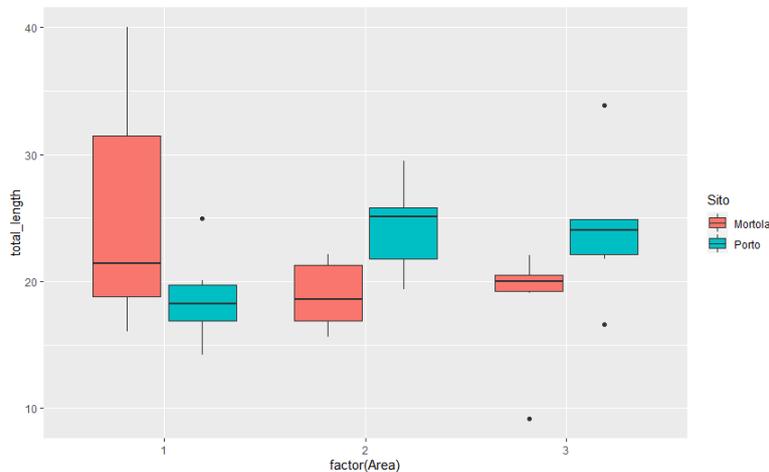
Segue il box plot che visualizza la distribuzione della superficie fogliare (cm²) per la variabile Area gerarchizzata in Sito.



Lunghezza fogliare totale

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Sito	1	20.8	20.84	0.664	0.4212
Fascio	1	3.3	3.34	0.107	0.7463
Sito:Area	2	229.7	114.84	3.661	0.0374 *
Residuals	31	972.3	31.37		

Segue il box plot che visualizza la distribuzione della lunghezza fogliare totale (cm) per la variabile Area gerarchizzata in Sito.



4.3.3. Confronti con i monitoraggi precedenti (dati fenologici)

Nel complesso le praterie investigate mostrano valori di ricoprimento paragonabili rispetto ai monitoraggi precedenti. Lo studio attuale, avendo previsto di indagare 3 aree (A1, A2, A3) per ciascun sito (Porto e Cala della Mortola) consente anche di stimare la variabilità a piccola scala non investigata nei monitoraggi passati.

Pertanto, anche i valori di ricoprimento apparentemente leggermente inferiori, rispecchiano una maggior superficie di area indagata all'interno della quale sono presenti radure sabbiose, sotto stimante nel caso di assenza di repliche spaziali, che abbassano tali valori.

Dal confronto con le densità (ossia il numero di fasci fogliari per unità di superficie), emerge che i cambiamenti maggiori sono avvenuti presso Cala della Mortola dove, nell'ottobre 2022, si registra un effettivo calo di densità. Al contrario,

nell'area antistante il porto i valori di densità risultano del tutto confrontabili o maggiori rispetto a quelli osservati durante i lavori e nel primo survey post lavori. Come osservato nel Bianco (ossia l'indagine precedente alle attività di ripristino del porto i dati di densità consentono di definire la prateria in stato normale secondo la classificazione di Pergent et al., 1995. Il numero medio di foglie per fascio rilevato presso Cala della Mortola è in linea o inferiore ai dati acquisiti nei monitoraggi post lavori e pertanto tendenzialmente inferiori rispetto al Bianco.

Al contrario il numero medio di foglie per fascio rilevato presso 1T (ossia davanti al porto) è maggiore rispetto ai survey condotti durante o post lavori ed in linea con i dati del Bianco.

La superficie fogliare media per fascio rilevata a Cala della Mortola è in linea o inferiore a quella registrata nel novembre 2010 e pertanto inferiore al Bianco.

Al contrario, nella stazione antistante il porto (1T) la superficie fogliare risulta aumentata rispetto ai survey condotti durante e dopo i lavori. Essa risulta confrontabile (A2) o addirittura maggiore (A1, A3) rispetto al Bianco.

Nel complesso, pertanto, i dati fenologici consentono di affermare che nell'area antistante il porto *P. oceanica* ha recuperato le condizioni iniziali.

Al contrario, l'area presso la Mortola rileva alcuni, seppur modesti, segnali di peggioramento rispetto al settembre 2007.

4.4. ANALISI BIOMARCATORI

Marcatori fisiologici

In figura 3 sono riportati i risultati riguardanti il contenuto di clorofilla totale (a+b) e di fenoli in campioni di *P. oceanica* prelevati dal sito 1T e 3C. Come si evince dal grafico, non sono state riscontrate differenze statisticamente significative tra i due siti di campionamento. Tale risultato suggerisce che ad oggi l'efficienza della pianta non rivela effetti riconducibili ad attività antropiche.

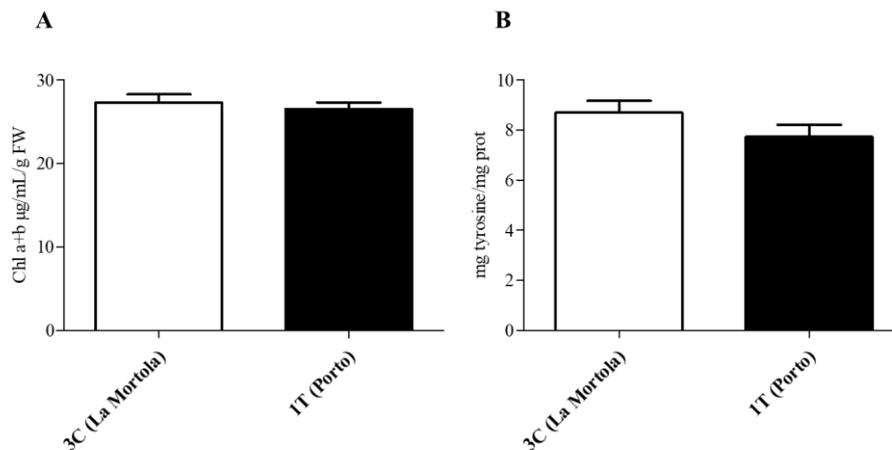


Figura 3. A. Concentrazione totale di clorofilla (a+b) espressa in µg/mL/g peso fresco (FW); **B.** Contenuto di molecole fenoliche espresso in mg tyrosine/mg proteina (prot) di campioni di *P. oceanica* prelevati in 3C (La Mortola) e 1T (Porto). I valori sono riportati come media ± deviazione standard. Differenze statisticamente significative (t-test) sono indicate con asterisco ($p < 0.05$ *; $p < 0.01$ **, $p < 0.001$ ***).

Marcatori biochimici

In figura 4 sono riportati i risultati dei livelli di danno cellulare espressi come perossidazione dei lipidi di membrana (LPO) e alterazione della capacità di difesa antiossidante espressa come capacità antiossidante totale (TAC) (Figura 4). Nonostante dal grafico si evinca un leggero aumento dei livelli di danno cellulare e di inibizione delle difese antiossidanti in campioni prelevati dal sito portuale (1T), l'analisi statistica non rivela differenze statisticamente significative tra i due siti. Tale risultato conferma l'assenza di alterazioni dello stress ossidativo riconducibili ad attività antropiche.

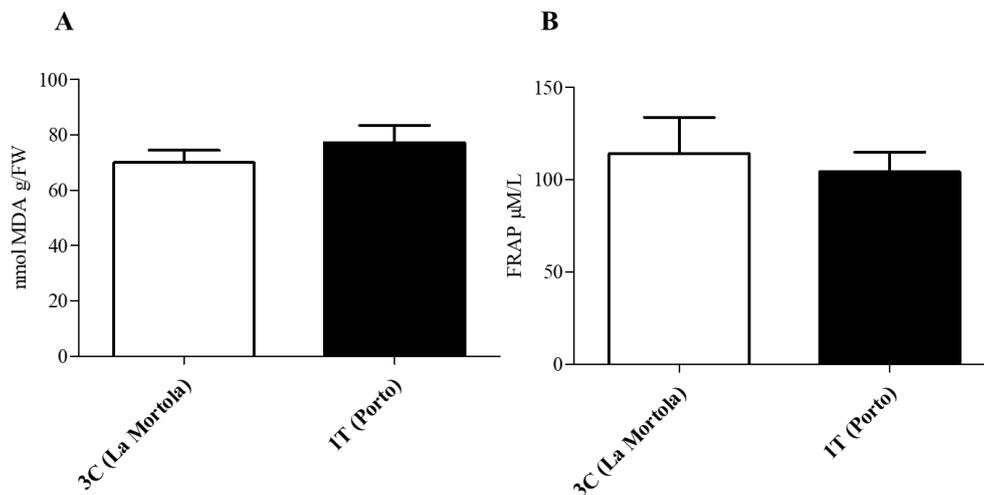


Figura 4. A. Perossidazione lipidica (LPO) espressa come nmol MDA/g peso fresco (FW); **B.** Capacità antiossidante totale (TAC) espressa come FRAP µM/L di campioni di *P. oceanica* prelevati presso il sito 3C (La Mortola) e 1T (Porto). I valori sono riportati come media ± deviazione standard. Differenze statisticamente significative (t-test) sono rappresentate con segno grafico asterisco ($p < 0.05$ *; $p < 0.01$ **, $p < 0.001$ ***).

5. CONCLUSIONI

I due siti investigati (Porto e Cala della Mortola) sono caratterizzati dalla presenza di una estesa prateria di *Posidonia oceanica* con elevate percentuali di copertura seppur con modesti valori di densità. Le praterie, secondo Giraud (1977) sono infatti classificabili come rade o addirittura molto rade (nel caso della Mortola), fatto già emerso dai monitoraggi precedenti condotti prima delle attività di ripristino del porto (settembre 2007), durante (aprile 2008) e dopo i lavori ossia nel giugno e novembre 2020.

Tuttavia, secondo la più recente classificazione di Pergent et al. (1995), che tiene conto anche della profondità, le praterie sono da ritenersi in equilibrio con densità normali.

Entrambe si sviluppano su un substrato sabbioso in assenza di matte, fatto che secondo l'indice di Conservazione, fa classificare tali prateria in stato Elevato.

Anche l'assenza di specie invasive/sostitutive consente un giudizio di qualità elevata ed esclude la presenza di minacce da parte di specie competitive.

Dall'analisi fenologica non sono emerse differenze sostanziali tra le due praterie, ma nel complesso quella portuale appare in migliori condizioni rispetto a quella di Cala della Mortola.

Anche dal confronto con i dati dei monitoraggi precedenti emerge che la prateria antistante il porto si trova in condizioni paragonabili o leggermente migliori rispetto al settembre 2007, ossia prima dei lavori.

Al contrario, la prateria presente a Cala della Mortola mostra, seppur modesti, segnali di peggioramento delle caratteristiche fenologiche.

Anche i marcatori sia fisiologici sia biochimici confermano che la pianta presente nell'area marina antistante il porto non mostra segnali di sofferenza e da questo punto di vista non mostra differenze rispetto a quella presente a Cala della Mortola.

