



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DELLA
Tuscia

Laboratorio di Oceanologia Sperimentale ed Ecologia
Dipartimento di Scienze Ecologiche e Biologiche (DEB)

PORTI
ROMA
LAZIO

RICEV
20. APR 2015 16:24



A.P. Civitavecchia - PORTI LAZIO

Prot. **0006111** del 20/04/2015 ore 16:30:00
Tit.
Registro: E

All'Autorità Portuale
di Civitavecchia, Fiumicino e Gaeta
Molo Vespucci - Porto di Civitavecchia
00053 Civitavecchia

Alla c.a. Dell'Ing. Calogero Burgio

Civitavecchia, li 20.04.2015

Oggetto: circoscrizione portuale di Civitavecchia;
addendum n.2 del 02.08.2011 (prot. AP. 9350 del 03.08.2011);
relazione attività.

Allegati:

- Relazione delle attività relative allo studio del limite inferiore delle praterie di *Posidonia oceanica* (L.) *Delile* (balisage) nell'area di studio compresa tra Marina di Tarquinia e Santa Severa.

REL-212-MON-0415-AP	08/04/15
Redatto	
Dott.ssa Selvaggia Cognetti de Martiis	<i>Selvaggia Cognetti de Martiis</i>
Dott. Emanuele Mancini	<i>Emanuele Mancini</i>
Dott.ssa Monica Giovacchini	<i>Monica Giovacchini</i>
Dott.ssa Viviana Piermattei	<i>Viviana Piermattei</i>
Approvato	
Prof. Marco Marcelli	<i>Marco Marcelli</i>

Laboratorio di Oceanologia Sperimentale ed Ecologia Marina,
Porto di Civitavecchia-Molo Vespucci-Imbarco Fs, snc 00053 Roma - Tel/Fax 0766-366538
Dipartimento di Scienze Ecologiche e Biologiche (DEB)

L.gg dell'Università snc - Blocco C I° piano, 01100 Viterbo Tel) +39 0761357742; FAX +39 0761357751
P.I. 00575560560 C.F. 80029030568

*Originali per
Fini 20/4/2015*



Laboratorio di Oceanologia Sperimentale ed Ecologia Marina
DEB – Università degli Studi della Tuscia

Relazione delle attività relative allo studio del limite inferiore delle praterie di
***Posidonia oceanica* (L.) Delile (*balisage*)**
nell'area di studio compresa tra Marina di Tarquinia e Santa Severa

INDICE

1	Introduzione	3
2	Oggetto e scopo	5
3	Materiali e metodi	5
	<i>3.1 Campionamento su transetto orizzontale (stazione sul limite inferiore)</i>	<i>7</i>
	<i>3.2 Densità</i>	<i>8</i>
	<i>3.3 Copertura</i>	<i>8</i>
	<i>3.4 Analisi fenologiche dei campioni di Posidonia oceanica</i>	<i>10</i>
	<i>3.5 Calcolo dei parametri fenologici</i>	<i>10</i>
4	Descrizione delle attività	11
	<i>4.1 Monitoraggio delle praterie presenti nell'area di studio</i>	<i>11</i>
	<i>4.2 Scelta di 4 siti di campionamento idonei allo scopo preposto</i>	<i>12</i>
	<i>4.3 Posizionamento dei corpi morti in ciascuno dei siti individuati (balisage)</i>	<i>13</i>
5	Risultati	15
6	Report fotografico	19
7	Discussione conclusiva	25

BIBLIOGRAFIA

1 Introduzione

Le fanerogame marine sono annoverate tra gli ecosistemi che rivestono il maggiore ruolo ecologico, geologico ed economico delle aree costiere di tutto il mondo (Spalding et al., 2003; Rotini et al., 2013; Boudouresque *et al.*, 2013); in particolare, le praterie sommerse di *Posidonia oceanica* costituiscono una delle realtà più studiate e più importanti del Mar Mediterraneo (Duarte, 2002). Negli ultimi decenni, le ricerche scientifiche sulle piante marine hanno avuto un forte sviluppo che, favorito dalla base sistematica rappresentata dalla monografia di Den Hartog (1970), ha permesso di passare da una fase iniziale, di tipo descrittivo e sistematico, a quella attuale, di taglio ecofisiologico, molecolare e sperimentale. Le praterie di *Posidonia oceanica*, pianta endemica del Mar Mediterraneo, svolgono molteplici funzioni all'interno del sistema costiero, sia a livello fisico che ecologico: proteggono le coste dall'erosione operata dal mare (Jeudy de Grissac e Boudouresque, 1985), stabilizzano e consolidano i fondali grazie all'intreccio di foglie, radici e rizomi, (contribuendo a contrastare un eccessivo trasporto di sedimenti sottili da parte delle correnti costiere (Borg, 2006)), ossigenano le acque grazie ai processi fotosintetici (liberano nell'ambiente fino a 20 litri di ossigeno al giorno per m² di prateria (Boudouresque e Meinesz, 1982)), producono ed esportano grandi quantità di biomassa, oltre ad offrire riparo e ad essere aree di riproduzione e di *nursery* per molti organismi marini (Mazzella *et al.*, 1995). Inoltre, la notevole sensibilità di questa pianta marina ad ogni perturbazione naturale o artificiale, la rende un ottimo indicatore biologico per determinare la qualità delle acque marine costiere (Dolce, 2010).

Il fondamentale ruolo ecologico, conferisce alla *Posidonia oceanica* un elevato valore economico per il Mar Mediterraneo (si pensi che è stato stimato che il valore economico dell'ecosistema "posidonieto" sia dieci volte maggiore rispetto a quello della foresta tropicale e circa tre rispetto a quello della barriera corallina) e molti studi mirano all'elaborazione di piani di monitoraggio e protezione che mettano al centro la sostenibilità ecologica/economica di questa fanerogama marina (Costanza, 1997). Infatti, l'aumentato interesse, negli ultimi decenni, per lo studio della *Posidonia oceanica*, è dovuto in primo luogo alla sua regressione, registrata in tutto il Mediterraneo: la finalità è la comprensione delle cause di questo declino e l'elaborazione di piani di gestione costiera adeguati (Ardizzone e Migliuolo, 1982). L'arretramento delle praterie di *Posidonia oceanica*, stimato annualmente tra il 2 e il 5% (Duarte, 2002; Orth *et al.*, 2006), è dovuto principalmente a: modifica del regime idrologico e trasporto litoraneo (Ruiz e Romero, 2003),

inquinamento ed eutrofizzazione (Balestri *et al.*, 2004; Burkholder *et al.*, 2007), presenza di impianti di acquacoltura (Pergent-Martini *et al.*, 2006; Apostolaki *et al.*, 2009), e ancoraggio (Milazzo *et al.*, 2004; Montefalcone *et al.*, 2008).

In particolare, il tratto di costa preso in considerazione in questo studio, compreso tra Marina di Tarquinia e Santa Severa (nord del Lazio), ospita uno dei porti turistici più grandi d'Europa (Civitavecchia) e un importante polo energetico (Centrale di Torrevaldaliga).

Uno strumento utile per monitorare a livello spaziale e temporale la dinamica delle praterie è il monitoraggio dei limiti: il limite superiore è la batimetria più superficiale (anche 0 m per praterie affioranti) alla quale inizia la prateria e il limite inferiore (fino, al massimo, a 40-50 m circa) quella più profonda alla quale essa si spinge. Generalmente si sottopone a monitoraggio il limite inferiore della prateria, il quale, essendo ecologicamente più fragile di quello superiore, testimonia sinteticamente la dinamica dell'intera prateria e l'evoluzione del suo stato di salute (APAT-ICRAM-SIBM, 2003). Sono state definite 4 diverse tipologie di limite inferiore (Meinesz e Laurent, 1978; Pergent *et al.*, 1995):

- 1- limite progressivo: caratterizzato da un'alta percentuale di rizomi plagiotropi disposti parallelamente secondo la direzione della pendenza e dalla mancanza di *matte*. In questo caso la progressione batimetrica della prateria non è influenzata dalla graduale diminuzione della luce;
- 2- limite netto: caratterizzato da una brusca interruzione della prateria, dalla presenza di rizomi, sia ortotropi che plagiotropi e dalla mancanza di *matte*; in questo caso l'intensità luminosa è un fattore limitante.
- 3- limite erosivo: caratterizzato dalla presenza di un netto gradino di *matte* esposta con prevalenza di rizomi ortotropi. L'idrodinamismo, in questo caso, sembra essere il fattore che limita l'avanzamento della prateria;
- 4- limite regressivo: caratterizzato dalla presenza di *matte* morta su cui persistono isolati ciuffi vivi. Un limite di questo tipo indica una regressione della prateria dovuta ad un aumento della torbidità.

