ATTIVITÀ DI PROTEZIONE DI HABITAT SENSIBILI MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI CAMPI ORMEGGIO NELL'AREA MARINA PROTETTA DI CAPO CACCIA – ISOLA PIANA" CUP I81G22000100001.

Comune di Alghero (SS)

Valutazione dello Stato di Salute di *Posidonia oceanica* ante operam

Relazione Tecnica Marzo 2025

Geomars srl

Spin off sostenuto dall'Università di Sassari

tel. +39 3285723769

geomars.srl@gmail.com

Via Rockefeller 54,
c/o Cubact-UNISS
07100-Sassari
P.IVA e C.F. 02986920904

Sommario

1. Premessa 3
1.1 Area di studio 3
2. Materiali e Metodi 5
3. Risultati 6
3.1 Stime visive in mare 6
3.1.1 Sito di Punta Negra 6
3.1.2 Sito di Lazzaretto 9
3.1.3 Sito di Capo Galera 12
3.1.4 Sito di Cala Dragunara 14
3.1.5 Sito di Le Ninfe 18
3.2. Misure di densità dei fasci fogliari 19
3.2.1 Sito di Punta Negra 19
3.2.2 Sito di Lazzaretto 20
3.2.3 Sito di Capo Galera 22
3.2.4 Sito di Cala Dragunara 23
3.3. Siti di controllo 25
3.3.1 Punta Negra 26
3.3.2 Lazzaretto-Capo Galera 30
3.3.3 Cala Dragunara 34
4. Indice di Conservazione (CI) 39
5. Limite inferiore della prateria di *Posidonia oceanica* 40
6. Conclusioni 42
7. Bibliografia citata e/o consultata 43

Gruppo di Lavoro:

Dott. Mario De Luca
Dott.ssa Alessandra Puccini
Dott. Antonio Luigi Santonastaso
Dott. Paolo Marras

1. Premessa

Il presente rapporto si riferisce alle attività di monitoraggio effettuate per valutare lo stato di salute di *Posidonia oceanica* prima dell'avvio dei lavori riguardanti il progetto in fase esecutiva denominato "Attività di protezione di habitat sensibili mediante la realizzazione di campi ormeggio nell'Area Marina Protetta di Capo Caccia – Isola Piana" CUP I81G22000100001. Il monitoraggio è stato effettuato seguendo le indicazioni contenute nella Determinazione RAS n. 1097 Prot. N. 33778 del 15/11/2024.

1.1 Area di studio

I campionamenti sono stati effettuati mediante immersione ARA (Autorespiratore ad Aria) nel periodo compreso tra il 06/02/2025 e il 16/02/2025 in 4 siti. All'interno di ciascun sito sono state identificate due stazioni di indagine, suddivise a loro volta in 3 aree equidistanti circa 10 metri l'una dall'altra, seguendo una strategia di campionamento gerarchica che consente di ottenere una maggiore confidenza statistica e di ridurre la probabilità di errori di interpretazione dei dati dovuti alla variabilità naturale della prateria (Bacci et al., 2012):

- Sito Punta Negra (Fig. 1A): - Stazione 1, coordinate 40°35'13.77"N 8°16'12.55"E
  - Stazione 2, coordinate 40°35'16.62"N 8°16'14.26"E
- Sito Lazzaretto (Fig. 1B): - Stazione 1, coordinate 40°34'43.77"N 8°14'57.25"E
  - Stazione 2, coordinate 40°34'48.58"N 8°14'56.74"E
- Sito Capo Galera (Fig. 1C): - Stazione 1, coordinate 40°34'14.37"N 8°14'40.87"E
  - Stazione 2, coordinate 40°34'18.98"N 8°14'40.85"E
- Sito Cala Dragunara (Fig. 1D): - Stazione 1, coordinate 40°34'30.43"N 8°09'51.99"E
  - Stazione 2, coordinate 40°34'44.08"N 8°09'50.67"E

Il sito di Punta Negra si trova in un intervallo batimetrico compreso tra -4.4 e -5.1 metri; il sito Lazzaretto tra -6.2 e -7.8 metri; il sito Capo Galera tra -6.9 e -7.5 metri e il sito Cala Dragunara tra -11.9 e -12.3 metri.