Nel complesso il confronto con i dati del passato non consente di identificare delle dirette relazioni causa-effetto in quanto, come dimostrano i dati di Cala della Mortola sicuramente non soggetta agli effetti delle attività di ripristino del porto, nel periodo di tempo intercorso possono essere accaduti altri eventi ad oggi non quantificabili.

I dati, però, consentono di affermare che la prateria del sito Porto, nel suo complesso e le piante che la costituiscono non mostrano segnali di alterazione né fisiologici né biochimici e le caratteristiche fenologiche non risultano alterate rispetto al 2007 ossia prima delle attività di ripristino del porto.

Tale risultato indica che ad oggi non ci sono ripercussioni di attività antropiche pregresse nel loro complesso sulla prateria antistante l'area portuale.

6. BIBLIOGRAFIA

- Agawin, N.S.R., Duarte, C.M., Fortes, M.D. (1996). Nutrient limitation of Philippine seagrasses (Cape Bolinao, NW Philippines): in situ experimental evidence. *Marine Ecology Progress Series* 138, 233–243.
- Benzie, I. F. Strain, J. J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Analytical biochemistry* 239(1), 70-76.
- Boudouresque C.F., Charbonnel E., Meinesz A., Pergent G., Pergent-Martini C., Cadiou G., Bertrand M.C., Foret P., Ragazzi M., Rico-Raimondino V. (2000). A monitoring network based on the seagrass *Posidonia oceanica* in the northwestern Mediterranean Sea. *Biologia Marina Mediterranea* 7, 328-331.
- Costa M.M., Barrote I., Silva J., Olivé I., Alexandre A., Albano S., Santos, R. (2015). Epiphytes modulate *Posidonia oceanica* photosynthetic production, energetic balance, antioxidant mechanisms, and oxidative damage. *Frontiers in Marine Science* 2, 111.
- García-Márquez, M.G., Fernández-Juárez, V., Rodríguez-Castañeda, J.C., Agawin, N.S. (2021). Response of *Posidonia oceanica* (L.) Delile and its associated N₂ fixers to different combinations of temperature and light levels. *bioRxiv*.
- Giraud, G. (1977). Essai de classement des herbiers de *Posidonia oceanica* (Linné) Delile.
- Hodges D.M., DeLong J.M., Forney C.F., Prange R.K. (1999). Improving the thiobarbituric acid-reactive-substances assay for estimating lipid peroxidation in plant tissues containing anthocyanin and other interfering compounds. *Planta* 207,604–611.
- Montefalcone M., Albertelli G., Bianchi C.N., Mariani M., Morri C. (2006). A new synthetic index and a protocol for monitoring the status of *Posidonia oceanica* meadows: a case study at Sanremo (Ligurian Sea, NW Mediterranean). *Aquatic conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 16, 29-42.
- Moreno D., Aguilera P., Castro H. (2001). Assessment of the conservation status of seagrass (*Posidonia oceanica*) meadows: implications for monitoring strategy and the decision-making process. *Biological Conservation* 102, 325–332.
- Morri, C. (1991). Presentation d'un indice synthétique pour l'évaluation de l'épiphytisme foliaire chez *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *Posidonia Newslett* 4 (1), 33–37.
- Panayotidis, P., Boudouresque, C. F., & Marcot-Coqueugnot, J. (1981). Microstructure de l'herbier de *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile. Microstructure of *Posidonia oceanica* (Linnaeus) beds.
- Pergent, G., Pergent-Martini, C., Boudouresque, C.F. (1995). Utilisation de l'herbier à *Posidonia oceanica* comme indicateur biologique de la qualité du milieu littoral en Méditerranée: Etat des connaissances. *Méso-gée* 54, 3–29.
- Singleton, V.L., Orthofer, R., Lamuela-Raventós, R. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology* 299, 152–178. doi: 10.1016/S0076-6879(99)99017-1

7. ALLEGATI

Monitoraggio *Posidonia oceanica* nell'area marina antistante il porto di Capraia. 2° Campagna post operam (Novembre, 2010) e confronti con survey precedenti (ante opera, durante, post operam). CIBM, Marzo, 2011.

Adonio s.p.a.

ROMA



Monitoraggio *Posidonia oceanica* nell'area
marina antistante il porto di Capraia

2° Campagna post operam (Novembre 2010)
e confronti con survey precedenti

(ante operam, durante, post operam)

Marzo, 2011



Consorzio per il Centro Interuniversitario di Biologia Marina ed
Ecologia Applicata "G. Bacci"

INDICE

Capitolo 1 - Descrizione del progetto	3
Capitolo 2 - Indagini effettuate	5
2.1 Monitoraggio della prateria di <i>Posidonia oceanica</i>	5
2.2 Monitoraggio della torbidità	7
Capitolo 3 – Risultati	
<i>Posidonia oceanica</i>	10
Trappole sedimentarie	13
Sonda multiparametrica – Torbidità -	19
Capitolo 4 - Presenza di cetacei nelle acque dell'isola di Capraia	22
Riferimenti bibliografici	26

Marzo, 2011

Capitolo 1 - Descrizione del progetto

A seguito della proposta di ripristino del porto di Capraia il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio ha emanato un Decreto (9 agosto 2005) contenente le specifiche da adottare nel piano di monitoraggio ambientale necessario per valutare gli effetti delle suddette attività. Pertanto, sulla base di tale Decreto, è stato pianificato un programma di monitoraggio finalizzato principalmente alla valutazione di eventuali alterazioni sulla prateria di *Posidonia oceanica* (L.) Delile antistante il porto di Capraia, data l'elevata importanza che le fanerogame rivestono negli ambienti marini costieri, come ormai universalmente accettato (Duarte, 2002).

Secondo quanto riportato nella letteratura corrente è stata scelta la tecnica del "balisage" per monitorare questa pianta. Tale tecnica consiste nel posizionare 10-12 corpi morti o tondini d'acciaio, come in questo caso, che non abbiano la possibilità di essere spostati dall'azione idrodinamica, in prossimità del limite della prateria (Boudouresque *et al.*, 1990). L'evoluzione del limite viene valutata attraverso il confronto di fotografie scattate da diverse angolazioni. Questo consente nel tempo di verificare gli avanzamenti o gli arretramenti del limite.

Nello studio è stata inclusa un'indagine della prateria attraverso descrittori strutturali (densità e copertura) e funzionali (fenologia).

Col termine densità si indica il numero di fasci fogliari per unità di superficie. Essa rappresenta uno dei descrittori principali per valutare lo stato di una prateria.

La copertura, variabile che integra le stime di densità, esprime la percentuale di fondale ricoperto dalla pianta rispetto a quello non coperto e costituito da sabbia, roccia, matite morta ecc. ecc.

L'indagine fenologia ha come oggetto di studio il fascio fogliare, unità funzionale di base per descrivere la prateria. Essa prende in considerazione le strutture anatomiche evidenti della pianta considerando come variabili: numero medio di foglie per fascio, lunghezza media delle foglie (adulte e totale), larghezza media delle foglie. Questi dati consentono il calcolo della superficie fogliare media per fascio (cm²), e del L.A.I. (Leaf Area Index). Il calcolo di altri indici sarà espressamente descritto nei materiali e metodi del progetto.

Poiché la torbidità è riconosciuta uno dei fattori chiave in grado di influenzare la prateria, il progetto include anche il monitoraggio di questa variabile tramite sonda multiparametrica e tramite il posizionamento di trappole sedimentarie per la valutazione quantitativa dei tassi di sedimentazione.

La valutazione dell'impatto acustico è stata condotta ai sensi della Legge 447/1995, LR 89/98 e successive integrazioni e modifiche e secondo quanto disposto dalla Del. Reg. 788/99 nonché dalla Delibera 77/2000) per le attività di cantiere relative ai lavori di rifacimento e ampliamento del porto turistico di Capraia. I risultati sono stati forniti come allegato alla prima relazione intermedia (ottobre 2008).

Sulla base del Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio (DSA/2005/20237), il primo campionamento per il monitoraggio della prateria e della torbidità è stato pianificato prima dell'inizio dei lavori (settembre 2007) al fine di avere un quadro conoscitivo ante operam. Tale attività è stata ripetuta durante l'esecuzione dei lavori (aprile 2008).

Come riportato nella II relazione intermedia (ottobre 2008) "Future azioni da intraprendere" avrebbero dovuto essere previste 3 ulteriori survey di cui uno al termine dei lavori (settembre 2009) e due ulteriori post operam nell'aprile e nel settembre 2010. I mesi erano stati stabiliti in sede di riunione con Arpat il 9 settembre 2008 per ottemperare al Decreto e per avere, nel contempo, dati prelevati in stagioni simili, condizione necessaria per poter fare dei confronti temporali.

Tuttavia, il termine lavori di ripristino del porto previsto per l'estate 2009 è stato posticipato fino alla primavera-estate 2010.

Pertanto, il survey di fine attività è stato condotto nel giugno 2010.

Infine, sulla base di accordi con ARPAT, il survey successivo è stato condotto nel novembre 2010 e non a dicembre come avrebbe previsto il decreto (ossia 6 mesi dopo il survey condotto immediatamente dopo la fine dei lavori). Le attività sono state anticipate per avere un dato più confrontabile con il pre-survey condotto nel settembre 2007.

Capitolo 2 - Indagini effettuate

Questa relazione riporta i risultati complessivi dell'intero periodo di monitoraggio.

Il primo campionamento per lo studio della *Posidonia* (contemporaneamente al quale sono state posizionate le trappole) è stato condotto prima dell'inizio dei lavori (settembre, 2007) al fine di avere un quadro conoscitivo ante operam; il secondo, è stato effettuato (aprile, 2008) durante l'esecuzione dei lavori - ossia circa 5 mesi dopo l'inizio delle attività, il terzo è stato realizzato al termine dei lavori (giugno 2010) e l'ultimo nel novembre 2010. Per la tempistica relativa al monitoraggio della torbidità si veda il paragrafo 2.2. Per ragioni meteo marine i profili di torbidità sono stati effettuati nel febbraio 2011.

2.1 Monitoraggio della prateria di *Posidonia oceanica*

Descrizione del metodo

Il posizionamento delle balise realizzato utilizzando i tondini è stato deciso da Arpat sulla base dello studio meteo marino fornito dall'Autorità Portuale di Livorno.

Come suggerito dalla letteratura i tondini (numerati da 1 a 10) sono stati distanziati 5 metri uno dall'altro. Ciascun tondino è stato fotografato da 3 diverse angolazioni mediante una fotocamera Nikonos V equipaggiata con flash SB 102 ed obiettivo 35mm. Per avere un doppio controllo della posizione relativa dei corpi morti rispetto alla prateria è stata effettuata anche una video ripresa delle balise e dell'intera zona da monitorare con videocamera Canon XM2 © in scafandro dedicato Nimar ©.



L'indagine sulla prateria è stata condotta in tre siti (Fig. 1) potenzialmente influenzati dalle attività (1T, 2T, 3T) ed in tre punti (1C, 2C, 3C), detti controllo, posizionati a profondità paragonabili alla cala della Mortola che si prevede fuori dall'influenza della attività.