La notevole sensibilità della pianta alle perturbazioni naturali e/o artificiali, ha spinto le autorità nazionali, europee ed internazionali ad azioni volte alla sua protezione (Buia *et al.*, 2003).

Per l'importanza che riveste nei sistemi costieri, anche a livello normativo la *Posidonia oceanica* è stata inclusa nella Lista Rossa delle specie marine del Mediterraneo a rischio di estinzione (Boudouresque *et al.*, 1990); è citata nell'Annesso I (specie rigorosamente protette) della

Convenzione di Berna e nell'Annesso II (specie minacciate) del Protocollo delle Aree Specialmente Protette della Convenzione di Barcellona; inoltre, nel "Piano d'Azione per la conservazione della vegetazione marina in Mediterraneo", adottato dai paesi mediterranei nell'ambito della Convenzione di Barcellona nel 1999, le nazioni aderenti si sono impegnate a condurre mappature delle praterie di *P. oceanica* presenti lungo le loro coste. Le praterie di *P. oceanica* sono anche inserite tra gli habitat prioritari nell'Allegato I della Direttiva EC 92/43/EEC del 21 maggio 1992, relativa alla Conservazione degli Habitat Naturali e della Fauna e della Flora Selvatiche. La Direttiva definisce questi habitat prioritari come Siti di Interesse Comunitario (SIC), la cui conservazione richiede la designazione di Aree Speciali di Conservazione.

2 Oggetto e scopo

Come precedentemente riportato, la distribuzione delle praterie è controllata dalla disponibilità di luce, specialmente in prossimità del limite inferiore. L'attenuazione della luce, dovuta a processi sia naturali che antropici porta ad una riduzione dei processi fotosintetici. (Ralph *et al.*, 2007). Lo studio delle variazioni spazio-temporali della struttura delle praterie e del loro limite inferiore, permette, quindi, di diagnosticarne le tendenze evolutive e di predirne eventuali cambiamenti futuri. Lo scopo dell'intero progetto è quello di caratterizzare, nella prima fase, e monitorare, nelle fasi successive per n.4 anni, la variazione del limite inferiore delle praterie di *Posidonia oceanica* nell'area di studio compresa tra Marina di Tarquinia e Santa Severa (Mar Tirreno, Lazio, Italia). Il presente documento descrive le attività effettuate nella prima fase di progetto, in particolare:

- monitoraggio delle praterie presenti nell'area di studio, per un totale di 18 stazioni;
- scelta del quarto sito di campionamento idoneo agli scopi preposti;
- posizionamento dei corpi morti nel quarto sito individuato (*balisage*);
- monitoraggio del limite inferiore nei 4 punti individuati.

3 Materiali e metodi

Si utilizza come modello il protocollo adottato dal *Reseau de Surveillance Posidonies* (Bertrand *et al.*, 1986). Questo protocollo prevede l'uso di corpi morti (*balises*) da collocare sul

fondo (ICRAM, 2001-2003).

Ciascun corpo morto è munito di un anello centrale per l'installazione di un galleggiante che riporta il relativo codice identificativo e la data di impianto.

In ciascun sito vengono installati i corpi morti, secondo la procedura di seguito descritta:

- identificazione del limite inferiore della prateria;
- marcatura con un picchetto del punto centrale scelto;
- posizionamento geografico del punto centrale con la migliore precisione possibile.

I corpi morti vengono disposti a 5 metri di distanza l'uno dall'altro e a stretto contatto con il limite inferiore. Per essere individuate più facilmente nelle successive immersioni di controllo, le aste metalliche sporgono dal fondo di circa 50-60.

Le riprese fotografiche successive verranno effettuate a 1,5 metri da ciascun corpo morto, a valle rispetto al limite della prateria. Queste ultime dovranno essere realizzate in tre fasi, una centrata sul corpo morto e altre due rispettivamente a destra e a sinistra di questo. Le riprese si effettuano in orizzontale, ad un'altezza di 0,5 metri rispetto al fondo con obiettivo da 35 mm.

In ogni sito (Tab.1), in una banda di 10 metri di larghezza a monte del limite lungo la linea dei corpi morti, vengono rilevati i seguenti dati:

- profondità;
- tipo di limite (netto, progressivo, erosivo, regressivo);
- verifica dello stato di continuità della prateria a monte del limite;
- stima del ricoprimento della prateria;
- stima della densità dei fasci fogliari;
- portamento predominante dei rizomi (% rizomi plagiotropi);
- stima della percentuale di scalzamento della prateria;
- valutazione litologica della natura del fondale a valle dei corpi morti (roccia, ghiaia, sabbia, fango);
- prelievo dei campioni di *Posidonia oceanica* per le analisi biologiche.

In corrispondenza di uno o due corpi morti si esegue poi il prelievo di sedimento per le analisi granulometriche.

Su ciascun sito viene effettuato un monitoraggio di controllo con cadenza semestrale, al fine di valutare la tendenza evolutiva della prateria oggetto di studio.

Parametro	Unità di misura	Sintesi
Scalzamento dei rizomi ortotropi	centimetri	cm
Scalzamento dei rizomi plagiotropi	centimetri	cm
Profondità limite inferiore	metri	m
Tipo di limite	1=netto 2=progressivo 3=erosivo 4= regressivo	1-2-3-4
Scalzamento della prateria	% n. rizomi scalzati/n. rizomi totali	%
Portamento rizomi (% rizomi plagiotropi)	% rizomi plagiotropi	%
Distanza dal picchetto n.1 al limite inf.	centimetri	cm
Distanza dal picchetto n.2 al limite inf.	centimetri	cm
Distanza dal picchetto n.3 al limite inf.	centimetri	cm

Tab. 1. Parametri prelevati in prossimità del limite inferiore della prateria e relative unità di misura.

3.1 Campionamento su transetto orizzontale (stazione sul limite inferiore)

Sul limite inferiore indagato il campionamento è stato realizzato lungo un transetto orizzontale, in corrispondenza dei *balises* (i.e. transetto di 10m).

Sono stati effettuati:

- n. 6 repliche per le misure di densità;
- n. 6 repliche di copertura;
- prelievo di n. 6 fasci ortotropi per le analisi fenologiche;
- prelievo di n. 1 campione di sedimento per le analisi granulometriche.

Le repliche sono casuali lungo il transetto e distanziate tra loro di minimo 1m. Vengono anche in questo caso valutate: la percentuale di ricoprimento della *P. oceanica*, il tipo di substrato, la continuità della prateria, la percentuale di matte morta, la percentuale di *Caulerpa racemosa*, la percentuale di *Cymodocea nodosa*, lungo la totalità del transetto.

Durante le fasi di monitoraggio del limite inferiore delle praterie verranno effettuate stime di densità assoluta e di copertura del substrato.

3.2 Densità

Come mostrato in Fig.1, per ottenere il valore di densità assoluta, si effettua la conta dei fasci fogliari che ricadono all'interno di un quadrato 40x40 cm, lasciato cadere dall'operatore in maniera casuale sul fondo; la misura viene poi stimata per m².