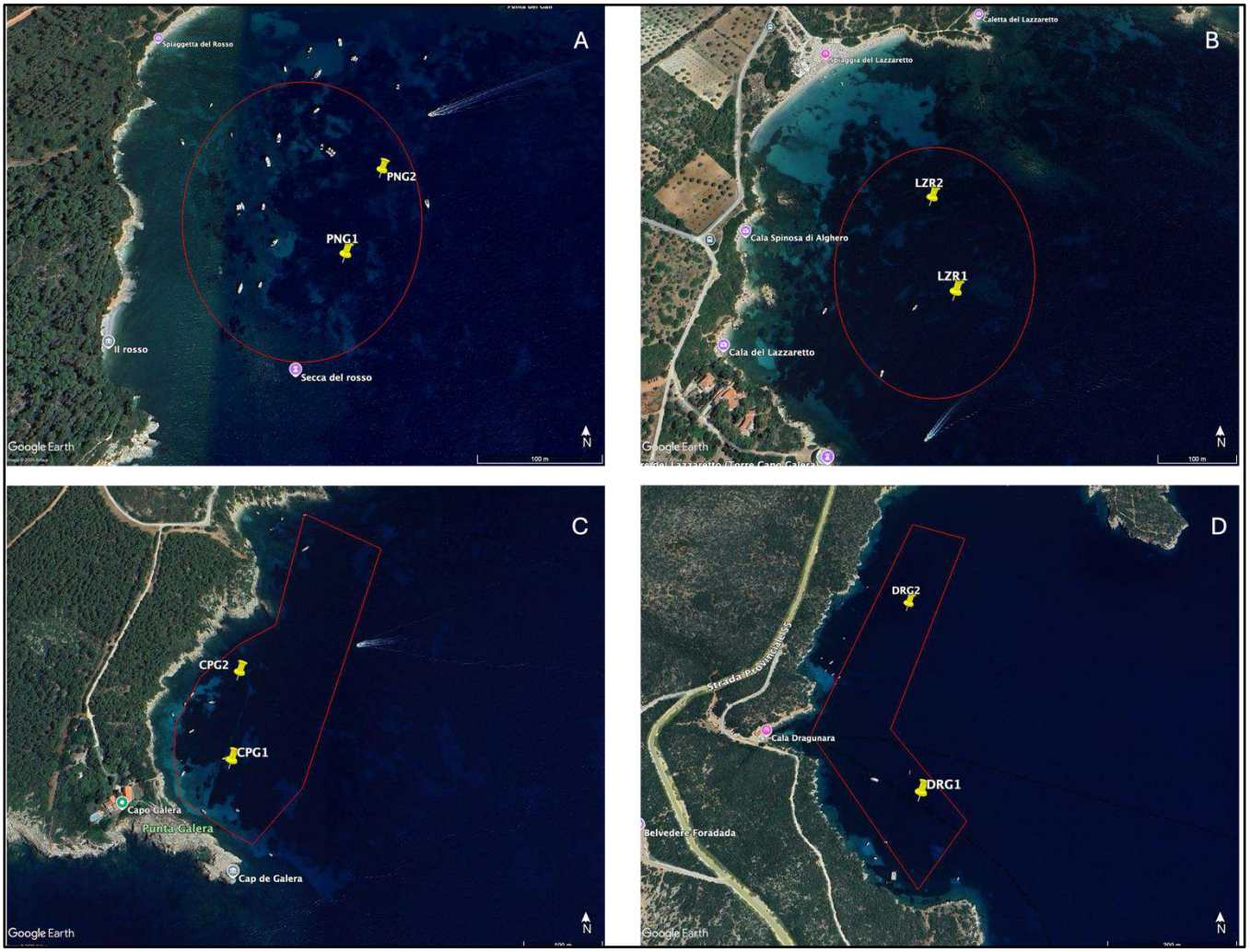

Figura 1. Siti investigati con evidenziate le due stazioni individuate in ciascun sito. Punta Negra (A); Lazzaretto (B); Capo Galera (C) e Cala Dragunara (D). Le superfici evidenziate in rosso rappresentano le aree interessate dal posizionamento del campo boe.

2. Materiali e Metodi

Le attività di monitoraggio sono state svolte attraverso:

- Stime visive in mare: per la valutazione visiva della prateria sono state considerate diverse stime (Tabella 1) applicate a ciascuna delle tre aree di ogni stazione. Le stime sono state valutate da tre operatori indipendenti; quelle espresse in percentuale - ricoprimento di *Posidonia oceanica* viva e di matte morta, ricoprimento di specie accompagnatrici (*Cymodocea nodosa*) e specie alloctone (*Caulerpa cylindracea* e *Caulerpa taxifolia*) sono state mediate per determinare la stima complessiva riferita all'intera area.

- Misure della densità dei fasci fogliari: per ciascuna delle tre aree di ogni stazione all'interno del sito sono stati conteggiati i fasci fogliari di *Posidonia oceanica* all'interno di un quadrato di 40x40 cm (0,16 m^2). Questa misurazione è stata ripetuta in tre punti casuali all'interno di ciascuna area, per un totale di 9 misurazioni per stazione, e i valori ottenuti sono stati mediati per ottenere una densità rappresentativa per ogni stazione (Bacci et al., 2012).

- Calcolo dell'Indice di Conservazione (CI): l'indice, proposto da Moreno et al. (2001) misura l'abbondanza relativa di matte morta rispetto *P. oceanica* viva e viene calcolato mediante la formula CI = L/(L+D) con L = % *P. oceanica* viva, D = % matte morta. L'indice permette di avere una visione immediata circa lo stato di salute del posidonieto.

Tabella 1. Stime visive effettuate in mare e relativi riferimenti MATTM, ISPRA (Bacci et al., 2012).

Parametro	**Unità di misura**	**Sintesi**
Continuità della prateria	1=continua 2=discontinua	1-2
Fonti di disturbo evidenti	1=presenza 2=assenza	1-2
Tipo di substrato	1= roccia 2=sabbia 3=matte; 4=misto	1-2-3-4
Composizione prateria	1=pura 2=mista	1-2
Presenza fioriture	1=presenza 2=assenza	1-2
Ricoprimento % matte morta	%	%
Ricoprimento % *P. oceanica* viva	%	%
Ricoprimento % *Cymodocea nodosa*	%	%
Ricoprimento % *Caulerpa cylindracea*	%	%
Ricoprimento % *Caulerpa taxifolia*	%	%

Si segnala che, quando la somma delle percentuali di ricoprimento rilevate in una determinata area non raggiungeva il 100%, ciò è dovuto alla presenza di un substrato non vegetato, costituito da sabbia e/o roccia nuda.

3. Risultati

3.1 Stime visive in mare

Di seguito vengono riportati i risultati suddivisi per ciascun sito.

3.1.1 Sito di Punta Negra

All'interno del sito sono state analizzate separatamente le due stazioni suddivise a loro volta in tre aree (A,B,C) (Tab.2 e Tab.3).

Tabella 2. Dati ottenuti dalle stime visive nel sito Punta Negra, Stazione 1.

STAZIONE 1

Parametro	AREA A	AREA B	AREA C	MEDIA
Continuità della prateria	2	1	2	
Fonti di disturbo evidenti	1	2	2	
Tipo di substrato	4	4	3	
Composizione prateria	1	1	1	
Presenza fioriture	2	2	2	
Ricoprimento % matte morta	10	5	30	15
Ricoprimento % *P. oceanica* viva	80	95	70	82
Ricoprimento % *Cymodocea nodosa*	0	0	0	0
Ricoprimento % *Caulerpa cylindracea*	0	0	0	0
Ricoprimento % *Caulerpa taxifolia*	0	0	0	0

Tabella 3. Dati ottenuti dalle stime visive nel sito Punta Negra, Stazione 2.

STAZIONE 2

Parametro	AREA A	AREA B	AREA C	MEDIA
Continuità della prateria	2	2	2	
Fonti di disturbo evidenti	2	2	2	
Tipo di substrato	4	4	3	
Composizione prateria	1	1	1	
Presenza fioriture	2	2	2	
Ricoprimento % matte morta	5	20	40	22
Ricoprimento % *P. oceanica* viva	90	80	60	77

Ricoprimento % *Cymodocea nodosa*	0	0	0	0
Ricoprimento % *Caulerpa cylindracea*	0	0	0	0
Ricoprimento % *Caulerpa taxifolia*	0	0	0	0

In entrambe le stazioni, la prateria si sviluppa su un substrato misto composto da sabbia e matte morta e si presenta come "pura" e “discontinua” (Fig.2). Il ricoprimento di *Posidonia oceanica* viva è risultato maggiore nella **Stazione 1**, con una media del 82%, rispetto al 77% della **Stazione 2** (Fig. 3). Il ricoprimento di matte morta è leggermente superiore nella **Stazione 2** (22%) rispetto alla **Stazione 1** (15%) (Fig.4).

Figura 2. Prateria a Posidonia oceanica discontinua nella Stazione 1, area A.

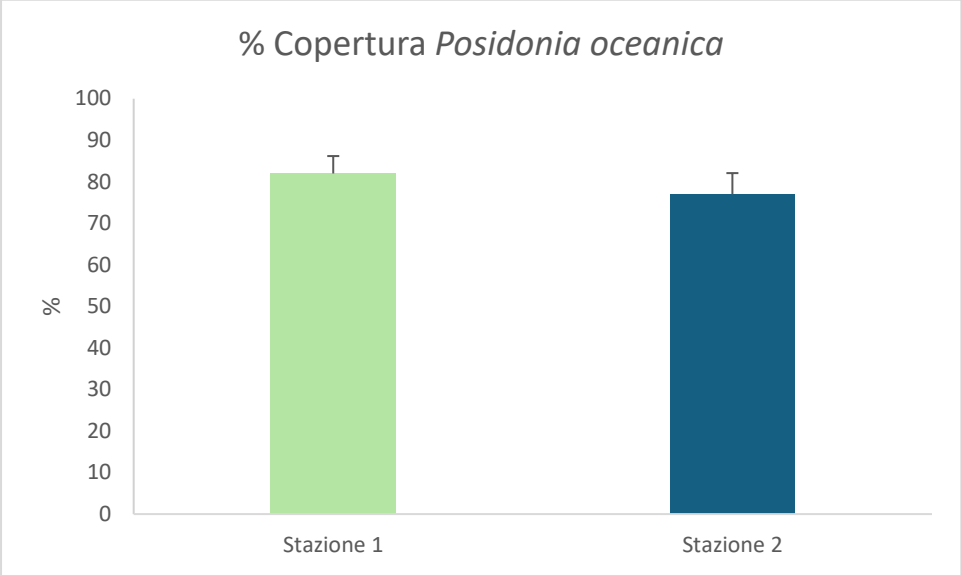

Figura 3. Percentuale di Posidonia oceanica viva suddivisa per stazione.