La stazione 2T è stata cambiata dopo la seconda campagna, in quanto, come meglio descritto nei risultati, in quell'area la forte influenza della fiamarella rendeva il dato poco attendibile. La stazione 2T indicata 2TV in cartina (dove V= Vecchia) è stata spostata vicino al settore orientale del balise. Il nuovo punto è stato indicato in cartina con 2TN (con N= Nuovo).

In ciascun sito tramite immersione diretta, sono state stimate le variabili che definiscono la macrostruttura della prateria:

- 1) densità dei fasci fogliari/m² di substrato (Giraud, 1977)
- 2) percentuale di ricoprimento della pianta

Per calcolare la densità dei fasci fogliari per m² di superficie è stata usata la tecnica dei quadrati. Tali conteggi sono stati effettuati tramite quadrati (50x50 cm) nelle sei stazioni già descritte precedentemente (Fig. 1).

In ogni stazione sono stati effettuati tre conteggi (tre repliche) a pochi metri di distanza tra di loro per ottenere una stima più accurata della densità dei fasci fogliari e per evidenziare la variabilità su piccola scala. Sulla base di questo conteggio è quindi possibile classificare la prateria secondo il modello di Giraud (1977) adottata per tutto il bacino mediterraneo:

stadio I	(più di 700 fasci/m ²)	- Prateria molto densa
stadio II	(da 400 a 700 ")	- Prateria densa
stadio III	(da 300 a 400 ")	- Prateria rada
stadio IV	(da 150 a 300 ")	- Prateria molto rada
stadio V	(da 50 a 150 ")	- Semi-prateria

per densità inferiori a 50 fasci/m² si parla di ciuffi isolati.

Per l'analisi fenologica in ciascuna stazione sono stati prelevati in immersione 5 fasci fogliari. I campioni così costituiti sono stati fissati in una soluzione di acqua di mare e formaldeide al 4% e trasportati in laboratorio.

La suddivisione delle foglie per classi di età è stata condotta definendo come adulte le foglie che presentano una base evidente distinta dal lembo, intermedie quelle senza base e giovanili le foglie senza base di lunghezza inferiore ai 5 cm.

Nello studio fenologico le variabili considerate sono:

- n° medio di foglie per fascio
- lunghezza media delle foglie (adulte e totale)

Inoltre sono stati calcolati secondo Buia *et al.* (2003):

- Superficie fogliare media per fascio (cm²)
- Superficie media di tessuto bruno
- L.A.I. (Leaf Area Index)
- Percentuale media di epifiti presente sulle foglie

La percentuale media di epifiti è stata calcolata riportando all'unità di superficie la percentuale di epifiti calcolata per ciascuna foglia tramite il metodo descritto da Morri (1991). E' stata quindi calcolata la copertura totale di epifiti per fascio e successivamente calcolata la media tra i fasci analizzati. In ultimo questo dato è stato riportato in percentuale rispetto alla superficie fogliare totale.

2.2 Monitoraggio della torbidità

Descrizione del metodo

Sulla base di quanto descritto in letteratura (Gacia *et al.*, 2002) sono state realizzate delle trappole usando dei core di PVC in modo da rispettare il rapporto 1:5 tra diametro (60 mm) ed altezza (300 mm).

I cores sono stati fissati su tondini di acciaio di 1,5 metri di lunghezza. Essi sono stati infissi nel sedimento in modo che rimanessero ad un metro dal fondo.



Tre cores sono stati posizionati nell'area marina eventualmente influenzata dalle attività cantieristiche (trattamento) e tre (controlli) nella cala della Mortola esclusa da tale influenza.

I tre siti trattamento (Fig. 1) sono stati posizionati in prossimità dell'attracco del traghetto (1T), in prossimità dell'ingresso del porto (2T) e vicino ai corpi morti settore ovest (3T).

I tre siti individuati nell'area di controllo sono stati nominati 1C, 2C, 3C (Fig. 1) Le profondità relative alle trappole sono riportate in tabella 1.

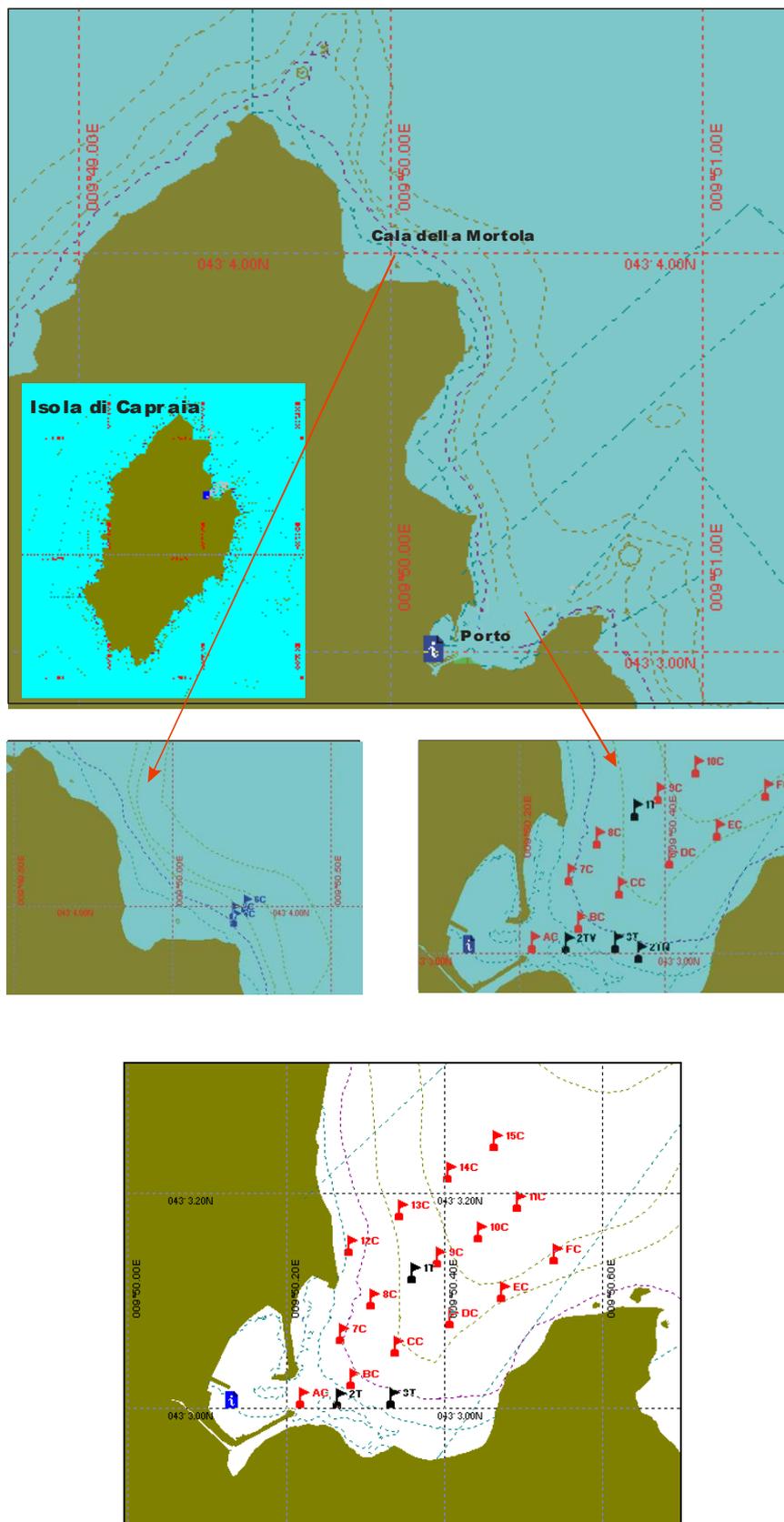


Fig. 1– Area di studio e punti di campionamento relativi alle prime due campagne di studio (sopra). Nel riquadro sottostante sono state indicate anche le nuove stazioni (usate dal giugno 2010 in poi) utilizzate per i profili di torbidità.

Tabella 1 – Profondità dei siti in cui sono state posizionate le trappole.

Sito	1T	2TV	2TN	3T	1C	2C	3C
Profondità (m)	16,5	6,5m	6,5	6,5	6,5	12,5	16,5

Dalla terza campagna in poi (che corrisponde al secondo survey condotto per il monitoraggio della *Posidonia*) la stazione 2T è stata spostata poiché ritenuta eccessivamente influenzata alla fiamarella. Il nuovo punto è stato indicato in cartina con 2TN (con N= Nuovo) ed il vecchio con 2TV.

I cores sono rimasti in situ nei seguenti periodi: dal 24.09.07 al 15.10.07; 15.10.07 al 23.10.07; 29.11.07 al 20.12.07; 21.04.08 al 05.05.08; 4.06.10 al 10.07.10, dal 04.11.10 al 7.02.11.

Nelle ultime due campagne (giugno 2010, novembre 2010) i cores sono stati posizionati in doppio per poter avere una stima della variabilità della misura e quindi aumentare la significatività del dato. Nella Cala della Mortola, i cores sono stati posizionati solo in 1C e 3C poiché i survey precedenti avevano evidenziato l'assenza di un effetto profondità.

Una volta rimossi sono stati portati in laboratorio. Il contenuto è stato filtrato utilizzando filtri, previamente pesati con bilancia a precisione, del tipo GF/F di diametro 4,7 cm in microfibra di vetro, prodotti da Whatman montati su un sistema filtrante con pompa a vuoto.

Il peso secco del materiale è stato determinato ponendo i filtri in stufa a 60° per 24 ore, quindi pesati nuovamente.

La colonna d'acqua è stata investigata tramite sonda multiparametrica una "IDRONAUT mod. OCEAN SEVEN 316" per l'acquisizione di profondità, temperatura, conducibilità, salinità, ossigeno, clorofilla, torbidità. Con l'ausilio di una imbarcazione la strumentazione è stata calata lungo due transetti con andamento costa largo e con orientamento SW-NE (vedi figura 1): il primo comprendente 4 stazioni (denominate da 7C a 10C), costiero e vicino all'attracco del traghetto; il secondo più al largo, parallelo al precedente, comprendente 6 stazioni (denominate da AC ad FC).

I dati sono stati acquisiti almeno ogni 50 cm, dalla superficie fino alla massima profondità presente. Durante la seconda campagna (ossia durante i lavori, aprile 2008) sono stati effettuati dei profili aggiuntivi per monitorare l'andamento della plume sollevata dalle attività in corso. Nella terza (giugno 2010) e nella quarta (febbraio 2011) campagna è stato previsto un ulteriore transetto (4 stazioni 12C-15C) situato più a nord rispetto ai precedenti ed una ulteriore stazione (11C) lungo il transetto preesistente (7C-10C) come indicato in Fig. 1.

Nel survey relativo al febbraio 2011 non è stato effettuato il profilo in corrispondenza della stazione 12C per ragioni meteo marine.