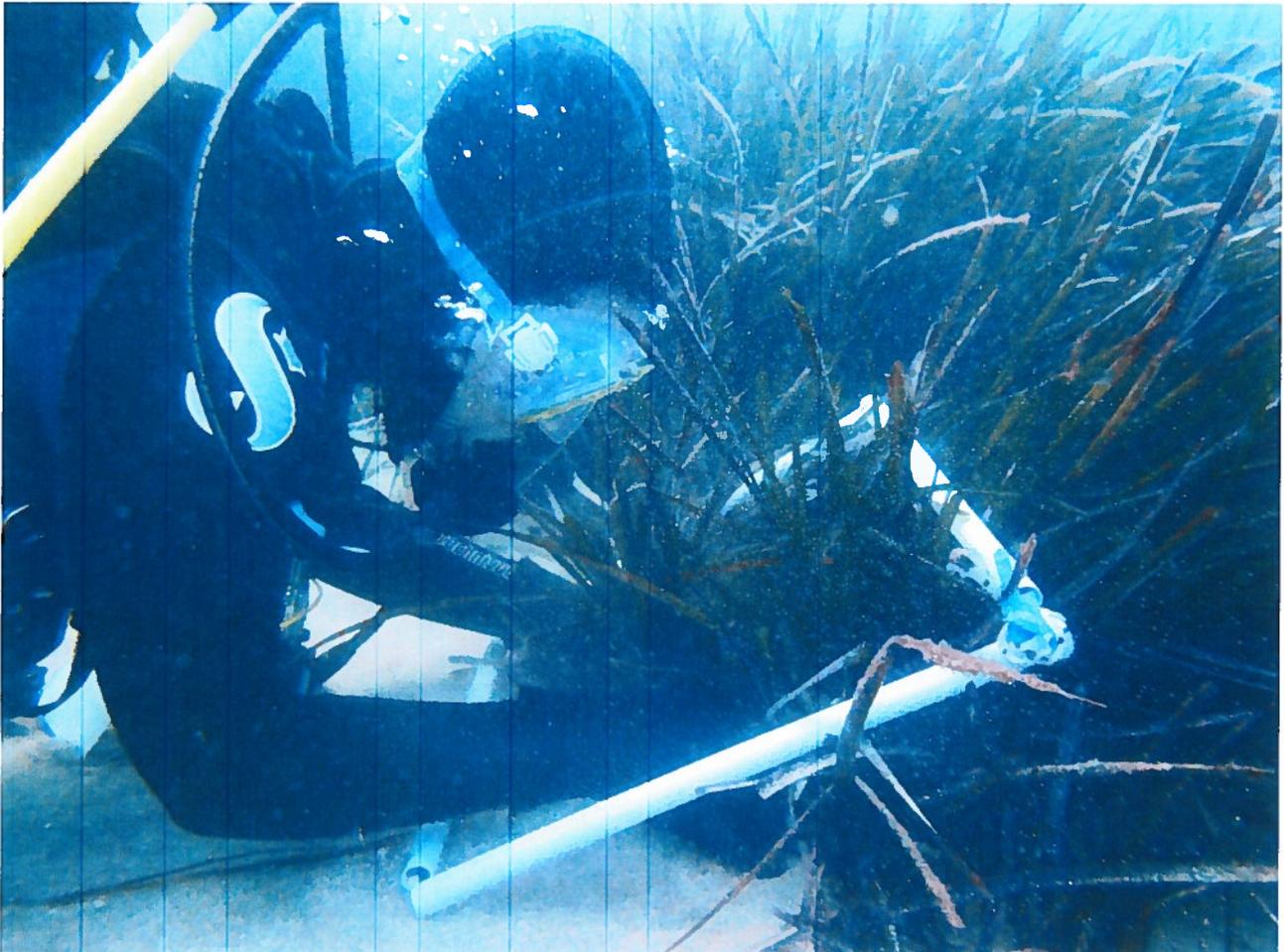


Fig. 1. Rilievo fotografico effettuato ad un operatore subacqueo durante la conta dei fasci fogliari in un quadrato 40 x 40 cm.

3.3 Copertura

Per ottenere il valore medio di ricoprimento percentuale, in ogni stazione vengono effettuate 10 repliche. L'operatore posiziona sul fondo un quadrato di 1x1m, suddiviso a sua volta in 16 sub-quadrati, e stima visivamente il numero di quadrati in cui la *Posidonia oceanica* è presente; la misura in sedicesimi viene poi convertita in percentuale. Al fine di ottenere una maggiore precisione nel-

la conta dei quadrati, al fine di ottenere la percentuale di copertura, viene eseguito un rilievo fotografico per ciascuna replica (Fig.2).

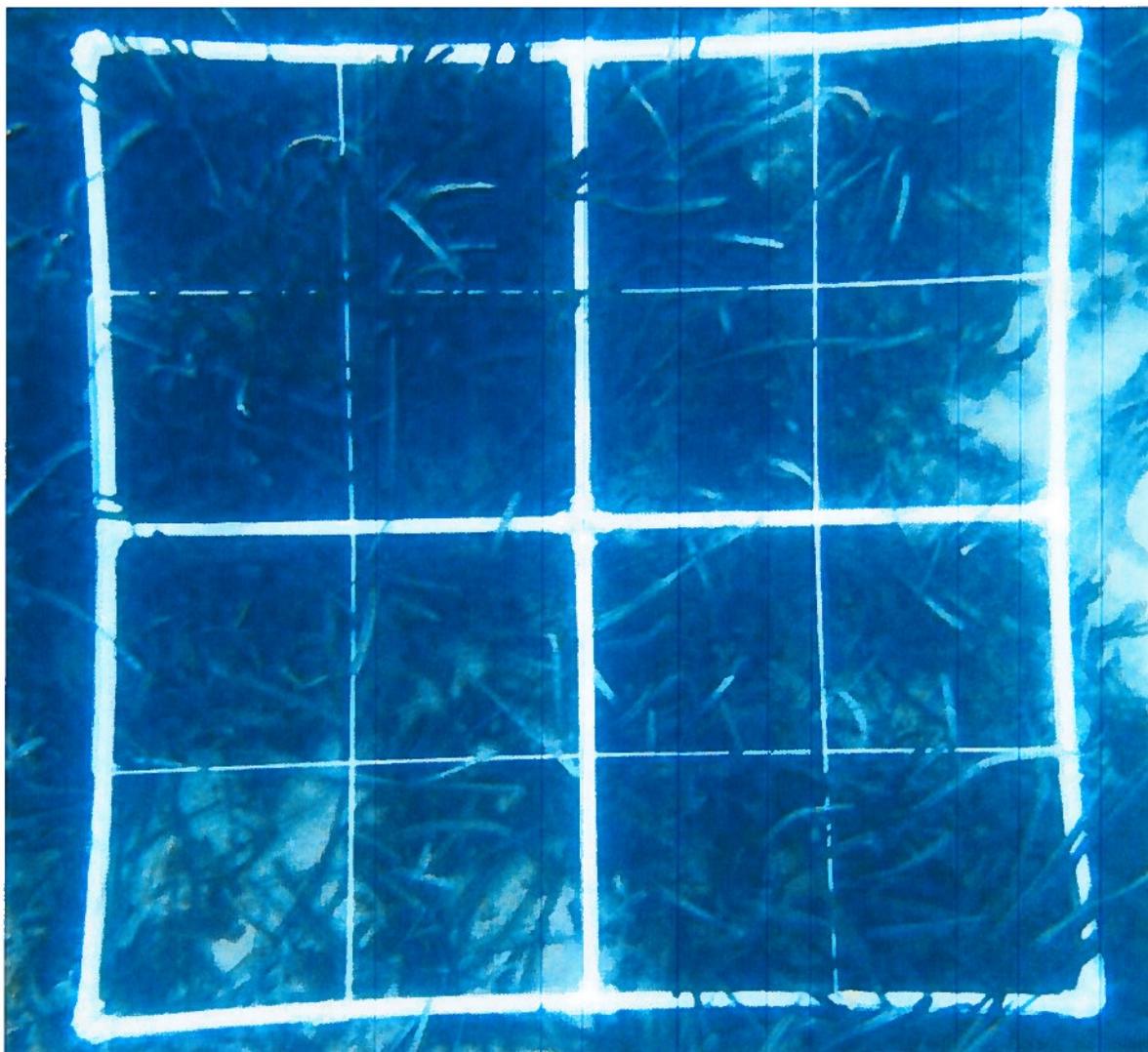


Fig. 2. Rilievo fotografico effettuato per la stima della copertura percentuale della *Posidonia oceanica*.

3.4 Analisi fenologiche dei campioni di Posidonia oceanica

I fasci fogliari raccolti in ognuna delle stazioni di campionamento sono stati trasportati in laboratorio, dove sono state effettuate le analisi fenologiche. Tutti i campioni sono stati lavati in acqua dolce prima di essere analizzati. Le misurazioni, da effettuare su n.6 fasci fogliari per le stazio-

ni del limite inferiore riguardano i descrittori morfometrici fondamentali delle foglie, ed in particolare:

- larghezza delle foglie giovanili;
- lunghezza totale delle foglie giovanili;
- lunghezza totale delle foglie intermedie;
- lunghezza tessuto bruno delle foglie intermedie;
- larghezza delle foglie adulte;
- lunghezza tessuto bruno foglie adulte.

Per effettuare tali misurazioni ogni fascio fogliare è stato separato nelle singole foglie che lo compongono, mediante l'utilizzo di una pinzetta, procedendo dalla foglia più esterna a quelle più interne e disponendo le foglie in successione di classe decrescente su un piano.

Dopo le misurazioni, le foglie sono state suddivise nelle seguenti categorie:

- giovanili, lunghe meno di cinque centimetri e senza ligula;
- intermedie, lunghe più di cinque centimetri e senza ligula;
- adulte, con ligula.

Si ricava così il numero di foglie sia totale che per categoria (foglie adulte, intermedie e giovanili).