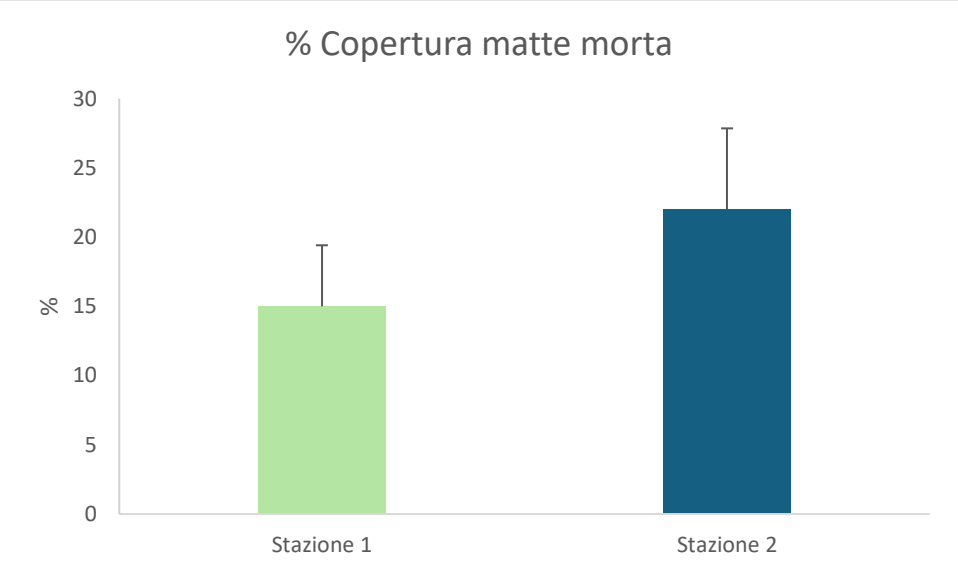

Figura 4. Percentuale di matte morta suddivisa per stazione.

In entrambe le stazioni, non si osservano alghe alloctone, né la presenza di *Cymodocea nodosa*. Nella stazione 1 sono stati evidenziati segni di degrado attribuibili ad ancoraggi (Fig.5).

Figura 5. Segno evidente di ancoraggio presente nell'area.

3.1.2 Sito di Lazzaretto

All'interno del sito sono state analizzate separatamente le due stazioni suddivise a loro volta in tre aree (A, B, C) (Tab.4 e Tab.5).

Tabella 4. Dati ottenuti dalle stime visive nel sito Lazzaretto, Stazione 1.

STAZIONE 1

Parametro	AREA A	AREA B	AREA C	MEDIA
Continuità della prateria	1	1	2	
Fonti di disturbo evidenti	2	2	2	
Tipo di substrato	4	2	3	
Composizione prateria	1	1	1	
Presenza fioriture	2	2	2	
Ricoprimento % matte morta	5	10	30	15
Ricoprimento % *P. oceanica* viva	90	80	70	80
Ricoprimento % *Cymodocea nodosa*	0	0	0	0
Ricoprimento % *Caulerpa cylindracea*	0	0	0	0
Ricoprimento % *Caulerpa taxifolia*	0	0	0	0

Tabella 5. Dati ottenuti dalle stime visive nel sito Lazzaretto, Stazione 2.

STAZIONE 2

Parametro	**AREA A**	**AREA B**	**AREA C**	**MEDIA**
Continuità della prateria	1	1	1	
Fonti di disturbo evidenti	2	2	2	
Tipo di substrato	4	2	3	
Composizione prateria	1	1	1	
Presenza fioriture	2	2	2	
Ricoprimento % matte morta	0	5	0	2
Ricoprimento % *P. oceanica* viva	100	90	100	97
Ricoprimento % *Cymodocea nodosa*	0	0	0	0
Ricoprimento % *Caulerpa cylindracea*	0	0	0	0
Ricoprimento % *Caulerpa taxifolia*	0	0	0	

La prateria si sviluppa su un substrato generalmente misto composto da sabbia e matte morta in entrambe le stazioni e si presenta "pura" e perlopiù “continua” ad eccezione della stazione 1 nella quale sono state rilevate intramatte ricoperte da foglie morte (Fig.6). Il ricoprimento di *Posidonia oceanica* viva è risultato maggiore nella **Stazione 2**, con una media del 97%, rispetto al 80% della **Stazione 1** (Fig. 7). Il ricoprimento di matte morta è superiore nella **Stazione 1** (15%) rispetto alla **Stazione 2** (2%) (Fig. 8).

Figura 6. Presenza di discontinuità (intramatte) all’interno della prateria ricoperte da foglie morte.

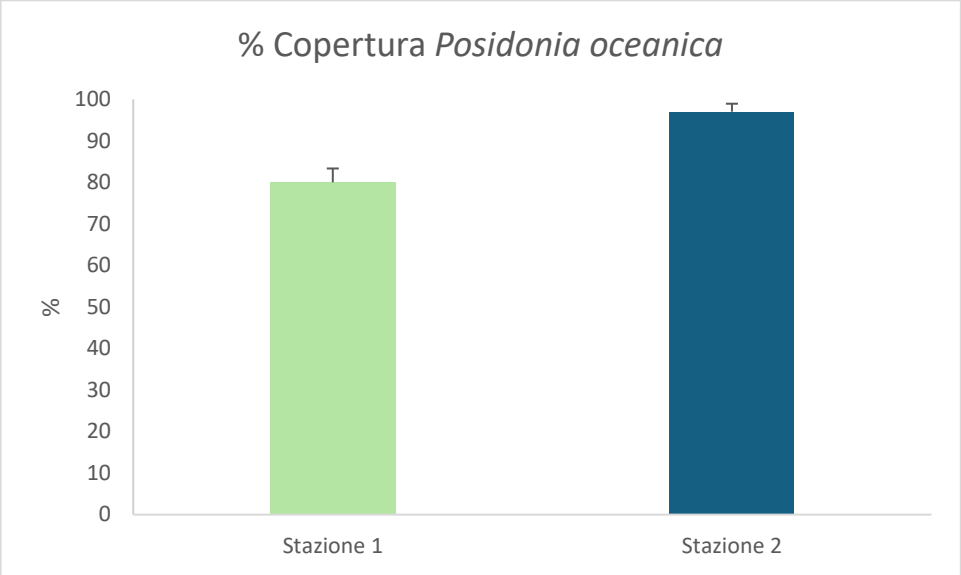

Figura 7. Percentuale di Posidonia oceanica viva suddivisa per stazione.