Infine 3 punti di indagine (4C-6C) sono stati previsti a Cala della Mortola presa come area di riferimento.

Capitolo 3 – Risultati

Posidonia oceanica

Nella seguente tabella sono riportati i valori di ricoprimento percentuale rilevati nelle 6 stazioni di campionamento durante le quattro campagne condotte nel settembre 2007 (prima dei lavori), nell'aprile 2008 (durante i lavori), giugno 2010 (al termine dei lavori) e novembre 2010 (5 mesi dopo il termine dei lavori).

Tab. 2 - Dati di ricoprimento percentuale. Tra parentesi è indicata la profondità di campionamento.

Settembre 2007 (pre-survey)

Stazione	Area Trattamento			Area Controllo		
	1T (17 m)	2TV (6 m)	3T (6m)	1C (9 m)	2C (12,5)	3C (16,5m)
	Quasi assente	70%	90%	chiazze	100%	100%

Aprile 2008 (durante i lavori)

Stazione	Area Trattamento			Area Controllo		
	1T (17 m)	2TN (6 m)	3T (6m)	1C (9 m)	2C (12,5)	3C (16,5m)
	80%	30%	85%	40%	70%	85%

Giugno 2010 (fine lavori)

Stazione	Area Trattamento			Area Controllo		
	1T (17 m)	2TN (6 m)	3T (6m)	1C (9 m)	2C (12,5)	3C (16,5m)
	70%	80%	80%	60%	90%	95%

Novembre 2010 (5 mesi dopo la fine dei lavori)

Stazione	Area Trattamento			Area Controllo		
	1T (17 m)	2TN (6 m)	3T (6m)	1C (9 m)	2C (12,5)	3C (16,5m)
	60%	80%	80%	50%	100%	100%

Per un immediato confronto i dati sono stati riportati anche nel grafico di figura 2.

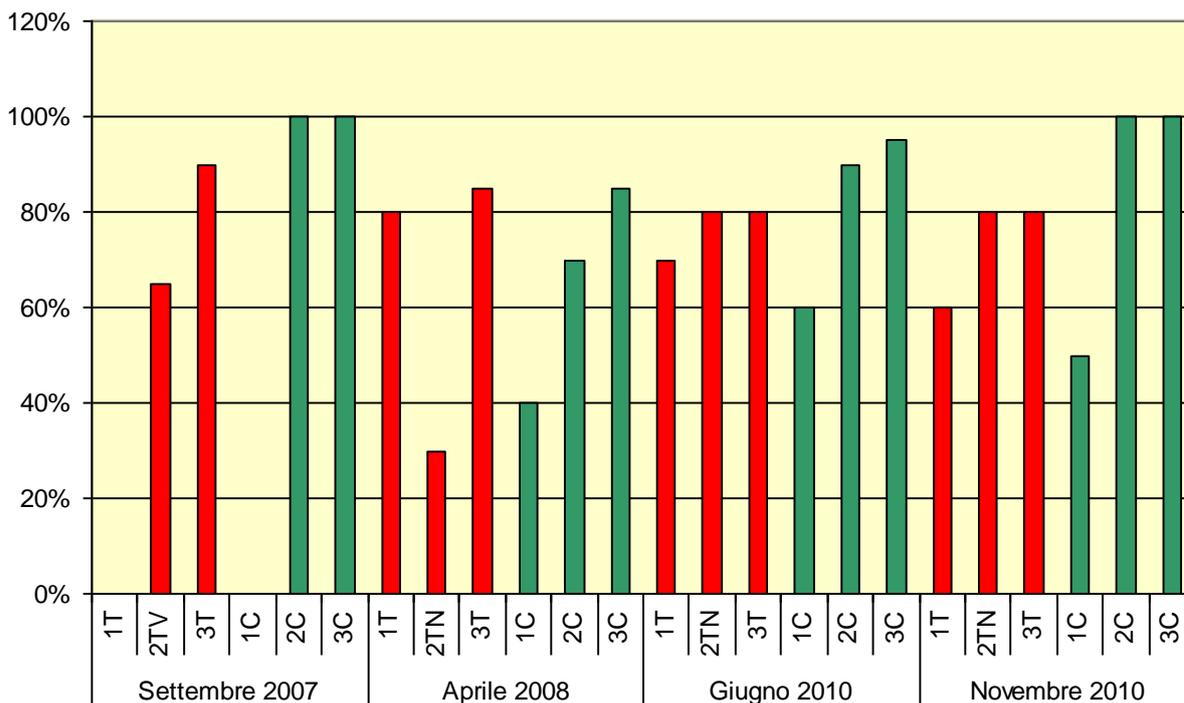


Fig. 2 - Dati di ricoprimento percentuale di *Posidonia oceanica*.

Nella prima campagna (pre-survey settembre 2007) i valori più elevati di ricoprimento erano stati rilevati a cala della Mortola, in particolare in corrispondenza della stazione intermedia (2C) e profonda (3C). In corrispondenza del limite superiore (1C), invece, la prateria non era continua e si presentava a chiazze alternate a radure sabbiose.

Nell'area di campionamento vicina all'approdo del traghetto la prateria era presente con minori percentuali di ricoprimento. In corrispondenza della stazione 1T, in particolare, la *Posidonia* si presentava a chiazze.

Nel secondo campionamento si era verificata una riduzione di cover in tutte le stazioni sia quelle influenzate dalle attività di ripristino del porto sia quelle dell'area di controllo ad eccezione della stazione C1 dove, al contrario, era stato registrato un aumento di tale variabile.

Nel giugno 2010 i dati di cover incrementarono nei controlli e nella stazione 2TN, mentre rimasero confrontabili nelle altre stazioni (Fig. 2).

Nell'ultimo survey (novembre 2010) essi decrementarono nei siti 1C e 1T, incrementarono nei controlli 2C e 3C, rimasero invariati nelle stazioni 2TN, 3T.

Per quanto riguarda i dati di densità si era assistito ad un calo durante le attività (ossia tra settembre 2007 e aprile 2008) fatto che tuttavia non poteva essere direttamente connesso all'impatto antropico poiché i due campionamenti erano stati fatti in stagioni diverse.

Al termine dei lavori (giugno 2010) i valori di densità incrementarono un po' ovunque seppur rimanendo inferiori alla prima campagna (settembre 2007).

Nell'ultimo survey (novembre 2010) i valori di densità rimangono pressoché invariati nei siti T rispetto al giugno precedente. Per quanto riguarda i siti 1T e soprattutto 3T il valore di densità è calato rispetto al pre survey. Il medesimo comportamento è stato osservato per i controlli 1C e 3C.

Densità (N medio di fasci/m²):

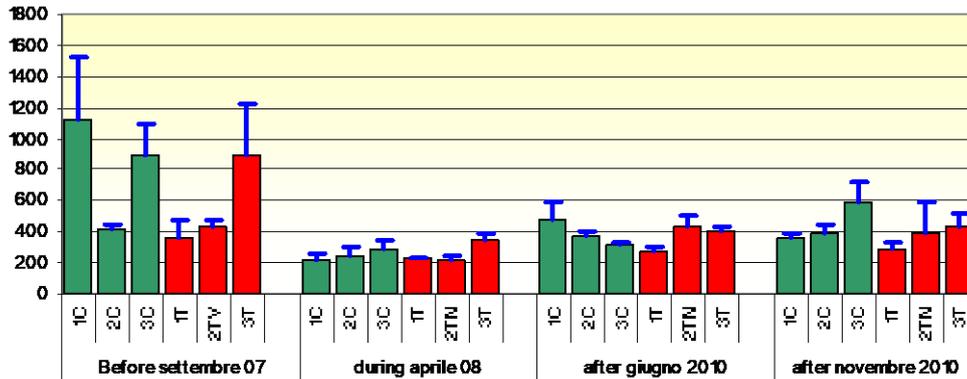


Fig. 3 – Densità media, espressa come n° di fasci/m² calcolata per le quattro campagne di indagine.

Il numero medio di foglie per fascio aveva subito un decremento nel periodo delle attività in corso (aprile 2008), comportamento osservato in tutti i siti. Nel survey successivo, ossia al termine dei lavori (giugno 2010), il numero di foglie era rimasto sostanzialmente invariato nei controlli, mentre era ulteriormente calato nei siti T. Nell'ultimo survey (novembre 2010) il numero di foglie ha subito un diffuso incremento raggiungendo valori paragonabili o superiori (nel caso di 1C) a quelli del pre-survey (Fig. 4).

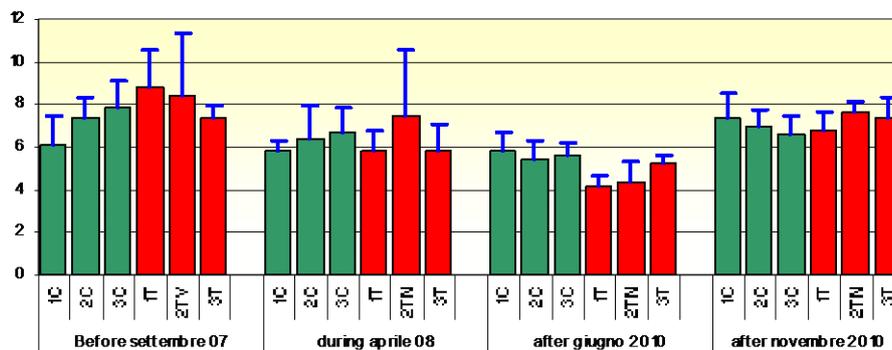


Fig. 4 – Numero medio di foglie per fascio.

In figura 5 è riportata la lunghezza delle foglie adulte. Durante il pre survey (settembre 2007) essa era piuttosto variabile tra i siti, con un picco nel controllo 3C ($72,4 \pm 5,5$ cm) ed un minimo in 2TV ($21,6 \pm 10,7$ cm).

Nell'aprile 2008 le foglie erano risultate mediamente più corte rispetto al pre survey con una riduzione evidente nel controllo 3C e nel trattamento 1T. Nel giugno 2010 la lunghezza fogliare era aumentata un po' ovunque tranne nel controllo 3C dove non sono state osservate variazioni. Nell'ultimo survey la lunghezza fogliare risulta tendenzialmente minore di quella rilevata nel settembre 2007, fatto osservato sia nei controlli (ad eccezione del controllo 1C) sia nei trattamenti.

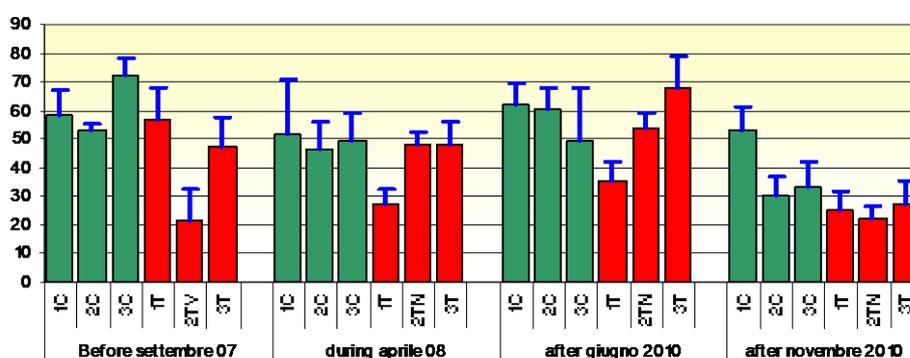


Fig. 5 – Lunghezza delle foglie adulte. I dati sono espressi in centimetri.