3.5 Calcolo dei parametri fenologici

Sulla base delle misurazioni effettuate sull'apparato fogliare, vengono calcolati i seguenti parametri fenologici:

- numero medio di foglie per ciuffo delle varie categorie ed in totale;
- coeff. A (% di apici rotti sul numero totale di foglie);
- lunghezza media delle foglie per categorie ed in totale;
- larghezza media delle foglie per categorie ed in totale;
- indice fogliare (LAI) per fascio e per m^2 .

4 Descrizione delle attività

4.1 Monitoraggio delle praterie presenti nell'area di studio

Nel periodo maggio-giugno 2013, è stata effettuata, da parte del Laboratorio di Oceanologia Sperimentale ed Ecologia Marina, la caratterizzazione delle praterie di *Posidonia oceanica* presenti all'interno dell'area di studio (Marina di Tarquinia-Santa Severa), per un totale di 18 siti (REL-176-MON-0614-AP, 25/06/14). In ciascuna stazione sono state raccolte informazioni di tipo quantitativo (densità assoluta e copertura percentuale) e qualitativo (tipologia di substrato, tipologia di prateria, profondità, presenza di macroalghe o di altre fanerogame, presenza di oggetti di origine antropica etc.). Sono stati inoltre prelevati 30 fasci fogliari per ciascuna delle 18 praterie (Fig.1), per un totale di 540 campioni, destinati alle analisi di laboratorio (fenologia, lepidocronologia e genetica).

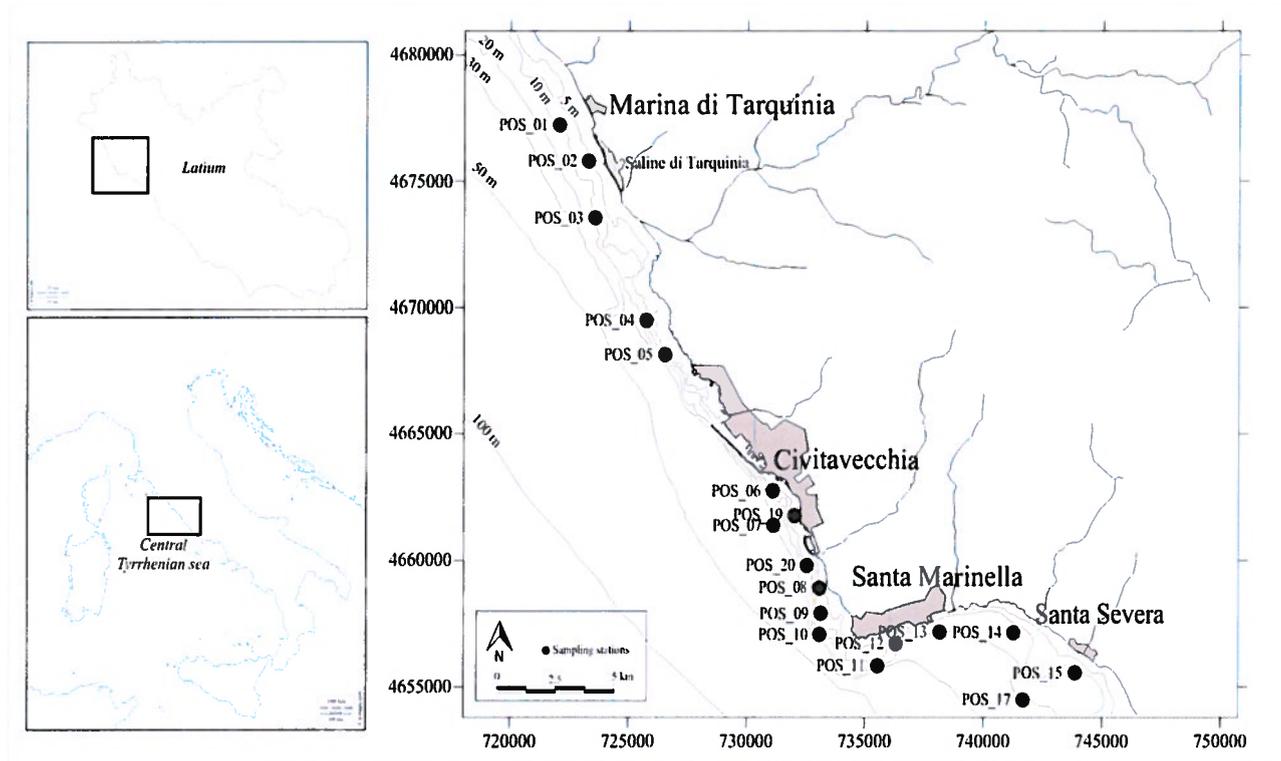


Fig. 3. Area di studio e siti di campionamento monitorati a maggio-giugno 2013.

4.2 Scelta di n.4 siti di campionamento idonei allo scopo preposto

Alla luce di quanto riportato dai risultati di questa caratterizzazione, dagli studi preliminari presenti in bibliografia e dalla cartografia disponibile, sono stati identificati 4 siti per le attività di *balisage* (Tab 2).

Stazione	Località	Latitudine; Longitudine (WGS84)	Profondità
PB0	“Sant’Agostino”	42.15789 N; 011.72045 E	~ 19.5
PB1	“La Frasca”	42.14562 N; 011.72827 E	~ 21m
PB2	Capo Linaro	42.03780N; 011.81564 E	~ 20 m
PB3	Santa Marinella	42.02007 N; 011.85164 E	~ 13 m

Tab 2. Località, Coordinate UTM e profondità dei 4 siti individuati per il monitoraggio del limite inferiore delle praterie di *Posidonia oceanica* presenti nell'area di studio.

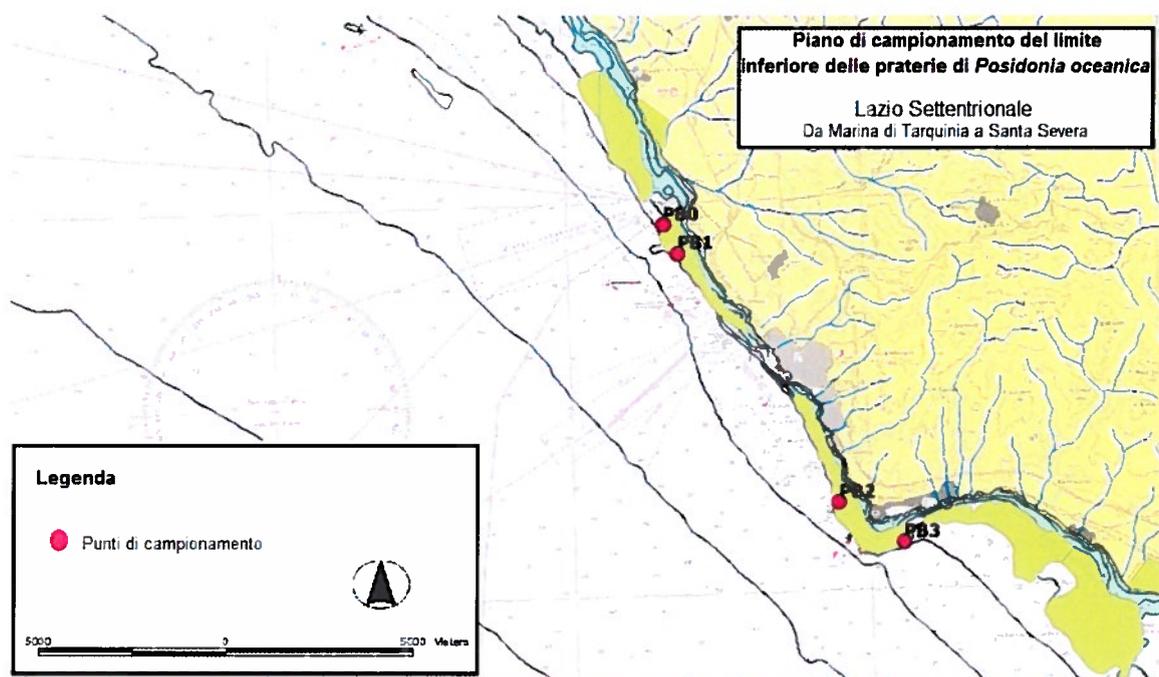


Fig. 4. Carta rappresentante i SIC compresi nell'area di studio e le n.4 stazioni esaminate.

4.3 Posizionamento dei corpi morti in ciascuno dei siti individuati (Balisage)

In corrispondenza di ognuna delle praterie considerate, sono stati posizionati i picchetti per il monitoraggio del limite inferiore (Fig.5), (nel Maggio-Giugno 2014 per i punti PB1, PB2, PB3 e nel Febbraio-Marzo 2015 per il punto PB0). Le coordinate dei punti di posizionamento di ciascuna asta metallica, appositamente munita di galleggiante sommerso di riconoscimento (pedagno), (Fig.6), sono state registrate tramite GPS per l'individuazione. Per ciascuna stazione sono stati posizionati n.3 picchetti, ad una distanza di 5 m l'uno dall'altro.