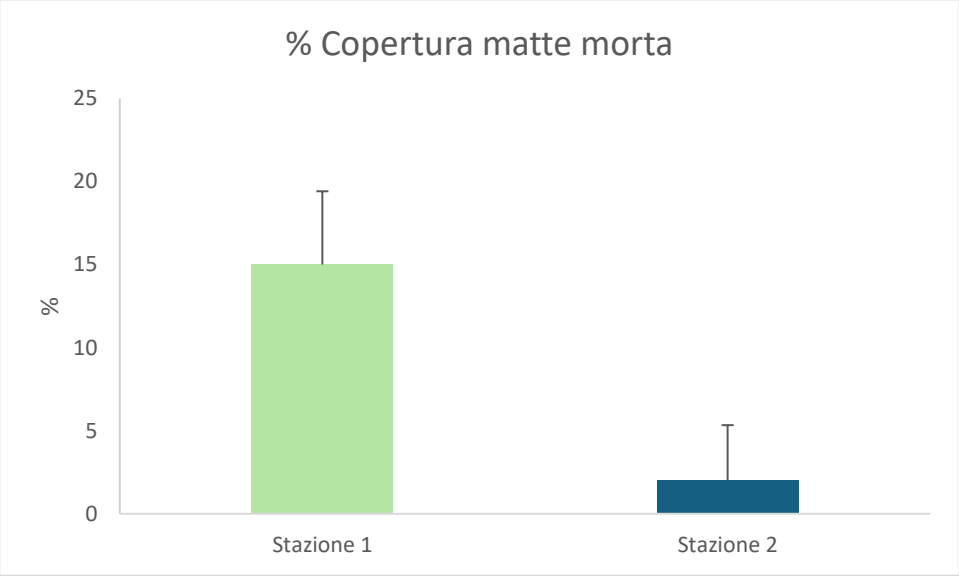

Figure 8. Percentuale di matte morta suddivisa per stazione.

In entrambe le stazioni, non si osservano né alghe alloctone, né la presenza di *Cymodocea nodosa* ma sono stati evidenziati segni di ancoraggio che rappresentano l'unica fonte di disturbo identificata.

3.1.3 Sito di Capo Galera

All'interno del sito sono state analizzate separatamente le due stazioni suddivise a loro volta in tre aree (A,B,C) (Tab.6 e Tab.7).

Tabella 6. Dati ottenuti dalle stime visive nel sito Capo Galera, Stazione 1.

STAZIONE 1

Parametro	AREA A	AREA B	AREA C	MEDIA
Continuità della prateria	2	1	2	
Fonti di disturbo evidenti	2	2	2	
Tipo di substrato	2	2	2	
Composizione prateria	1	1	1	
Presenza fioriture	2	2	2	
Ricoprimento % matte morta	5	10	40	17
Ricoprimento % *P. oceanica* viva	100	90	60	83
Ricoprimento % *Cymodocea nodosa*	0	0	0	0
Ricoprimento % *Caulerpa cylindracea*	0	0	0	0
Ricoprimento % *Caulerpa taxifolia*	0	0	0	0

Tabella 7. Dati ottenuti dalle stime visive nel sito Capo Galera, Stazione 2.

STAZIONE 2

Parametro	AREA A	AREA B	AREA C	MEDIA
Continuità della prateria	2	1	2	
Fonti di disturbo evidenti	2	2	2	
Tipo di substrato	2	2	2	
Composizione prateria	1	1	1	
Presenza fioriture	2	2	2	
Ricoprimento % matte morta	0	10	10	7
Ricoprimento % *P. oceanica* viva	100	90	90	93
Ricoprimento % *Cymodocea nodosa*	0	0	0	0
Ricoprimento % *Caulerpa cylindracea*	0	0	0	0
Ricoprimento % *Caulerpa taxifolia*	0	0	0	0

In entrambe le stazioni la prateria si sviluppa su un substrato sabbioso e si presenta come "pura" e "discontinua" (Fig.9). Il ricoprimento di *Posidonia oceanica* viva è maggiore nella **Stazione 2**, con una media

del 93%, rispetto al 83% della **Stazione 1** (Fig. 10). Il ricoprimento di matte morta è leggermente superiore nella **Stazione 1** (17%) rispetto alla **Stazione 2** (7%) (Fig. 11).

Figura 9. Presenza di discontinuità all'interno della prateria.

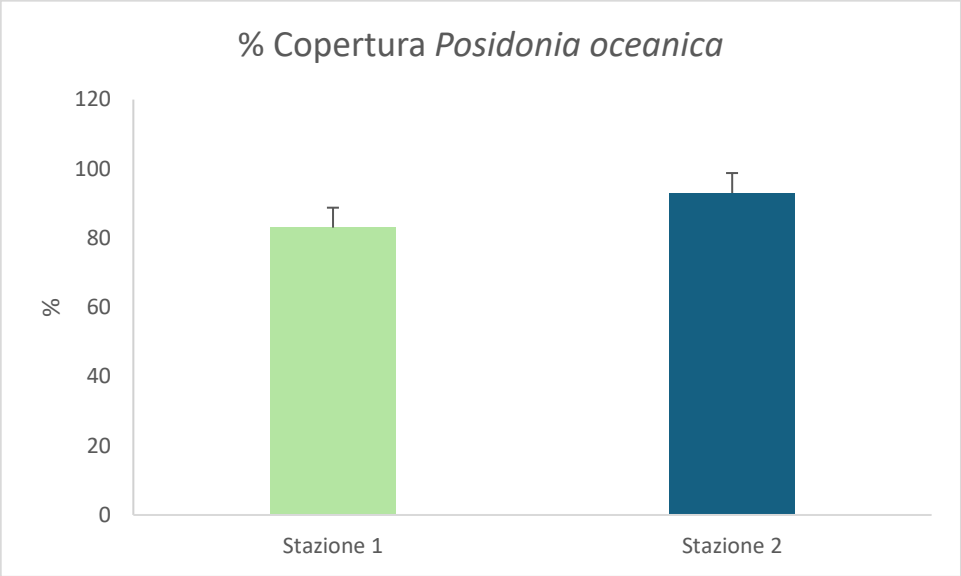

Figura 10. Copertura di Posidonia oceanica viva suddivisa per stazione.