Il medesimo andamento descritto per la lunghezza fogliare è stato seguito dalla superficie fogliare media.

Anche in questo caso pertanto, al di là delle variazioni temporali, i valori osservati nell'ultimo survey (novembre 2010) sono inferiori (con l'eccezione del controllo 1C) a quelli osservati nel settembre 2007.

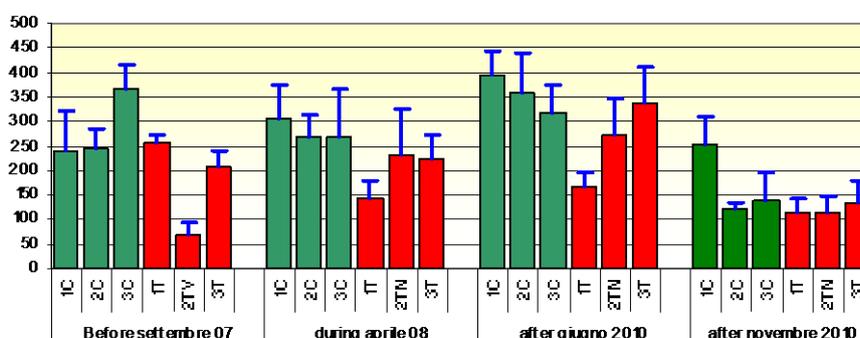


Fig. 6 – Superficie fogliare media per fascio. I dati sono espressi in centimetri quadrati.

L'indice di superficie fogliare (Fig. 7) ha esibito un evidente calo dopo l'inizio dei lavori (aprile 2008), seguito da un aumento nel giugno 2010 e da un nuovo calo nel novembre del medesimo anno.

Questo trend è stato seguito, sebbene con magnitudini differenti, da tutti i siti. Nell'ultimo campionamento tutti i siti mostrano un L.A.I inferiore al pre-survey con differenze molto elevate per i controlli 1C e 3C.

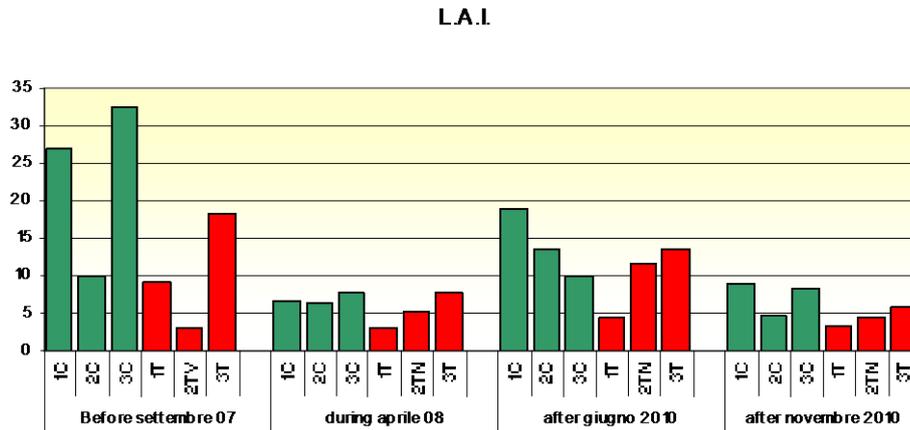


Fig. 7 – Leaf Area Index.

Per quanto riguarda il tessuto bruno le variazioni temporali osservate nei controlli sono modeste per tutta la durata dello studio. Nel caso dei trattamenti, invece, esso ha esibito i valori più elevati durante il pre-survey (Fig. 8).

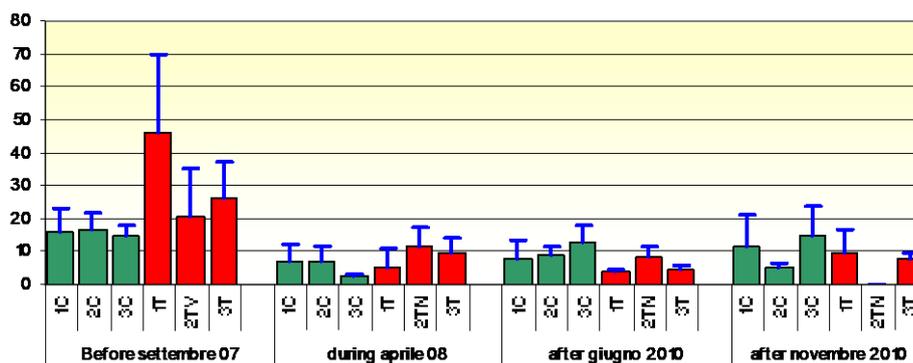


Fig. 8 – Superficie media di tessuto bruno per fascio espressa in percentuale.

La percentuale di epifiti calcolata nel settembre 2007 era molto variabile da sito a sito con un picco in 3T ed un minimo nel controllo 1C. Questo dato ha comunque mostrato sempre un'elevata variabilità tra le stazioni di monitoraggio.

Nell'aprile 2008 gli epifiti (Fig. 9) erano diffusamente calati. Al contrario essi avevano mostrato un incremento nel giugno 2010 esibendo un picco nel trattamento 1T. Nell'ultimo survey (novembre 2010) gli epifiti erano pressoché assenti in tutte le stazioni.

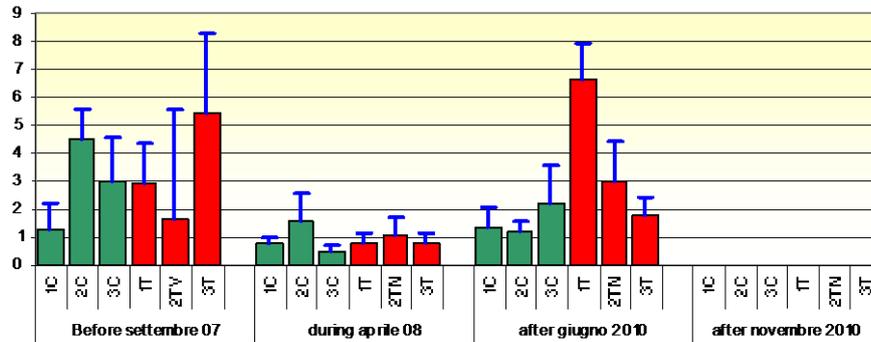


Fig. 9 – Percentuale di epifiti.

Per quanto riguarda i dati del balise (Fig. 9) si osserva che nella maggioranza dei casi non sono avvenute variazioni degne di nota tra il settembre 2007 e l'aprile 2008.

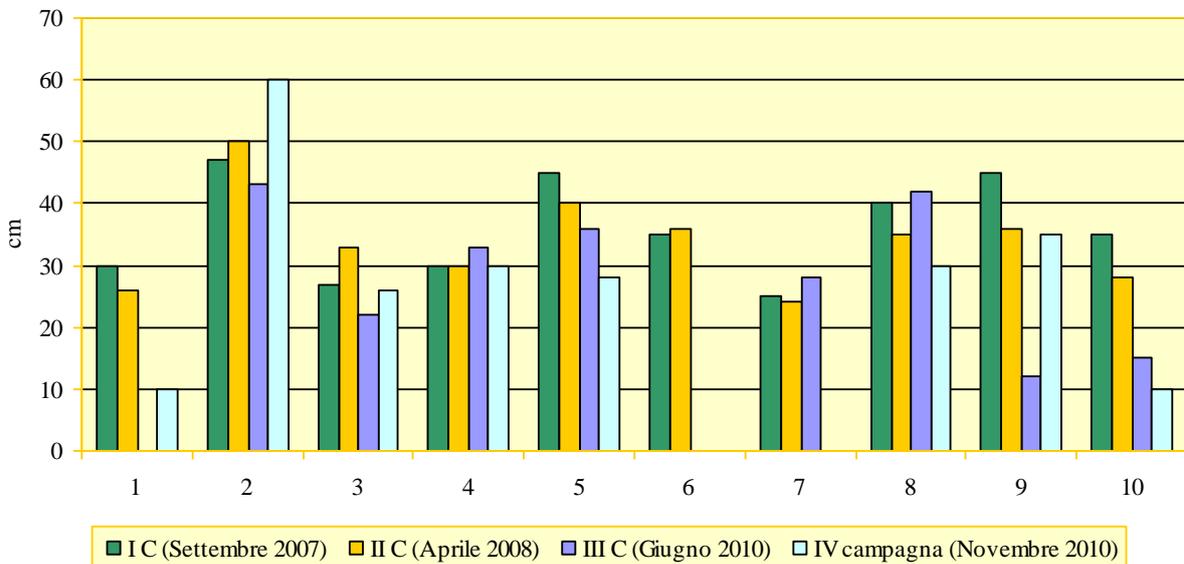


Fig. 9 – Distanza dal balise espressa in centimetri, relativa all'intero periodo di indagine. Il picchetto 6 non è stato considerato perché trovato in posizione anomala. Nell'ultimo survey anche il picchetto 7 è stato trovato in posizione non corretta.

Nel survey condotto dopo il termine dei lavori (giugno 2010) i comportamenti non sono costanti tra loro. Le variazioni maggiori sono state riscontrate in corrispondenza del balise 9 e 10 dove la prateria ha mostrato un avanzamento.

Anche cinque mesi dal termine delle attività (novembre 2010), i comportamenti del limite sono molto variabili. Rispetto al pre survey si è verificato un avanzamento del limite in corrispondenza

della maggior parte dei picchetti. L'unica eccezione è rappresentata dal picchetto 2 dove è stato registrato un chiaro arretramento del limite.

Trappole sedimentarie

Per confrontare la quantità di sedimento rinvenuta nelle trappole i pesi secchi ottenuti sono stati rapportati all'intervallo di tempo di una settimana ed espressi, quindi, come g s.s./settimana.

I risultati sono riportati nella figura 10.