Per ciascuna delle quattro praterie di *Posidonia oceanica* identificate, sarà controllato con cadenza semestrale l'eventuale arretramento del limite inferiore mediante la tecnica del *balisage*, come previsto dal DLGS 3 aprile 2006 n° 152 e sue modifiche apportate con Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del territorio e del Mare 14 aprile 2009 n° 56, per i metodi di campionamento degli elementi di qualità biologica si fa riferimento al manuale APAT 46/2007, ai manuali ISPRA ed ICRAM per le acque marino-costiere e di transizione e alle “Metodologie Analitiche di Riferimento (Programma di Monitoraggio per il controllo dell'Ambiente marino costiero (Triennio 2001- 2003)” Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, ICRAM, Roma 2001 e successivi aggiornamenti).



Fig. 5. Posizionamento di uno dei 3 picchetti, in prossimità del limite inferiore della stazione PB3.

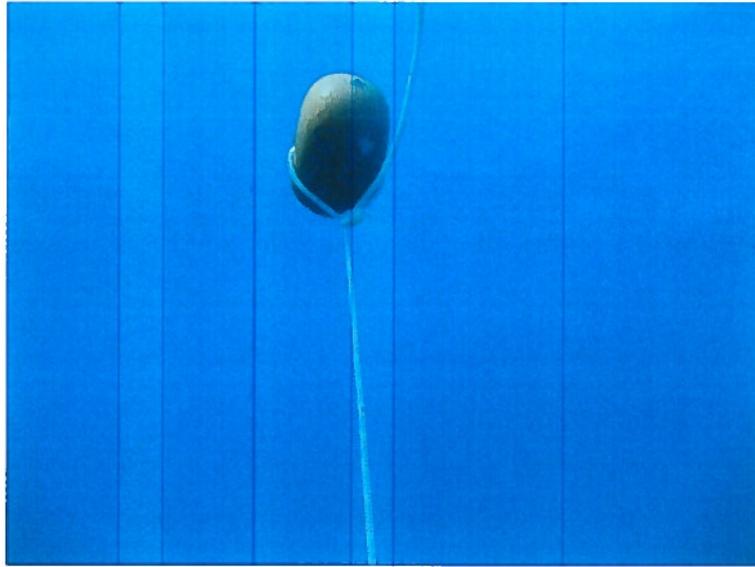


Fig. 6. Pedagno sommerso di riconoscimento, con data di campionamento e codice della stazione.

5 Risultati

In Tabella 3 si riportano la profondità, la tipologia di substrato ed i valori medi (\pm deviazione standard) dei principali parametri di macroripartizione (densità e copertura) delle 4 praterie oggetto di studio, in prossimità del limite inferiore. Il valore medio della densità assoluta varia tra 133.3 fasci/m² (stazione PB1) e 271.9 fasci/m² (stazione PB3).

Raggruppando le stazioni per area geografica (Nord e Sud del Porto di Civitavecchia), si nota che il valore medio di densità assoluta è maggiore per le stazioni a Sud del porto, rispetto a quelle a Nord, con valori rispettivamente di 137 fasci/m² e 235 fasci/m².

Va sottolineato che le differenze nella densità delle piante di *Posidonia oceanica* in prossimità del limite inferiore, non dipendono solamente dalle differenze nello stato di salute della prateria stessa, ma anche dalla tipologia di limite; infatti, in praterie che presentano un limite inferiore di tipo netto o erosivo, la densità dei fasci fogliari si interrompe bruscamente, quindi si registrano valori simili a quelli interni alla prateria. Di contro, in praterie con limite inferiore di tipo progressivo o erosivo, si ha un andamento rispettivamente crescente e decrescente verso le batimetrie più elevate, quindi, campionando le piante in prossimità del limite, si possono registrare densità minori rispetto a quelle interne alla prateria. I valori medi di copertura percentuale sono

invece risultati maggiori per le stazioni meridionali rispetto a quelle settentrionali, rispettivamente con 5.73 e 2.66 %.

Stazione	Profondità	Substrato	Densità assoluta (fasci/m ² ± dev. st.)	Copertura (% ± dev. st.)
PB0	19.5	SABBIA E MATTE	140.62 ± 29.77	2.16 ± 1.69
PB1	21	SABBIA E MATTE	133.33 ± 19.23	3.16 ± 1.94
PB2	20	SABBIA	198.96 ± 26.04	6.83 ± 0.75
PB3	13	SABBIA, ROCCIA E MATTE	271.87 ± 34.63	4.66 ± 1.63

Tab. 3. Parametri ambientali e strutturali relativi alle 4 praterie esaminate.

In Tabella 4 sono riportati, per ciascuna stazione di campionamento, i seguenti parametri: tipologia di limite presente; tipologia di prateria; rapporto tra fasci ortotropi e plagiotropi; percentuale della *matte*; scalzamento dei rizomi plagiotropi ed ortotropi; scalzamento percentuale della prateria.

Nelle due stazioni a Nord del Porto di Civitavecchia il limite inferiore delle praterie è di tipo progressivo (infatti c'è una bassa percentuale di *matte* morta, 10-20%), la prateria è pura, il rapporto tra fasci ortotropi e plagiotropi è di circa 30-70 e lo scalzamento totale della prateria è di circa il 30 %.

In PB0 lo scalzamento medio dei rizomi ortotropi e di quelli plagiotropi è rispettivamente di 5.02 e 4.16 cm.

In PB1 lo scalzamento medio dei rizomi ortotropi e di quelli plagiotropi è rispettivamente di 6.2 e 3.68 cm.

La stazione PB2 presenta un limite inferiore di tipo netto (caratterizzato dalla totale assenza di *matte*), una prateria pura, un rapporto 50-50 tra fasci ortotropi e plagiotropi ed uno scalzamento della prateria del 50%. Lo scalzamento dei rizomi ortotropi e plagiotropi è rispettivamente di 4.68 e 5.04 cm.

Infine, la stazione PB3 presenta un limite di tipo regressivo, (caratterizzato dalla presenza di *matte* morta sulla quale persistono isolati ciuffi vivi), una prateria mista (con circa il 5% di *Cymodocea nodosa*), una percentuale di *matte* del 50%, un rapporto tra rizomi ortotropi e

plagiotropi di 50-50 ed uno scalzamento della prateria del 100%. Lo scalzamento dei rizomi ortotropi e plagiotropi è rispettivamente di 7.24 e 6 cm.

Stazione	Tipologia limite	Tipologia prateria	Ortotropi/plagiotropi	Matte (%)	Scalzamento medio rizomi ortotropi (cm)	Scalzamento medio rizomi plagiotropi (cm)	Scalzamento medio prateria (%)
PB0	Progressivo	Pura	30-70	20	5.02	4.16	30
PB1	Progressivo	Pura	30-70	10	6.2	3.68	30
PB2	Netto	Pura	50-50	0	4.68	5.04	50
PB3	Regressivo	Mista	50-50	50	7.24	6	100

Tab. 4. Principali parametri descrittivi del limite inferiore di *Posidonia oceanica* per le 4 stazioni esaminate.

In Tabella 5 sono riportate le distanze tra i 3 picchetti posizionati e i fasci fogliari del limite inferiore. Ciò servirà a registrare l'avanzamento e l'arretramento del limite inferiore delle praterie, nel tempo.

Stazione	Distanza dal picchetto 1 (nord) (cm)	Distanza dal picchetto 2 (centro) (cm)	Distanza dal picchetto 3 (sud) (cm)
PB0	32	25	12
PB1	50	36	16
PB2	-	-	-
PB3	50	40	43

Tab. 5. Distanze relative tra i fasci fogliari e i 3 picchetti nelle 4 stazioni esaminate.

Nelle Tabelle 6, 7 e 8 sono riportati i valori dei parametri stimati dalle analisi fenologiche dei fasci fogliari. In Tabella 6 si possono osservare le i valori relativi al numero di foglie medio per fascio fogliare e al numero di foglie relativo a ciascuno dei 3 ranghi fogliari (giovani, intermedie ed adulte). Non sono state registrate differenze significative tra le stazioni (Anova One-Way con $p > 0.05$) per nessuno dei 4 parametri esaminati.

Stazione	N. medio foglie/fascio	N. foglie giovanili	N. foglie intermedie	N. foglie adulte
PB0	5.6	0	4.2	1.4
PB1	6.3	0.3	4.3	1.6
PB2	5.7	0.5	3.8	1.4
PB3	5.2	0.8	3	1.4

Tab. 6. Numero di foglie medio, per fascio e per rango fogliare (giovanili, intermedie, adulte) nelle 4 stazioni esaminate.