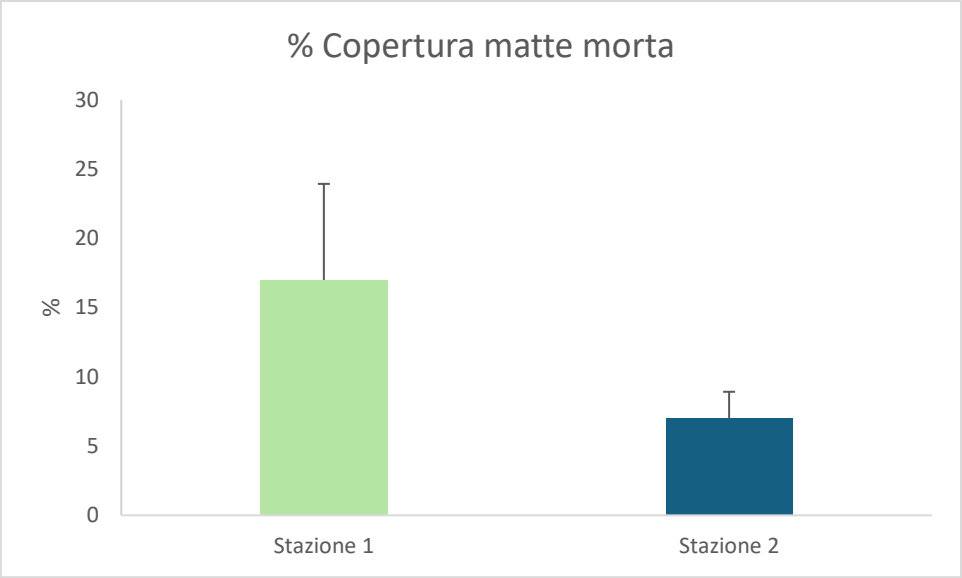

Figure 11. Percentuale di matte morta suddivisa per stazione.

In entrambe le stazioni, non si osservano fonti di disturbo evidenti né alghe alloctone, né la presenza di *Cymodocea nodosa*.

3.1.4 Sito di Cala Dragunara

All'interno del sito sono state analizzate separatamente le due stazioni suddivise a loro volta in tre aree (A,B,C) (Tab.8 e Tab.9).

Tabella 8. Dati ottenuti dalle stime visive nel sito Cala Dragunara, Stazione 1.

STAZIONE 1

Parametro	**AREA A**	**AREA B**	**AREA C**	**MEDIA**
Continuità della prateria	1	1	1	
Fonti di disturbo evidenti	2	2	2	
Tipo di substrato	3	3	3	
Composizione prateria	1	1	1	
Presenza fioriture	2	2	2	
Ricoprimento % matte morta	10	10	0	7
Ricoprimento % *P. oceanica* viva	90	90	100	93
Ricoprimento % *Cymodocea nodosa*	0	0	0	0
Ricoprimento % *Caulerpa cylindracea*	0	0	0	0
Ricoprimento % *Caulerpa taxifolia*	0	0	0	0

Tabella 9. Dati ottenuti dalle stime visive nel sito Cala Dragunara, Stazione 2.

STAZIONE 2

Parametro	**AREA A**	**AREA B**	**AREA C**	**MEDIA**
Continuità della prateria	2	1	2	
Fonti di disturbo evidenti	1	2	1	
Tipo di substrato	4	4	3	
Composizione prateria	1	1	1	
Presenza fioriture	2	2	2	
Ricoprimento % matte morta	5	10	20	12
Ricoprimento % *P. oceanica* viva	90	90	80	87
Ricoprimento % *Cymodocea nodosa*	0	0	0	0
Ricoprimento % *Caulerpa cylindracea*	0	0	0	0
Ricoprimento % *Caulerpa taxifolia*	0	0	0	0

In entrambe le stazioni la prateria si sviluppa in forma "pura" su un substrato misto costituito da sabbia e matte morta, mostrando un pattern prevalentemente continuo, fatta eccezione per la stazione 2, dove si osservano alcune intramatte (Fig.12). Il ricoprimento di *Posidonia oceanica* viva è maggiore nella **Stazione 1**, con una media del 93%, rispetto al 87% della **Stazione 2** (Fig. 13). Il ricoprimento di matte morta è leggermente superiore nella **Stazione 2** (12%) rispetto alla **Stazione 1** (7%) (Fig. 14).

Figura 12. Presenza di leggera discontinuità all'interno della prateria.

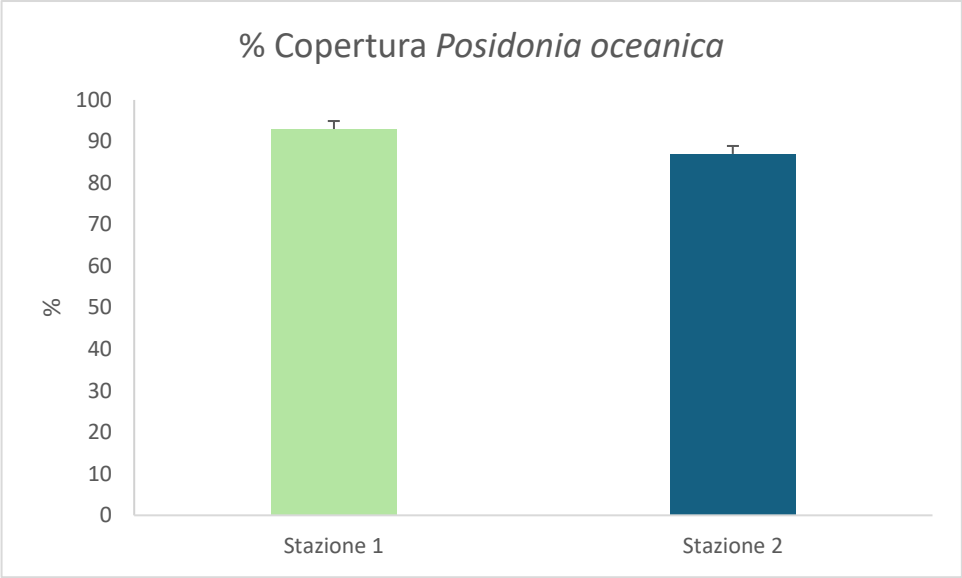

Figura 13. Percentuale di Posidonia oceanica viva suddivisa per stazione.

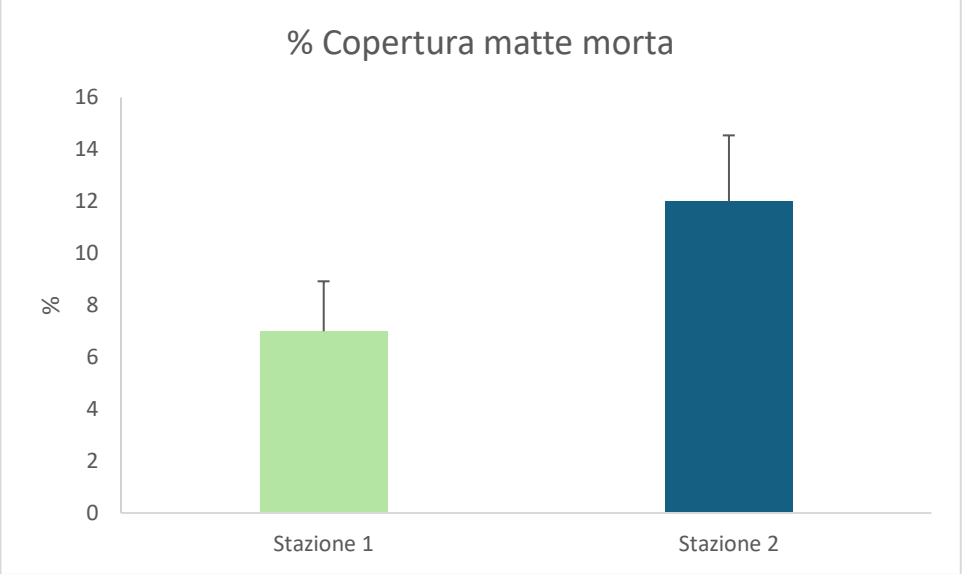

Figure 14. Percentuale di matte morta suddivisa per stazione.