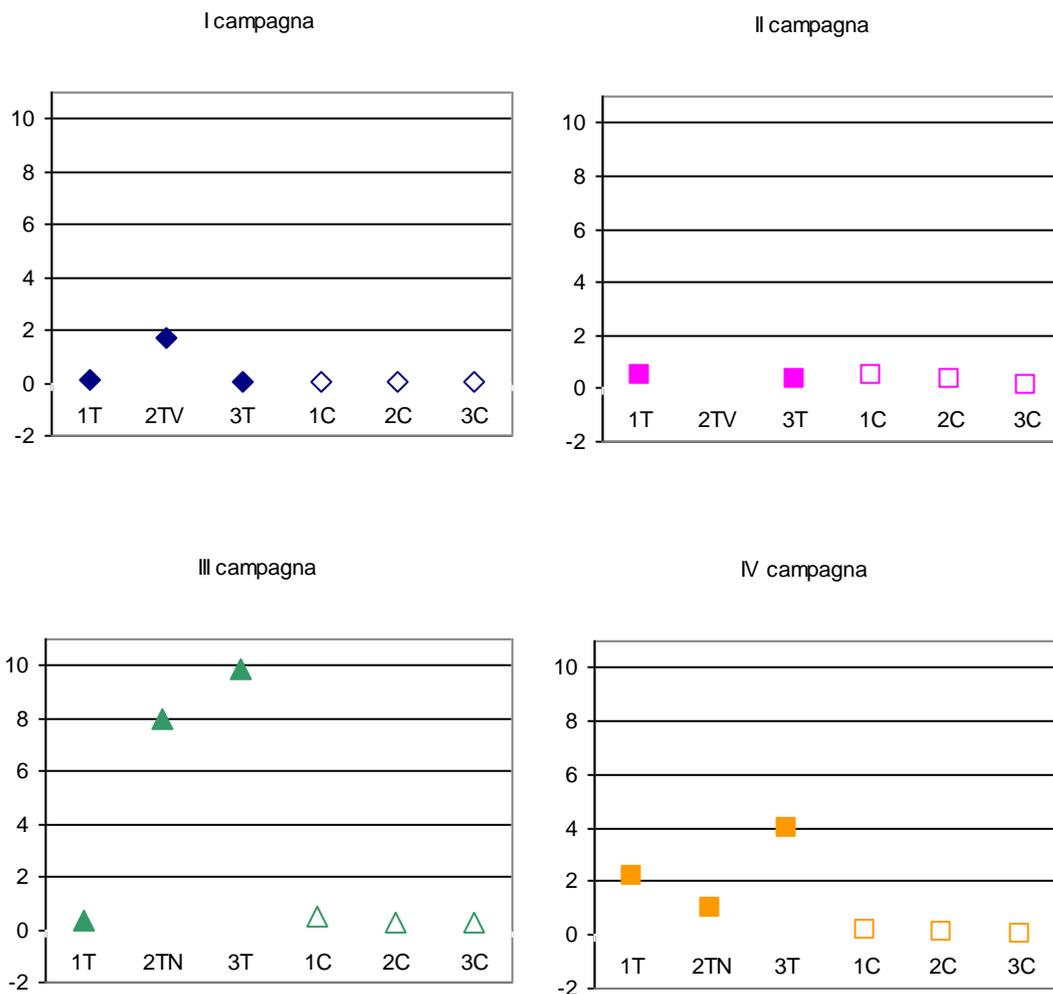


Fig. 10 – Peso secco (g s.s./settimana) del sedimento rinvenuto nelle trappole rapportato ad una settimana di permanenza in mare. I dati sono riferiti ai seguenti periodi di permanenza: 24.09.07 al 15.10.07; 15.10.07 al 23.10.07; 29.11.07 al 20.12.07; 21.04.08 al 05.05.08; 4.06.10 al 10.07.10; dal 04.11.10 al 7.02.11.

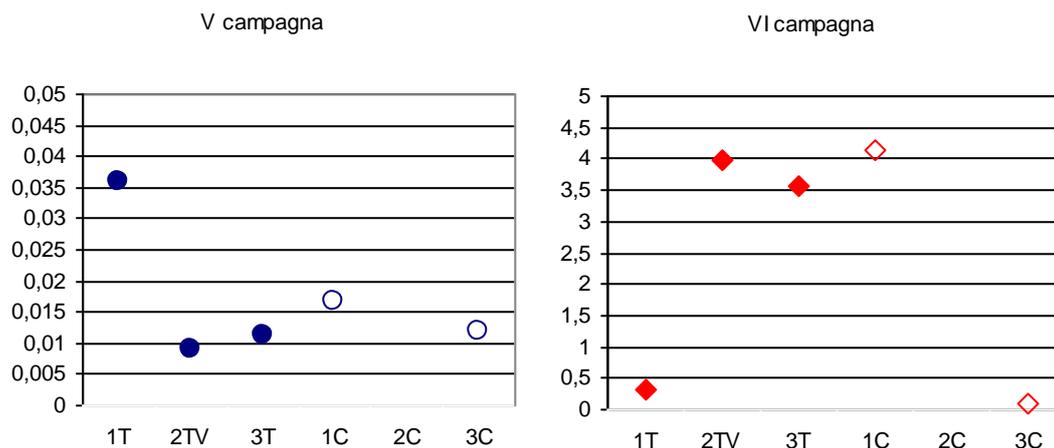


Fig. 10 – continuo

I dati rilevati nella prima campagna (settembre-ottobre 2007) erano risultati omogenei tra siti T e siti C. La differenza maggiore era stata riscontrata per il sito 2T (rinominato 2TV, vedi paragrafo 2.2 "Descrizione del metodo") dove era stata campionata la maggiore quantità di sedimento. Questo campione aveva probabilmente risentito della vicinanza della fiumarella. Nella trappola qui posizionata era stata campionata una considerevole quantità di residui e foglie di *Posidonia*. Durante il periodo di permanenza in mare delle trappole non si sono verificati eclatanti episodi di mal tempo.

Questo fatto è in accordo con i risultati ottenuti nell'area di controllo. I tassi di sedimentazione infatti erano omogenei ed indipendenti dalla profondità.

Durante la seconda campagna (ottobre 2007), al contrario della prima, si erano verificati episodi di forte mal tempo inficiando i dati relativi alle trappole 2TV e 3T.

In queste due stazioni, infatti, i cores erano stati trovati in posizione alterata rispetto a quella originaria.

Dato attendibile era stato rilevato nella stazione 1T dove era stata osservata una situazione paragonabile al campione di controllo 1C.

I dati delle prime 2 campagne, pertanto, avevano suggerito che la trappola 2TV era troppo influenzata dalla fiumarella per fornire un dato estrapolabile a tutta l'area.

Questo core è stato quindi spostato in vicinanza del margine NE dei corpi morti e denominato 2TN.

I dati ottenuti dalla terza campagna (novembre-dicembre 2007) avevano evidenziato che in corrispondenza del sito 3T i tassi di sedimentazione erano incrementati, mentre nel sito 1T non erano state evidenziate differenze rispetto ai controlli.

Nella quarta campagna (aprile-maggio 2008) i tassi di sedimentazione erano risultati modesti un po' ovunque. I controlli avevano mostrato valori paragonabili alle campagne precedenti, mentre variazioni consistenti erano state osservate nell'area antistante il porto.

Nel caso delle stazioni 2TN e 3T i tassi di sedimentazione avevano subito un decremento, contrariamente a quanto osservato in 1T.

Un deciso decremento dei tassi di sedimentazione era stato osservato nella quinta campagna condotta nell'estate 2010 ossia al termine dei lavori di ripristino del porto. Fra tutti i siti il T1, posto in prossimità dell'approdo della nave, è quello che conservava i tassi di sedimentazione più elevati, ma che comunque erano modesti in valore assoluto.

Nell'ultimo survey (inverno 2010-2011) i tassi hanno esibito, rispetto all'estate 2010, un incremento diffuso che ha interessato tutte le stazioni.

Le trappole posizionate nelle stazioni più profonde esibiscono tassi di sedimentazione del tutto paragonabili. La trappola 1T ha raccolto una quantità di sedimento leggermente maggiore rispetto al controllo 3C.

Nell'arco dell'intero periodo di studio i tassi di sedimentazione sono sempre stati maggiori in corrispondenza della stazione 1T rispetto al controllo 3C situato alla medesima profondità. La differenza massima è stata osservata nel periodo aprile-maggio 2008 ossia circa 5 mesi dopo l'inizio delle attività di ripristino del porto.

In corrispondenza dei siti 2TN e 3T i tassi massimi di sedimentazione sono stati rilevati nel novembre-dicembre 2007 ossia poco dopo l'inizio dei lavori. In questo survey la quantità di sedimento raccolto nelle trappole era risultata molto più elevata rispetto al controllo.

Nei monitoraggi successivi le condizioni dell'area sono andate progressivamente normalizzandosi tanto che nell'ultimo survey i tassi di sedimentazione tra siti T e rispettivi controlli sono paragonabili, soprattutto per i siti profondi.

Sonda multiparametrica - Torbidità

I dati relativi alla campagna condotta durante i lavori (aprile 2008) avevano consentito di rilevare un aumento di torbidità. Gli incrementi registrati riguardavano soprattutto la superficie ed erano complessivamente modesti.

Nell'aprile 2008 solo nelle immediate vicinanze dell'area sottoposta a dragaggio erano stati rilevati dei picchi di torbidità che, tuttavia, tendevano a ridursi rapidamente come testimoniato dai dati raccolti in due calate successive nel medesimo sito (Fig. 11).

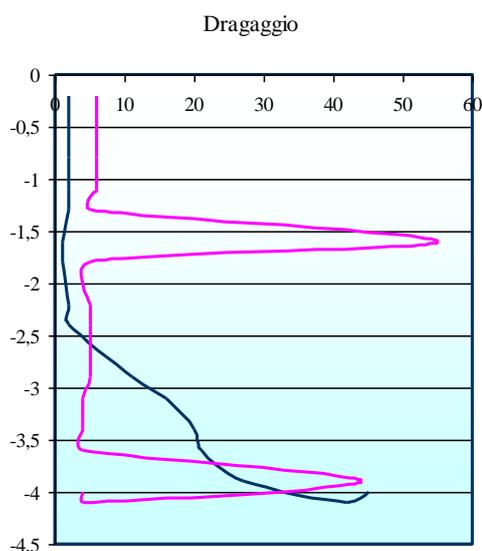


Fig. 11 – Profilo della torbidità misurato nelle immediate vicinanze dell'area sottoposta a dragaggio. Asse y: profondità espressa in metri, Asse x: torbidità espressa in FTU. Il rosa ed il blu rappresentano due calate effettuate in due momenti successivi a pochi minuti una dall'altra. Aprile 2008.

Nella medesima campagna (aprile 2008) in prossimità del molo, sia nella sua parte più interna sia in quella più esterna era stato rilevato un incremento della torbidità, mentre all'esterno del porto al traverso della roccia rossa ed in particolare, in corrispondenza della stazione FC, le condizioni erano da considerarsi normali. Un picco era stato registrato nella stazione 10C, esso tuttavia riguardava solo i primi 5-8 metri di profondità e non tutta la colonna d'acqua.

Nel giugno 2010 (Fig. 12), ossia a lavori ultimati, i profili effettuati nell'area di controllo risultavano omogenei tra loro e non si rilevavano variazioni sensibili al cambiare della profondità. Lungo il transetto AC-FC erano stati osservati modesti picchi di torbidità limitatamente allo strato superficiale. I valori, infatti, tendevano a normalizzarsi già a partire da -1 m di profondità.