In Tabella 7 sono invece rappresentate le dimensioni fogliari (lunghezza e larghezza) per ciascuno dei 3 ranghi fogliari e le dimensioni di base e lembo fogliare per quanto riguarda la foglia più adulta.

Non ci sono differenze significative nella lunghezza e nella larghezza delle foglie giovanili, né nella lunghezza della base della foglia più adulta, né nella larghezza delle foglie appartenenti a ciascun rango fogliare. La lunghezza delle foglie intermedie varia invece da 15.6 cm (PB3) a 22.4 cm (PB0). Le foglie intermedie delle due stazioni del settore Nord sono mediamente più lunghe di quelle del settore Sud, rispettivamente con valori di 21.5 e 16.15 cm.

Stazione	Lunghezza-larghezza foglie giovanili (cm)	Lunghezza-larghezza foglie intermedie (cm)	Lunghezza-larghezza foglie adulte (cm)	Lunghezza base (foglia adulta) (cm)	Lunghezza lembo (foglia adulta) (cm)
PB0	-	22.4 – 0.9	13.6 - 1	3.9	9.7
PB1	2.7 - 0.9	20.6 - 1	15.5 - 1	3.5	12.1
PB2	2.4 - 1	16.7 - 1	10.4 - 1	3.8	6.6
PB3	2.5 - 0.9	15.6 - 1	13.4 - 1	3.8	9.7

Tab. 7. Valori medi di lunghezza e larghezza delle foglie nelle 4 stazioni esaminate.

Anche l'indice di superficie fogliare, o LAI (cm²/fascio), è risultato essere maggiore nelle stazioni a Nord de Porto di Civitavecchia, rispetto a quelle più meridionali, rispettivamente con valori medi di 106.4 e 78.45 cm²/fascio fogliare.

Il valore di coefficiente *a* presenta valori compresi tra 11.05 % (stazione PB3) e 22.2 % nella stazione PB2.

La biomassa media del comparto epigeo (fogliare) ha mostrato il valore minimo nella stazione

PB3 (0.2023 g) e il valore massimo nella stazione PB0 (0.3446 g).

Stazione	LAI medio (cm ² /fascio)	Coefficiente <i>a</i> (%)	Biomassa fogliare (g)
PB0	102.8	14.3	0.3446
PB1	110	13.8	0.3192
PB2	79.6	22.2	0.3211
PB3	77.3	11.05	0.2023

Tab. 8. Valori medi della superficie fogliare, del coefficiente *a* e della biomassa fogliare nelle 4 stazioni esaminate.

In Fig. 7 si riportano le curve di frequenza cumulata dei campioni di sedimento prelevati in ciascuna delle 4 stazioni.

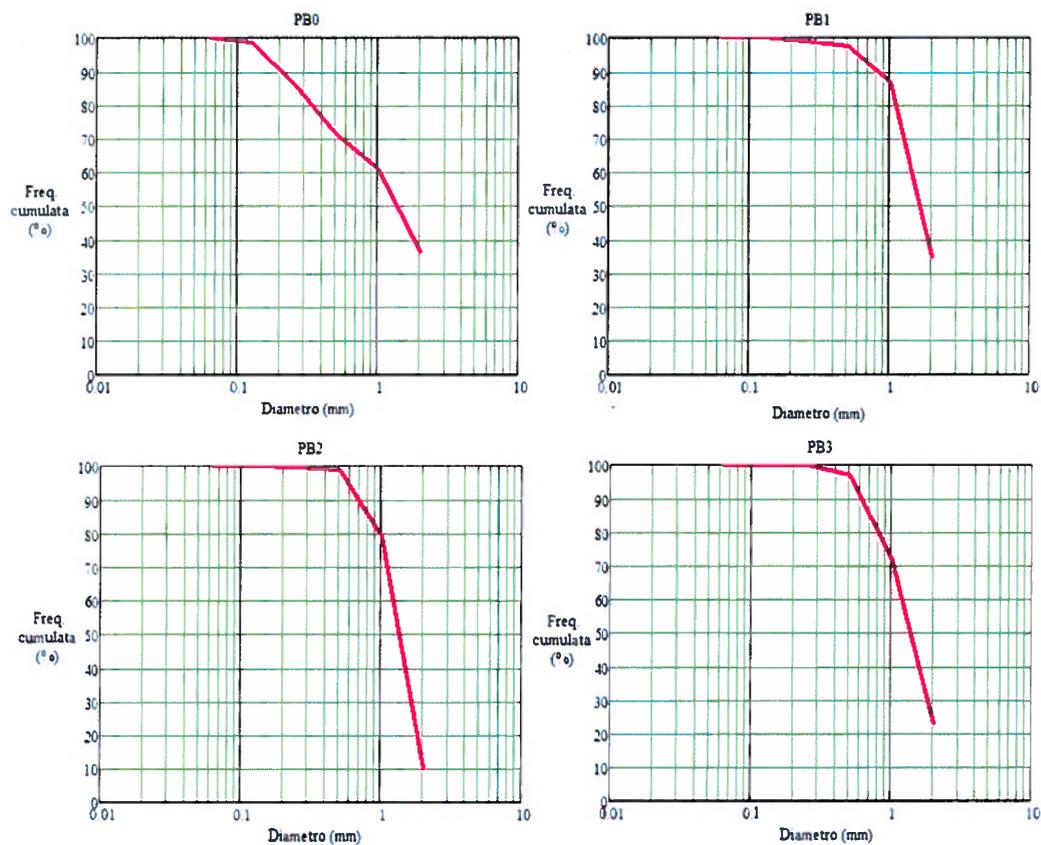


Fig. 7. Curve granulometriche nei quattro siti di campionamento.

Dall'analisi delle curve granulometriche, riportate in Fig. 7, si osserva una prevalenza delle frazioni granulometriche più grossolane (>1mm) in tutte le stazioni di campionamento. La scarsità delle frazioni granulometriche fini denota un forte regime energetico che impedisce la deposizione di materiali siltosi-argillosi, caratteristici invece di profondità più elevate.

6 Report fotografico

Per ciascuna stazione di campionamento (Fig.8, 9, 10, 11, 12, 13) sono stati effettuati alcuni rilievi fotografici. Purtroppo la scarsa visibilità non ha permesso di effettuare foto alle distanze desiderate nelle stazioni esaminate.

Sito PB0

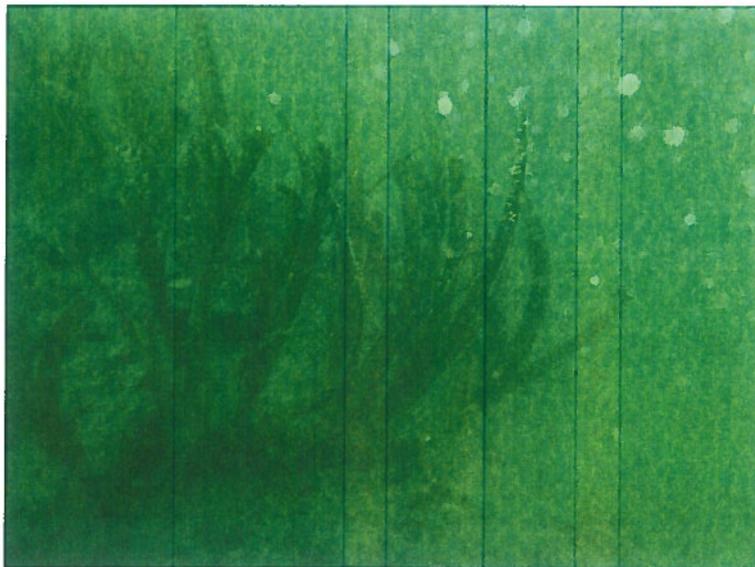


Fig. 8. PB0 - Località "Sant'Agostino". Particolare del limite inferiore.

La stazione PB0 (Fig.8), situata nei pressi della località "Sant'Agostino" ad una profondità di circa 19.5 m, è caratterizzata da un substrato misto di sabbia e *matte* e da una prateria pura e continua. Il limite inferiore è di tipo progressivo, infatti la *matte* è in basse percentuali (20% circa) e i rizomi plagiotropi (prevalenti rispetto a quelli ortotropi, con una percentuale del 70%) si estendono parallelamente alla direzione della pendenza.