In entrambe le stazioni, non si osservano né alghe alloctone, né la presenza di *Cymodocea nodosa*. Nella stazione 2 sono stati evidenziati segni di ancoraggio e rifiuti come principali evidenze di disturbo antropico (Fig. 15 e Fig. 16).

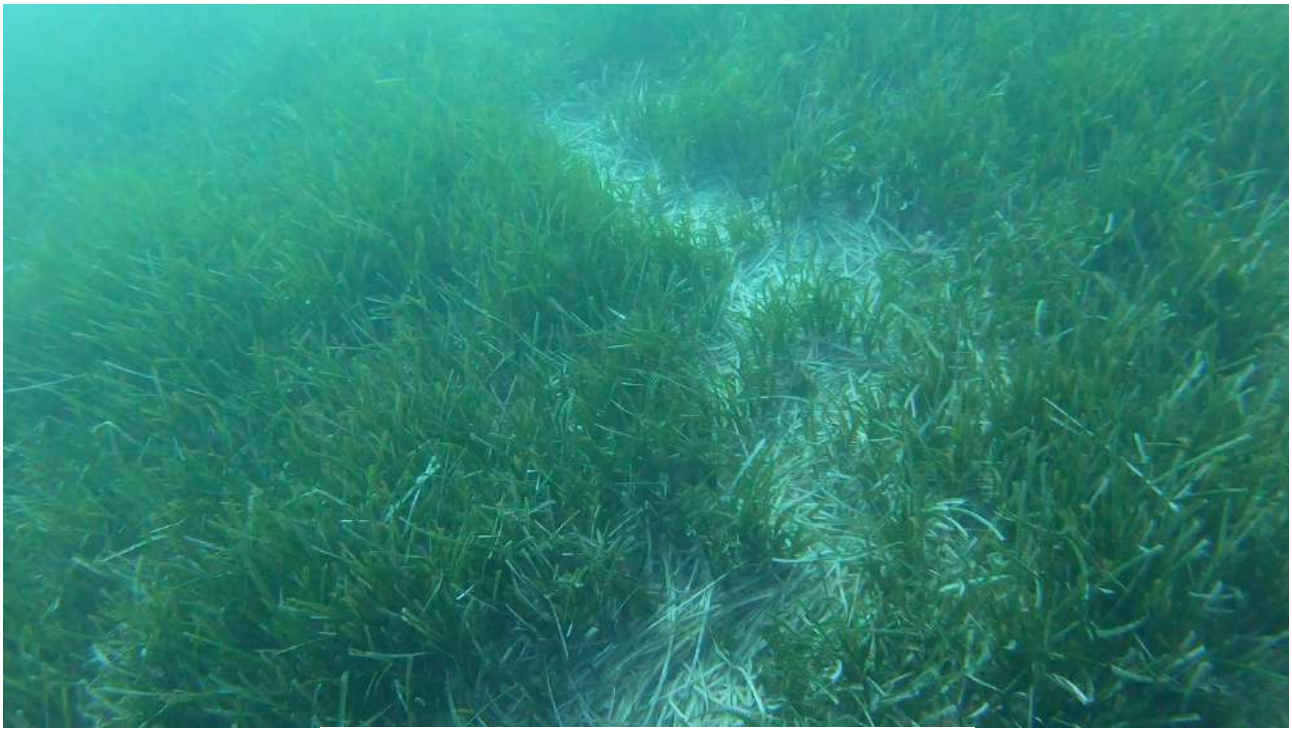

Figura 15. Segno evidente di ancoraggio presente nell'area.

Figura 16. Subacqueo impegnato nelle operazioni di conta dei fasci accanto ad un retino trovato abbandonato sul fondale.

3.1.5 Sito di Le Ninfe

Nel presente sito (Fig.17) sono stati effettuati rilievi utilizzando un ROV (Deep Trekker DTG 3) in quanto dalle foto aeree non risultava la presenza di *Posidonia oceanica*, il cui limite superiore si trova ad oltre 180m dall'area di interesse. Le immagini ROV (Fig.18) hanno confermato l'assenza della fanerogama marina nell'area di interesse per il campo boe.

Figura 17. Sito di Le Ninfe. L'area evidenziata in rosso rappresenta l'area interessata dal posizionamento del campo boe.

Figura 18. Immagine del fondale presente nell'area dove si può osservare l'assenza di Posidonia oceanica.

3.2. Misure di densità dei fasci fogliari

3.2.1 Sito di Punta Negra

Qui di seguito vengono riportati i risultati di densità dei fasci fogliari di *Posidonia oceanica.* Il calcolo è rappresentativo per ogni stazione (Fig.19).

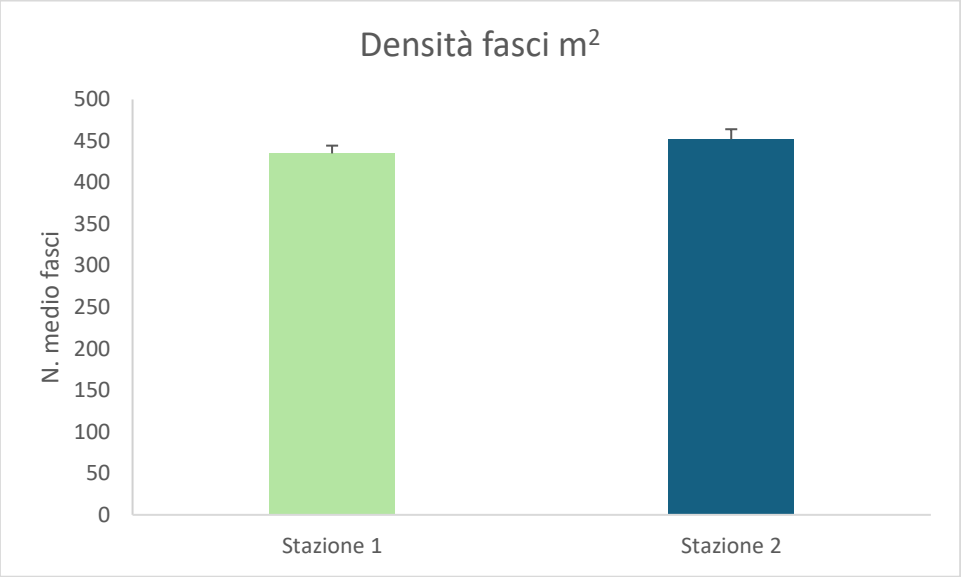

Figura 19. Densità assoluta (Media±ES) dei fasci calcolata al m² nelle due stazioni.