Lungo il transetto 12C-15C i valori maggiori di torbidità erano stati rilevati in corrispondenza della stazione 14C, ma anche questi valori risultavano del tutto confrontabili con quelli del controllo.

Infine lungo il transetto 7C-11C i valori maggiori di torbidità erano stati osservati nella stazione 10C. Anche nella campagna precedente (aprile 2008) questa stazione aveva

esibito anomalie con valori sensibilmente maggiori rispetto all'ultimo survey (giugno 2010).

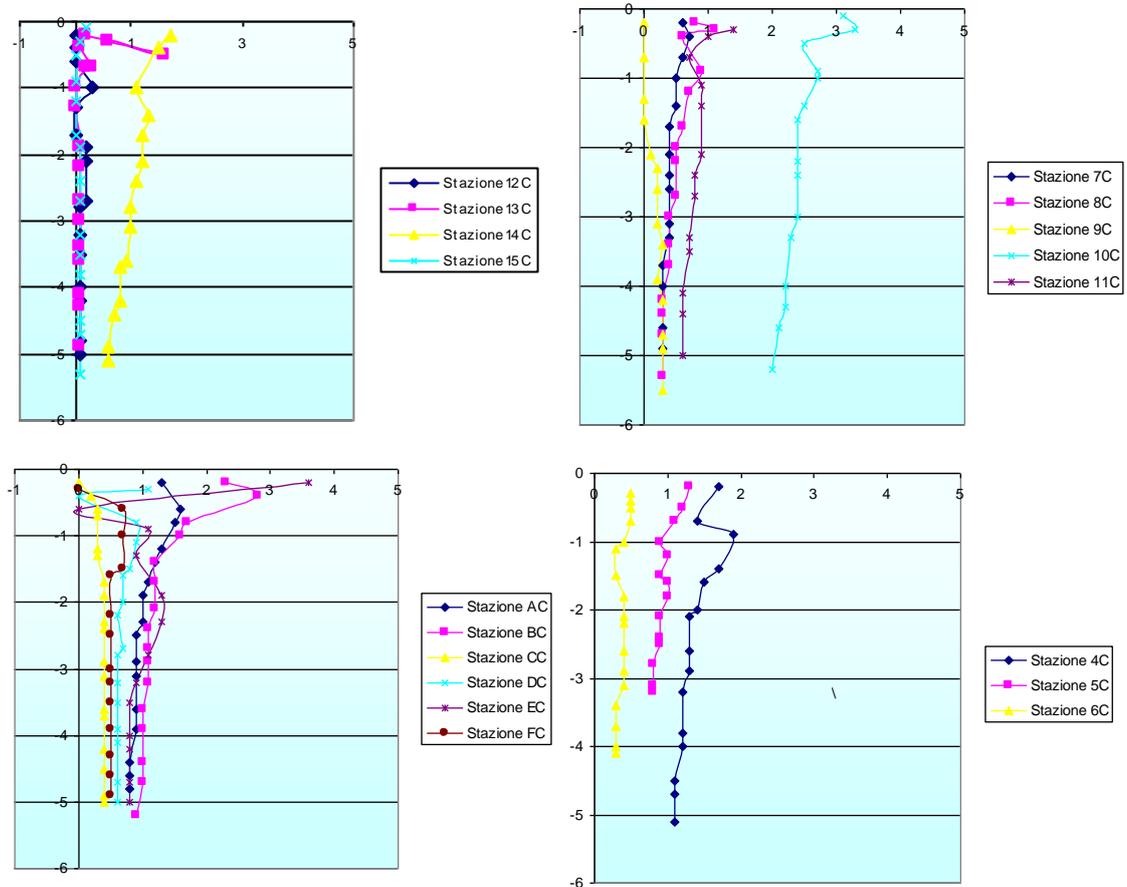


Fig. 12 – Profilo della torbidità misurato nelle stazioni appartenenti ai transetti e nell'area di controllo. Per un miglior confronto sono riportati solo i dati relativi ai primi cinque metri di profondità. Asse y: profondità espressa in metri, Asse x: torbidità espressa in FTU. Dati relativi al survey giugno, 2010 ossia dopo il termine delle attività di ripristino del porto.

Nel febbraio 2011 il dato di maggiore interesse è la presenza di una massa d'acqua torbida non superficiale (Fig. 13). Nel sito di controllo essa è stata rilevata a partire dagli otto 8 metri di profondità, mentre lungo i transetti prospicienti il porto tale massa è stata riscontrata a profondità maggiori.

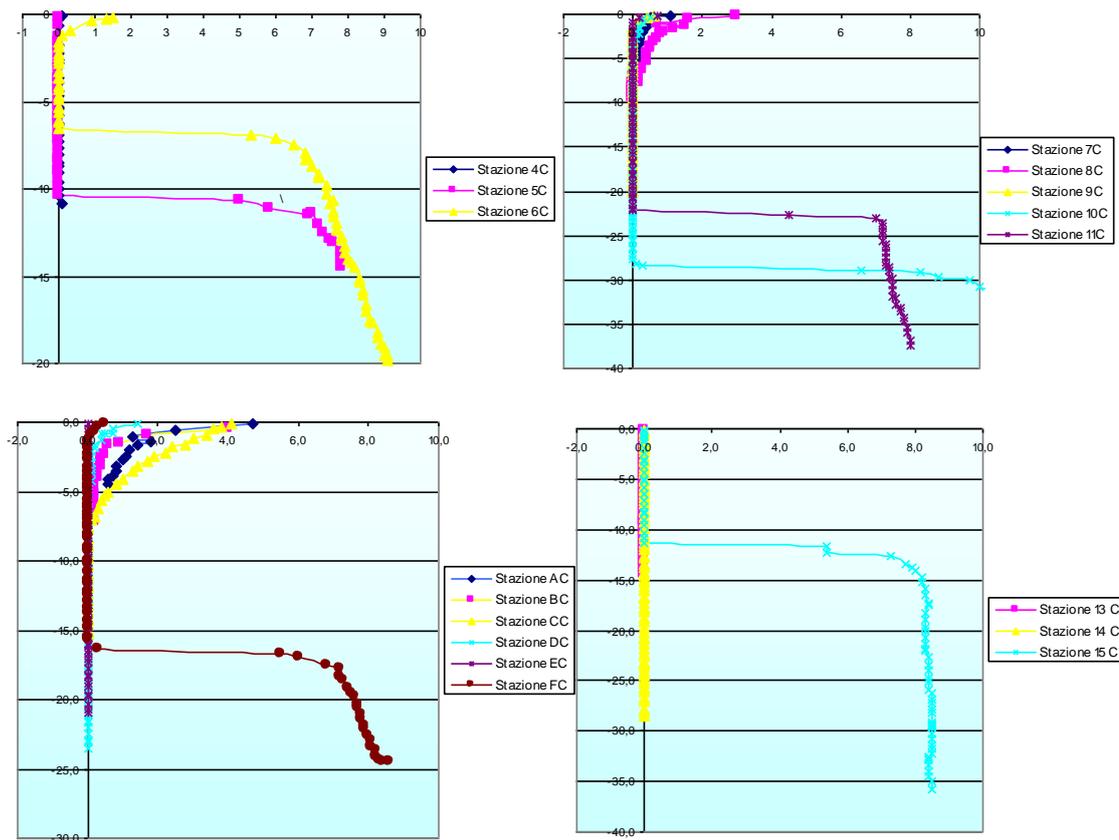


Fig. 13 – Profilo della torbidità misurato nelle stazioni appartenenti ai transetti e nell’area di controllo. Per questioni meteo marine non è stata effettuata la calata in corrispondenza della stazione 12C. Asse y: profondità espressa in metri, Asse x: torbidità espressa in FTU. I dati si riferiscono alla campagna condotta nel febbraio 2011.

Capitolo 4 - Presenza di cetacei nelle acque dell'isola di Capraia

I mammiferi marini in tutto il mondo sono minacciati da molti fattori. Nella UE tali possibili minacce sono riconosciute ed evidenziate dalla Direttiva Habitat (Direttiva 92/43/EEC) nel cui Allegato IV tutte le specie di cetacei sono considerate da proteggere rigorosamente. In particolar modo il tursiope (*Tursiops truncatus*), il delfino con abitudini ecologiche più costiere dell'area mediterranea occidentale, è inserito anche all'interno dell'Allegato II come specie che deve essere preservata attraverso gestioni mirate.

I cetacei sono tra i migliori indicatori ambientali per quanto riguarda differenti stress ambientali causati da fattori antropici in ambiente marino e considerati potenziali bioindicatori dalla Direttiva 2008/56/EC del Parlamento Europeo e del Consiglio del 17 Giugno 2008 stabilendo un contesto per azioni comunitarie nel campo della politica ambientale marina.

Nel Mar Mediterraneo abbiamo 8 specie di cetacei considerate regolari cioè presenti stabilmente tutto l'anno (Cagnolaro, Notabartolo 1983; Notabartolo 1994); tali specie sono osservabili anche all'interno della area protetta del Santuario Pelagos (Orsi-Relini et al. 1992).

La cetofauna toscana, intesa come insieme di specie appartenenti all'ordine Cetacea, è stata studiata dal Centro di Ricerche sui Cetacei CE.TU.S.. Due le aree monitorate: una all'interno dell'Arcipelago Toscano, nei periodi compresi tra maggio e settembre ed una a nord di esso per tutto l'arco dell'anno. I risultati raccolti hanno dimostrato nel periodo 2004-2010 la presenza di 6 delle 8 specie di cetacei mediterranei (Nuti S., Chiericoni V., 2001; Nuti S., Giorli G., Bedocchi D., Bonelli P., 2007). Le specie osservate sono le seguenti:

- Balenottera comune (*Balaenoptera physalus*): unico misticete presente nel Mediterraneo. La Balenottera è considerata dalla IUCN specie "endangered" quindi a rischio di estinzione. E' un cetaceo pelagico che può essere avvistato anche in aree costiere e sopra la piattaforma continentale durante movimenti in senso latitudinale.
- Capodoglio (*Physeter macrocephalus*): inserito nelle red list dell'IUCN come "vulnerabile" (riduzione reversibile maggiore del 50% negli ultimo 10 anni o 3 generazioni). Cetaceo teutofago distribuito in genere in prossimità della scarpata continentale e canyon sottomarini dove caccia le prede preferite costituite dai cefalopodi di profondità.
- Stenella striata (*Stenella coeruleoalba*): categoria Red List e Criteria "least concern" cioè a basso rischio. Specie cosmopolita ampiamente distribuita nel Mediterraneo e nell'area dell'Arcipelago Toscano. E' sicuramente il delfino

mediterraneo pelagico più abbondante e sicuramente la specie del santuario più frequente. Alimentazione generalista anche se principalmente ittiofaga.