Sito PB1



Fig. 9a

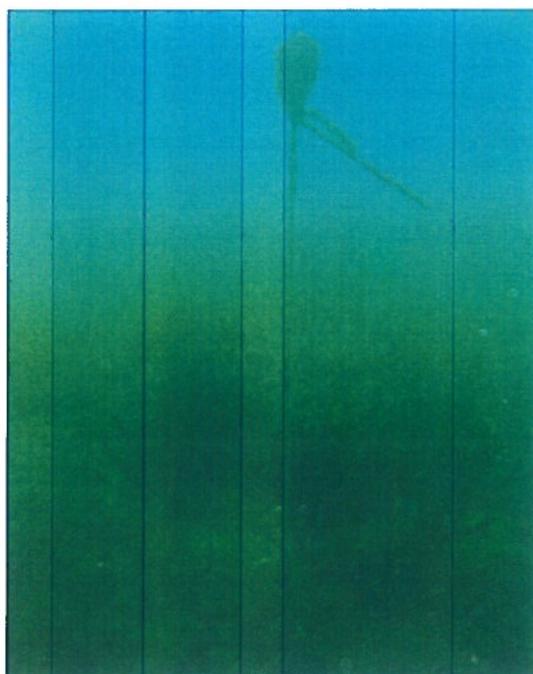


Fig. 9b

Fig. 9 a e b. PB1 - Località "La Frasca". E' possibile vedere 2 dei 3 picchetti posizionati in prossimità del limite inferiore.

La stazione PB1 (Fig.9a e 9b), situata nei pressi della località “La Frasca” ad una profondità di circa 21 m, è caratterizzata da un substrato sabbioso e da una prateria pura e continua. Il limite inferiore è di tipo progressivo, poiché la *matte* è presente in bassa percentuale (10%) e i rizomi plagiotropi (prevalenti rispetto a quelli ortotropi, con una percentuale del 70%), si estendono parallelamente alla direzione della pendenza.

Sito PB2

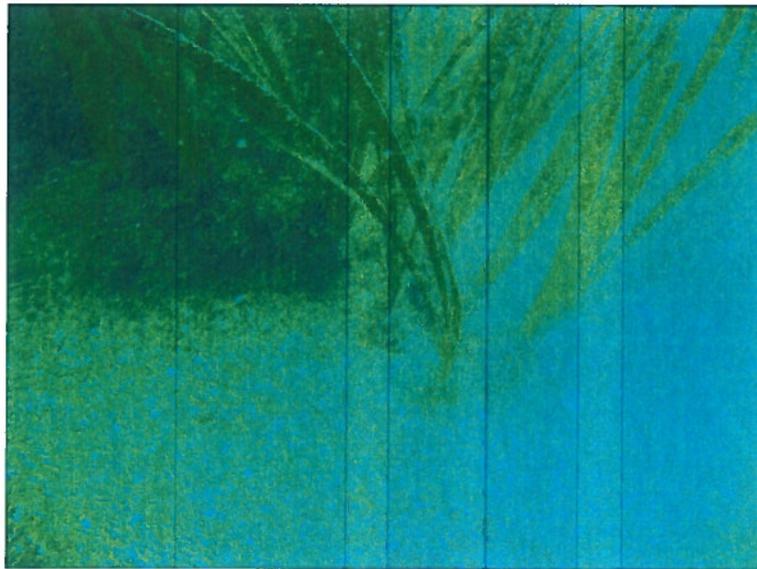


Fig. 10. PB2 - Limite inferiore di tipo netto.

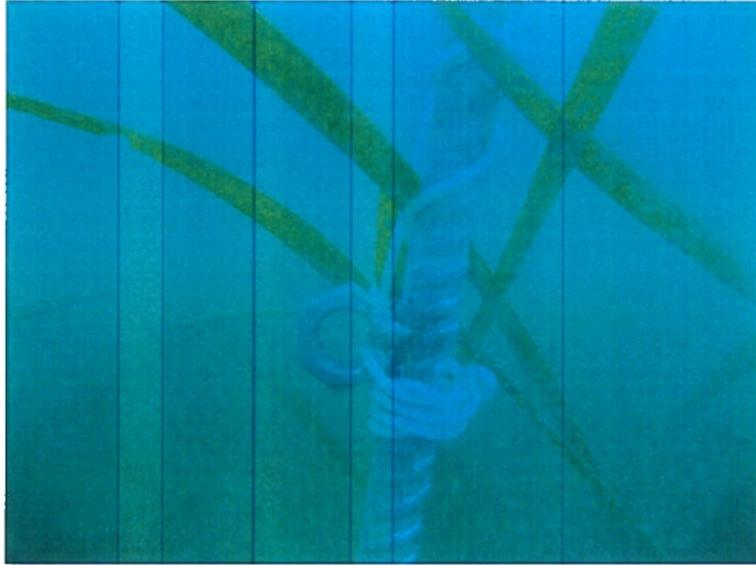


Fig. 11. PB2 - Picchetto posizionato in prossimità del limite inferiore.

La stazione PB2 (Fig.10 e 11), situata nei pressi di Capo Linaro ad una profondità di circa 20 m, è caratterizzata da un substrato sabbioso e da una prateria pura e discontinua. Il limite inferiore è di tipo netto, poiché la matte è assente (0%) e la crescita dei rizomi, sia ortotropi che plagiotropi (in un rapporto di 50-50) si interrompe bruscamente.

Sito PB3

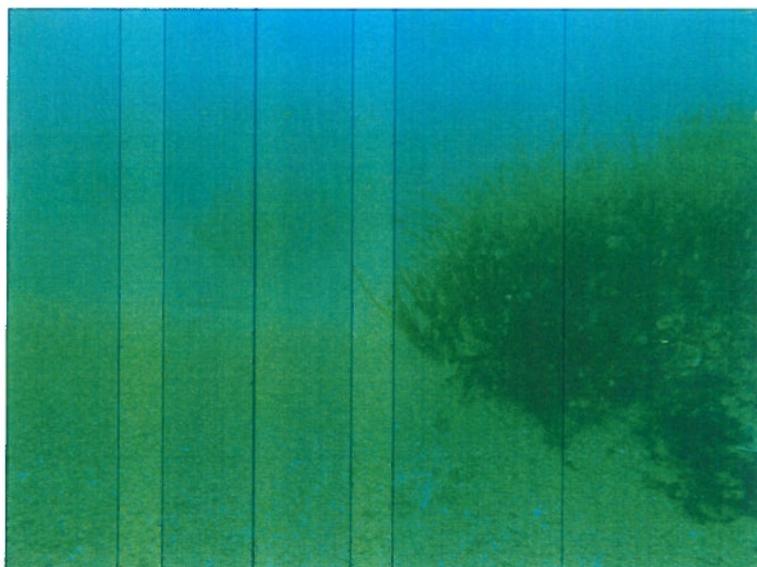


Fig. 12. PB3 - Sito meridionale dell'area di studio. Limite inferiore della prateria.

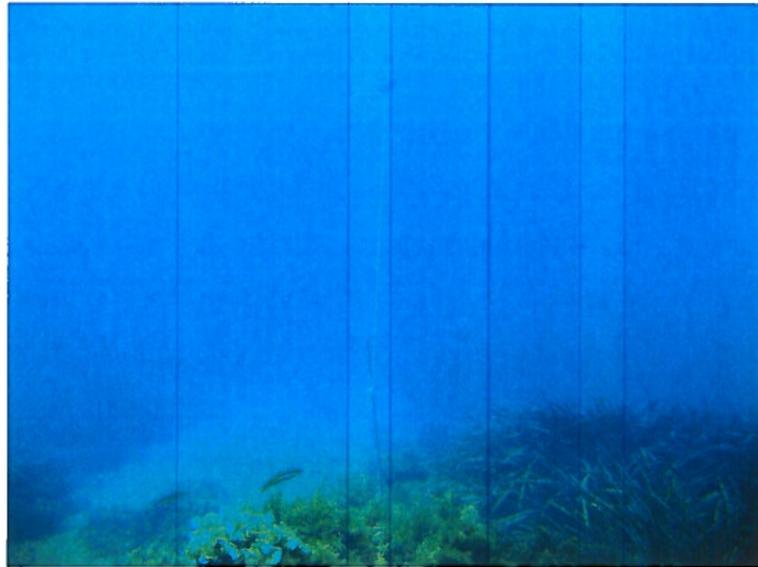


Fig. 13. PB3 - Sito meridionale dell'area di studio. Picchetto posizionato sul limite inferiore della prateria.

La stazione PB3 (Fig.12 e 13), situata nei pressi di Santa Marinella ad una profondità di circa 13 m, è caratterizzata da un substrato misto di roccia con presenza di catini sabbiosi e *matte* (50%) e da una prateria molto discontinua. Il limite inferiore è di tipo regressivo, poiché è presente la *matte*, con presenza di isolati ciuffi vivi.