I dati di densità assoluta ricavati da ogni stazione sono stati elaborati secondo quanto proposto da Pergent-Martini (2005) e ripreso da UNEP-RAC/SPA (2015). È stato proposto un indice di qualità delle praterie di *P. oceanica* analizzando la densità dei fasci in relazione alla profondità (Tab. 10 e Tab. 11).

Tabella 10. Dati di densità assoluta media della Stazione 1 suddivisi per area ed elaborati per la densità relativa alla profondità.

STAZIONE 1	PROF. MEDIA	DENSITÀ M²	QUALITY LEVEL
AREA A	4.4	394	Poor
AREA B	4.7	398	Poor
AREA C	4.2	515	Poor
MEDIA	4.4	435	Poor

Tabella 11. Dati di densità assoluta media della Stazione 2 suddivisi per area ed elaborati per la densità relativa alla profondità.

STAZIONE 2	PROF. MEDIA	DENSITÀ M^2	QUALITY LEVEL
AREA A	4.7	546	Poor
AREA B	5.3	335	Bad
AREA C	5	475	Poor
MEDIA	5	452	Poor

Il confronto tra i dati delle **Stazione 1** e **Stazione 2** rileva differenze nella densità dei fasci fogliari di *Posidonia oceanica* ma non nella loro classificazione ecologica.

La densità assoluta dei fasci fogliari della **Stazione 1** varia da 319 a 606 fasci/m², con una media tra le aree di 435 fasci/m². Nella **Stazione 2** la densità assoluta varia da 319 a 600 fasci/m², con una media di 452 fasci/m², che è leggermente superiore rispetto alla media della **Stazione 1**.

Secondo la classificazione di Pergent-Martini, entrambe le stazioni sono classificate come “poor” ad indicare un basso livello di qualità ecologica.

3.2.2 Sito di Lazzaretto

Qui di seguito vengono riportati i risultati di densità dei fasci fogliari di *Posidonia oceanica.* Il calcolo è rappresentativo per ogni stazione (Fig. 20).

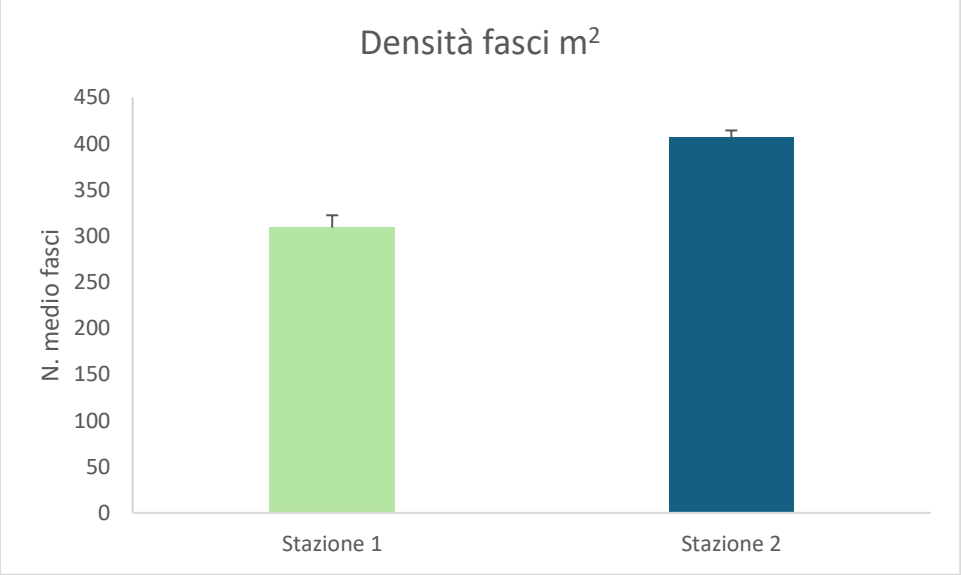

Figura 20. Densità assoluta (Media±ES) dei fasci calcolata al m² nelle due stazioni.

I dati di densità assoluta ricavati da ogni stazione sono stati elaborati secondo quanto proposto da Pergent-Martini (2005) e ripreso da UNEP-RAC/SPA (2015). È stato proposto un indice di qualità delle praterie di *P. oceanica* analizzando la densità dei fasci in relazione alla profondità (Tab. 12 e Tab. 13).

Tabella 12. Dati di densità assoluta media della Stazione 1 suddivisi per area ed elaborati per la densità relativa alla profondità.

STAZIONE 1	PROF. MEDIA	DENSITÀ M^2	QUALITY LEVEL
AREA A	8.2	356	Poor
AREA B	7.8	183	Bad
AREA C	8	388	Poor
MEDIA	8	309	Poor

Tabella 13. Dati di densità assoluta media della Stazione 2 suddivisi per area ed elaborati per la densità relativa alla profondità.

STAZIONE 2	PROF. MEDIA	DENSITÀ M^2	QUALITY LEVEL
AREA A	6.8	394	Poor
AREA B	6	406	Poor
AREA C	6.3	421	Poor
MEDIA	6.3	407	Poor

Il confronto tra i dati delle **Stazione 1** e **Stazione 2** rileva differenze nella densità dei fasci fogliari di *Posidonia oceanica* ma non nella loro classificazione ecologica.

La densità assoluta dei fasci fogliari della **Stazione 1** varia da 188 a 463 fasci/m^2, con una media di 309 fasci/m^2. Nella **Stazione 2** la densità assoluta varia da 294 a 456 fasci/m^2, con una media di 407 fasci/m^2, che è superiore rispetto alla media della **Stazione 1**.

Secondo la classificazione di Pergent-Martini, entrambe le stazioni sono classificate come “poor” ad indicare un basso livello di qualità ecologica.

3.2.3 Sito di Capo Galera

Qui di seguito vengono riportati i risultati di densità dei fasci fogliari di *Posidonia oceanica.* Il calcolo è rappresentativo per ogni stazione (Fig.21).

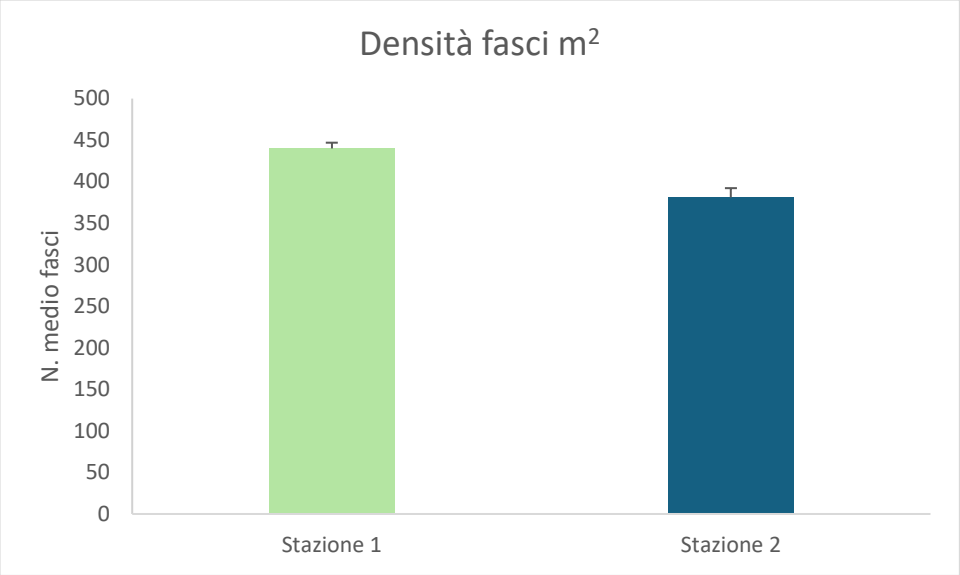

Figura 21. Densità assoluta (Media±ES) dei fasci calcolata al m² nelle due stazioni.