- Tursiope (*Tursiops truncatus*): nonostante le molte minacce riferibili a questa specie costiera, il delfino risulta diffuso e abbondante. Specie cosmopolita e opportunistica. Nel Mar Ligure e Tirreno Settentrionale risulta prettamente costiero e ittiofago pur dimostrando una grande flessibilità adattativa.
- Delfino comune (*Delphinus delphis*): considerato in generale "least concern" nonostante il forte declino riscontrato negli ultimi decenni all'interno del Mediterraneo soprattutto nelle porzioni del Santuario Pelagos. Tale declino potrebbe essere imputabile a differenti o concomitanti fattori quali un'ipotetica vulnerabilità della specie o fenomeni di competizione con altre specie soprattutto la stenella striata.
- Grampo (*Grampus griseus*): "least concern" a parte minacce localizzate, la specie è abbastanza diffusa e abbondante. La specie è marcatamente teutofaga e si distribuisce soprattutto lungo la scarpata.

Tali specie possono risentire di molte minacce dirette e indirette, fattori e condizioni ambientali a livello singolo o multiplo quali:

- contaminanti antropici (DDT, PCB, ecc) e ambientali;
- infezioni da parassiti;
- catture accidentali e/o volontarie durante attività di pesca;
- stress da traffico commerciale/turistico e rischio di collisioni;
- rumore antropico/inquinamento acustico;
- overfishing;
- degradazione habitat.

Nell'area dell'Arcipelago Toscano nel periodo tra il 2004 e il 2010, durante i mesi estivi tra maggio e settembre, gli avvistamenti in totale sono stati 62 per un totale di 1720 animali, con una media di 22,06 animali per avvistamento. L'Encounter Rate medio (ER) è di 0,012 quindi circa 1,2 avvistamenti per 100Km percorsi. Il Relative Abundance Index medio (RAI) è di 0,346 cioè circa 3,46 animali avvistati per 10Km percorsi (Nuti S., Bedocchi D., Giuntoli L. 2009).

Di tutte le specie quella più frequente e facilmente avvistabile è il Tursiope con il 46,7% di avvistamenti anche se la specie numericamente più abbondante risulta essere la Stenella striata con l'80,87% di animali avvistati sul totale, con una media per avvistamento di 45,4 esemplari e punte di 200-250 animali (Fig. 14).

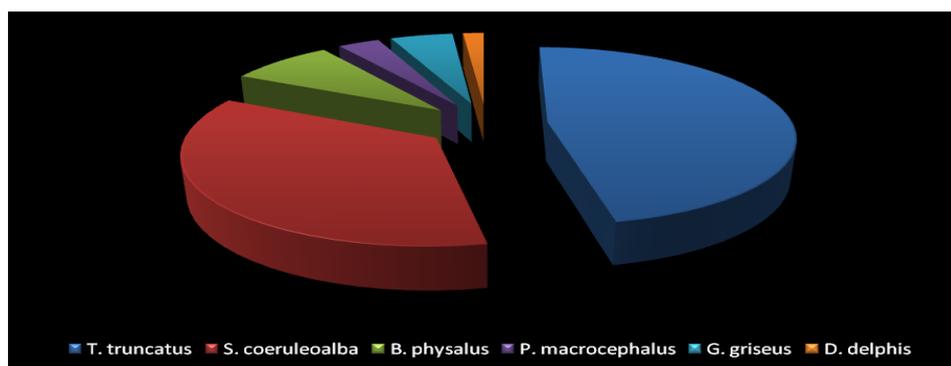


Fig. 14 - Percentuale di avvistamenti per specie nell'area dell'Arcipelago Toscano.

Limitatamente all'Isola di Capraia le specie più facilmente osservabili (Fig. 15) sono sicuramente la *Stenella striata* e il Tursiope, considerando sia le informazioni raccolte nei periodi di studio sia le caratteristiche ambientali che documentano habitat tipici per i due delfinidi (piattaforma continentale per il Tursiope e acque pelagiche per la *Stenella*). Il Tursiope è maggiormente presente nella zona Sud-Sud-Est dell'isola dove viene svolta la pesca a strascico, confermando quindi l'interazione tra pesca e tursiopi (S. Nuti et al. 2006). La *Stenella* è presente sia a Nord che a Sud dell'isola, in gruppi con una media di circa 45,4 animali per avvistamento formati da esemplari di età e sesso diversi. I gruppi di Tursiope hanno invece una media di circa 6,71 animali per avvistamento dimostrando la classica struttura sociale tipica di questa specie: femmine con cuccioli, gruppi di individui di ambo i sessi non ancora sessualmente maturi e piccoli gruppi di maschi adulti.

Nella zona Nord di Capraia sono stati avvistati i Delfini comuni spesso in associazione a gruppi numerosi (solitamente oltre i 180 esemplari) di *Stenella striata*. Il Delfino comune non è mai stato documentato con certezza nelle acque dell'Arcipelago Toscano, mentre per un periodo di circa quattro anni non è stato più avvistato all'interno del Santuario Pelagos a dimostrare un apparente declino nel numero e nella distribuzione di tale specie nel Mediterraneo settentrionale. Uno degli ultimi avvistamenti fu proprio effettuato dal CETUS nel settembre del 2005 nel Mar Ligure vicino ad Imperia, costituito da un ristretto numero di esemplari. L'avvistamento del 2009 nelle acque toscane è stato il primo dopo quello del 2005, avvistamenti ripetutisi anche nel 2010.

Nell'area Ovest e Sud-Ovest, nel canale tra I. di Capraia e I. di Corsica, sono stati avvistati i grandi cetacei quali Balenottere e Capodogli che prediligono questa via, rispetto ad una più costiera, per gli spostamenti tra le aree nord e sud del Santuario Pelagos.

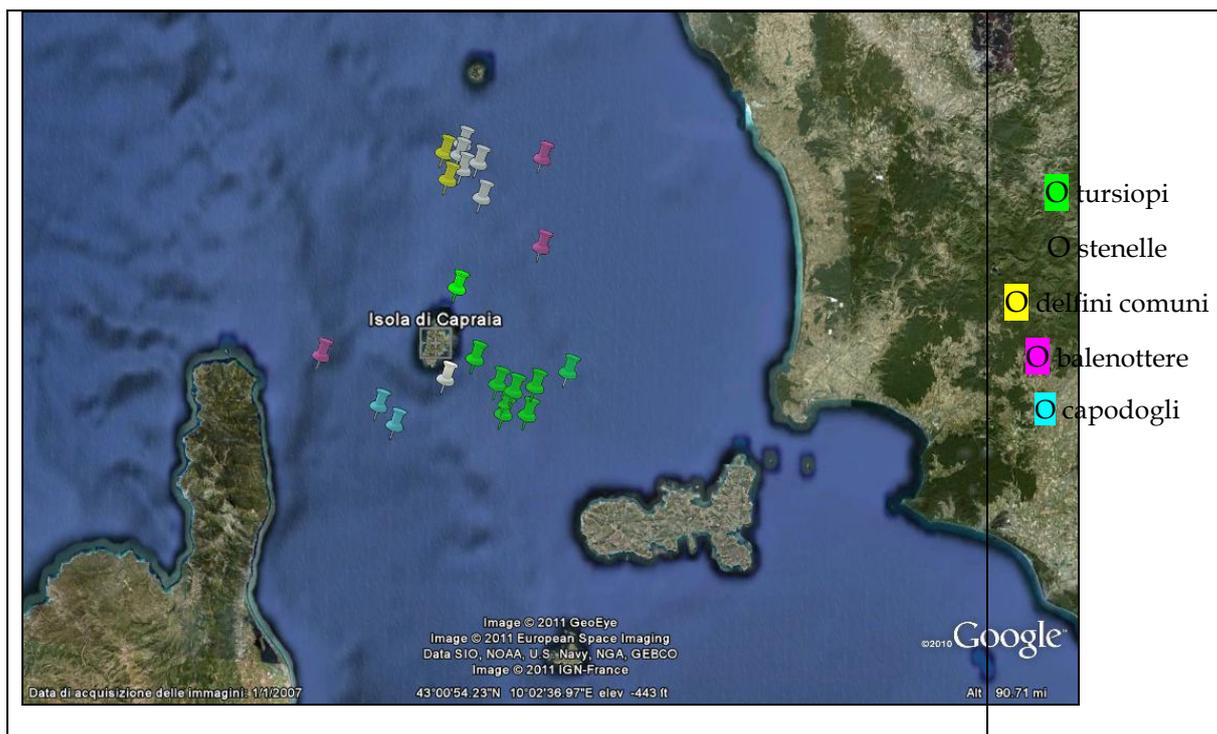


Fig. 15 - Distribuzione degli avvistamenti specie per specie negli anni 2004-2010 limitatamente all'area intorno all'Isola di Capraia.

Riferimenti bibliografici

- Boudouresque C.F., Bertrandy M.C., Bouladier E., Foret P., Meinesz A., Pergent G., Vitiello P., 1990 – Le réseau de surveillance des herbiers de posidonies mise en place en Région Provence-Alpes-Cote d'Azur (France), Rapp. Comm. Int. Mar. Medit., 32 : 11.
- Cagnolaro L., Di Natale A., Notarbartolo di Sciara G. (1983) – Cetacei. Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque lagunari e costiere italiane. AQ/1/224, 9. CNR, Roma. 186 p.
- Duarte C.M., 2002. The future of seagrass meadows. *Environmental Conservation*, 29(2): 192-206.
- Gacia E., Duarte C. M., Middelburg J. J., 2002. Carbon and nutrient deposition in a Mediterranean seagrass (*Posidonia oceanica*) meadow. *Limnol. Oceanogr.*, 47(1), 2002, 23–32.
- Notarbartolo di Sciara G., 1994 La cetofauna del bacino corso-ligure provenzale: rassegna delle attuali conoscenze. *Biol.Mar.Medit.*, 1(1): 95-98
- Nuti S., Bedocchi D., Giuntoli L. 2009 Distribuzione degli avvistamenti di cetacei nell'Arcipelago Toscano. Convegno Nazionale sui Cetacei e le Tartarughe Marine. Riccione.
- Nuti S., Bedocchi D., Giuntoli L., 2006 Distribuzione degli avvistamenti di cetacei nell'Arcipelago Toscano. Convegno Nazionale sui Cetacei e Tartarughe Marine. Riccione.
- Nuti S., Chiericoni V., 2001 Preliminary data on the occurrence, distribution and feeding behaviour of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in a southern location of the International Sanctuary for Mediterranean cetaceans. 15th E.C.S. Rome, 449.
- Nuti S., Giorli G., Bedocchi D., Bonelli P., 2007) Distribution of cetacean species in the Tuscan Archipelago as revealed by Gis and fotografics records with special regard to the bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus* Montagu, 1821). 35th Annual Symposium of European Association for Aquatic Mammals. Antibes, FRANCE.
- Orsi-Relini L., Relini G., Cima C., Fiorentino F., Palandri G., Relini M., Torchia G. (1992) - Una zona di tutela biologica ed un parco pelagico per i cetacei del Mar Ligure. *Boll.Mus.Ist.biol. Univ.Genova*, 56-57: 247-281