7 Conclusioni

Le attività di monitoraggio del limite inferiore delle praterie di *Posidonia oceanica* nell'area di studio tra Marina di Tarquinia e Santa Severa hanno riguardato il prelievo dei dati strutturali delle praterie, il campionamento distruttivo dei fasci fogliari finalizzato alle analisi fenologiche, il prelievo di sedimento per le analisi granulometriche ed infine la registrazione dei parametri qualitativi delle 4 praterie.

I siti scelti, PB0, PB1, PB2 e PB3, mostrano differenti caratteristiche morfologiche, sia per il tipo di substrato che per la tipologia di prateria ivi presente, evidenziando diverse condizioni del loro stato di salute: PB0 (19.5 m) si trova su substrato prevalentemente sabbioso e ha un limite inferiore di tipo progressivo; PB1 (21 m) si trova su substrato prevalentemente sabbioso e ha un limite inferiore di tipo progressivo; PB2 (20 m) si trova su un substrato sabbioso e ha un limite

inferiore netto; PB3 (13 m) si trova su un substrato roccioso misto a sabbia e *matte* e presenta un limite inferiore di tipo regressivo.

Durante il periodo Maggio-Giugno 2014 gli operatori subacquei del Laboratorio di Oceanologia Sperimentale ed Ecologia Marina, hanno posizionato 3 picchetti, a distanza di 5 m l'uno dall'altro, lungo il limite inferiore di ciascuna delle 3 stazioni PB1, PB2 e PB3, mentre nel periodo di Febbraio-Marzo 2015 hanno posizionato 3 picchetti, a distanza di 5 m l'uno dall'altro, nella stazione PB0 e monitorato le quattro praterie individuate per la caratterizzazione del limite inferiore. Ciò ha permesso di ottenere una conoscenza completa sulle condizioni dei siti scelti e di avere un data-set di partenza, da confrontare nei successivi monitoraggi semestrali.

Come precedente riportato, è possibile correlare la profondità del limite inferiore delle praterie ad una valutazione sullo stato di torbidità dell'acqua (Tab.9) sulla base della scala di valutazione della trasparenza dell'acqua in funzione della profondità media del limite inferiore di *P. oceanica* (Pergent et al. 1995). Secondo questa valutazione, ci troviamo in “acque torbide” in prossimità della stazione PB3 e in “acque poco trasparenti” in prossimità delle altre 3 stazioni.

Profondità limite inferiore	Valutazione
<15 m	Acque torbide
> 15 m e > 25 m	Acque poco trasparenti
> 25 m e < 35 m	Acque trasparenti
>35 m	Acque molto trasparenti

Tab. 9. Scala di valutazione della trasparenza dell'acqua in funzione della profondità media del limite inferiore di *P. oceanica*.

BIBLIOGRAFIA

APAT-ICRAM-SIBM, 2003. Manuale di metodologie di campionamento e studio del Benthos marino mediterraneo.

Apostolaki E.T., Marbà N., Holmer M., Karakassis I., 2009. Fish farming enhances biomass and nutrient loss in *Posidonia oceanica* (L.). *Delile. Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 81: 390-400.

Ardizzone G. D., Migliuolo A., 1982. Modificazioni di una prateria di *Posidonia oceanica* (L.) Delile del Medio Tirreno sottoposta ad attività di pesca a strascico. *Naturalista Sicil.*, S. 4. Suppl. 6(3): 509-515.

Balestri E., Benedetti-Cecchi L., Lardicci C., 2004. Variability in patterns of growth and morphology of *Posidonia oceanica* exposed to urban and industrial wastes: contrasts with two reference location. *Journal of Experimental marine Biology and Ecology*, 308: 1-21.

Bertrand M.C., Boudouresque C.F., Foret P., Lefevre J.R., Meinesz A., 1986. Réseau de surveillance Posidonies. Rapport 1985. GIS Posidonie Publ., Marseille, Fr., 1-61.

Borg J. A., Rowden A. A., Attrill M. J., Schembri P. J., Jones M. B., 2006. Wanted or alive: high diversity of macroinvertebrates associated with living and dead *Posidonia oceanica* matte. *Marine Biol.*, 149: 667-677.

Boudouresque C.F., Meinesz A., 1982. Decouverte de l'herbier de Posidonies. *Chahier Parc Nation. Port-Cros*, 4: 80.

Boudouresque C.F., Bertrand M.C., Bouladier E., Foret P., Meinesz A., Pergent G., Vitiello P., 1990. Le Réseau de surveillance des herbiers de Posidonies mis en place en Région Provence-Alpes-Côte d'Azur. *Rapp. Commiss. internation. Mer Médit.*, 32(1): 11.

Boudouresque C.F., Bernard G., Pergent G., Shili A., Verlaque M., 2013. Regression of Mediterranean seagrasses caused by natural processes and anthropogenic disturbances and stress: A critical review. *Med. Marine Science*, 14 (1): 193-203.

Buia M.C., Gambi M.C., Dappiano M., 2003. Manuale di metodologie di campionamento e studio del Benthos marino mediterraneo. *I sistemi a Fanerogame marine*, (5): 156-160.

Burkholder J.M., Tomasko D.A., Touchette B.W., 2007. *Seagrasses and eutrophication*. *Journal of experimental Marine Biology and Ecology*, 350: 46-72.

Costanza R. et al., 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*: 387: 253-260.

- Den Hartog G., 1970.** The seagrasses of the World. Koninklijke Nederl. Akad.
- Duarte C.M., 2002.** The future of seagrass meadows. Environmental conservation. Volume issue 2: 192-206.
- Dolce T., 2010.** Analisi della produzione primaria in *Posidonia oceanica*. Tesi di Dottorato.
- ICRAM, 2001-2003.** Metodologie analitiche di riferimento.
- Jeudy de Grissac A., Boudouresque C.F. 1985.** Role des herbiers des phanerogames marines dans les mouvements des sédiments cotiers: les herbiers a *Posidonia oceanica*. Colloque Fr-japon. Oceanography, 1: 143-151.
- Mazzella L., Buia M.C., Spinoccia L., 1995.** Biodiversity of the epiphytic diatom community on leaves of *Posidonia oceanica*. Proceedings of the 13th Diatom Symposium. Biopress limited, Bristol, 241-251.
- Meinesz A., Laurent R., 1978.** Cartographie et état de la limite inferieure de l'herbier de *Posidonia oceanica* dans les Alpes-maritimes (France). Campagne Posèidon 1976. Bot. Mar., 21(8): 513-526.
- Milazzo M., Badalamenti F., Seccherelli G, Chemello R., 2004.** Boat anchoring on *Posidonia oceanica* beds in a marine protected area (Italy, western Mediterranean): effect of anchor types in different anchoring stages. Journal of experimental Marine Biology and Ecology, 299: 51-62.
- Montefalcone M., Chiantore M., Lanzone A., Morri C., Bianchi C.N., Albertelli G., 2008.** BACI design reveals the decline of the seagrass *Posidonia oceanica* induced by anchoring. Marine Pollution Bulletin, 56: 1637-1645.
- Orth R, Carruthers T., Dennison W., Duarte C., Fourqurean J., Heck K., Hughes A., Kendrick G., Kenworthy W., Olyarnik S., Short F., Waycott M., Williams S., 2006.** A global crisis for seagrass ecosystems. Bio Science, 56: 987-996.
- 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: état des connaissances. Mesogée, 54: 3-27.
- Pergent-Martini C., Boudouresque C.F., Pasqualini V., Pergent G., 2006.** Impact of fish farming facilities on *Posidonia oceanica* meadows: a review. Marine ecology, 27 (4): 310-319.
- Ralph P.J., Durako M.J., Enríquez S., Collier C.J., Doblin M.A., 2007.** Impact of light limitation on seagrasses. Journal of experimental Marine Biology and Ecology, 350: 176-193.
- Rotini A., Belmonte A., Barrote I., Micheli C., Peirano A., Santos R.O., Silva J., Migliore L., 2013.** Effectiveness and consistency of a suite of descriptors for assessing the ecological status of seagrass meadows *Posidonia oceanica* (L.) Delile. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 1-8.

Ruiz J.M., Romero J., 2003. Effects of disturbances caused by coastal constructions on spatial structure, growth dynamics and photosynthesis of the seagrass *Posidonia oceanica*. *Marine pollution Bulletin*, 46: 1523-1533.

Spalding M., Taylor M., Ravilious C., Short F., Green E., 2003. Distribution and status of seagrasses. In: Green E.P., Short F.T. (Eds.), *World Atlas of Seagrasses*. University of California Press, Berkley, CA, 5-26.