I dati di densità assoluta ricavati da ogni stazione sono stati elaborati secondo quanto proposto da Pergent-Martini (2005) e ripreso da UNEP-RAC/SPA (2015). È stato proposto un indice di qualità delle praterie di *P. oceanica* analizzando la densità dei fasci in relazione alla profondità (Tab. 14 e Tab. 15).

Tabella 14. Dati di densità assoluta media della Stazione 1 suddivisi per area ed elaborati per la densità relativa alla profondità.

STAZIONE 1	PROF. MEDIA	DENSITÀ M²	QUALITY LEVEL
AREA A	7.3	413	Poor
AREA B	6.8	460	Poor
AREA C	7.1	446	Poor
MEDIA	7	440	Poor

Tabella 15. Dati di densità assoluta media della Stazione 2 suddivisi per area ed elaborati per la densità relativa alla profondità.

STAZIONE 2	PROF. MEDIA	DENSITÀ M^2	QUALITY LEVEL
AREA A	7.6	442	Poor
AREA B	7.2	400	Poor
AREA C	7.9	302	Poor
MEDIA	7.5	381	Poor

Il confronto tra i dati delle **Stazione 1** e **Stazione 2** rileva differenze nella densità dei fasci fogliari di *Posidonia oceanica* ma non nella loro classificazione ecologica.

La densità assoluta dei fasci fogliari della **Stazione 1** varia da 388 a 531 fasci/m², con una media di 440 fasci/m². Nella **Stazione 2** la densità assoluta varia da 181 a 494 fasci/m², con una media di 381 fasci/m², che è inferiore rispetto alla media della **Stazione 1**.

Secondo la classificazione di Pergent-Martini, entrambe le stazioni sono classificate come "poor" ad indicare un basso livello di qualità ecologica.

3.2.4 Sito di Cala Dragunara

Qui di seguito vengono riportati i risultati di densità dei fasci fogliari di *Posidonia oceanica.* Il calcolo è rappresentativo per ogni stazione (Fig. 22).

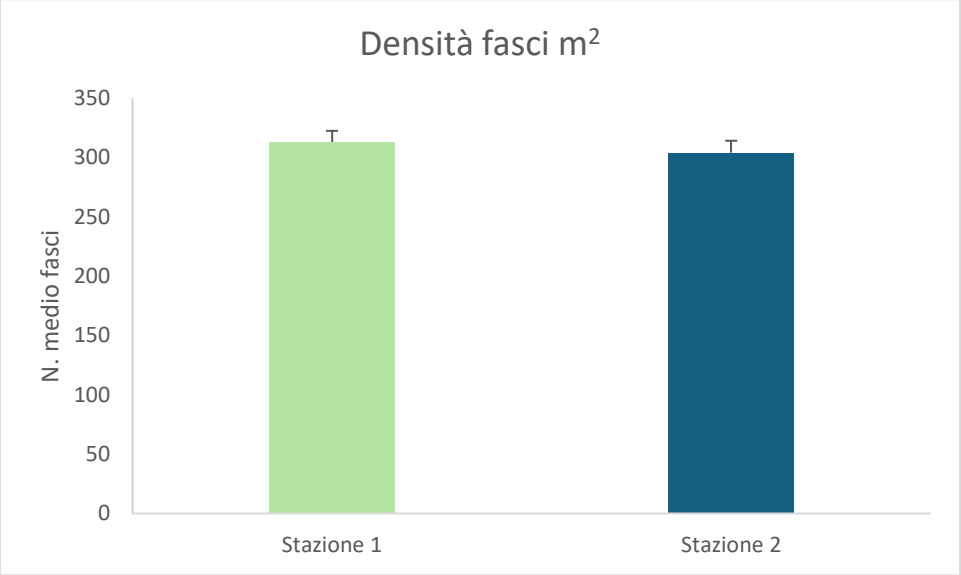

Figura 22. Densità assoluta (Media±ES) dei fasci calcolata al m^2 nelle due stazioni.

I dati di densità assoluta ricavati da ogni stazione sono stati elaborati secondo quanto proposto da Pergent-Martini (2005) e ripreso da UNEP-RAC/SPA (2015). È stato proposto un indice di qualità delle praterie di *P. oceanica* analizzando la densità dei fasci in relazione alla profondità (Tab. 16 e Tab. 17).

Tabella 16. Dati di densità assoluta media della Stazione 1 suddivisi per area ed elaborati per la densità relativa alla profondità.

STAZIONE 1	PROF. MEDIA	DENSITÀ M²	QUALITY LEVEL
AREA A	12.3	235	Poor
AREA B	11.9	369	Moderate
AREA C	12.1	335	Moderate
MEDIA	12.3	313	Poor

Tabella 17. Dati di densità assoluta media della Stazione 2 suddivisi per area ed elaborati per la densità relativa alla profondità.

STAZIONE 2	PROF. MEDIA	DENSITÀ M²	QUALITY LEVEL
AREA A	12.2	256	Poor
AREA B	12	306	Poor
AREA C	11.8	350	Moderate
MEDIA	12	304	Poor

Il confronto tra i dati delle **Stazione 1** e **Stazione 2** non rileva significative differenze nella densità dei fasci fogliari di *Posidonia oceanica*.

La densità assoluta dei fasci fogliari della **Stazione 1** varia da 206 a 475 fasci/m², con una media di 313 fasci/m². Nella **Stazione 2** la densità assoluta varia da 213 a 431 fasci/m², con una media di 304 fasci/m², che è di poco inferiore rispetto alla media della **Stazione 1.**

Secondo la classificazione di Pergent-Martini, entrambe le stazioni sono classificate come “poor” anche se in alcune aree si raggiunge un livello “moderate”. In generale la prateria si presenta con un basso livello di qualità ecologica.

3.3. Siti di controllo

Nell'area di indagine sono stati selezionati dei siti di controllo per valutare lo stato della prateria di *Posidonia oceanica* in aree che non verranno interessate dai lavori di posa del campo boe.

Sono stati selezionati 3 siti: PNG-C in prossimità del campo boe di Punta Negra (Fig. 23A); LZR-C in prossimità dei campi boe del Lazzaretto e di Capo Galera (Fig.23B) molto vicini tra di loro; DRG-C in prossimità del campo boe a Cala Dragunara (Fig.23C). All'interno di ciascun sito sono state individuate due stazioni e tre aree in ciascuna delle quali sono state effettuate le stesse analisi precedentemente menzionate per i siti interessati alla posa delle zavorre di ancoraggio.

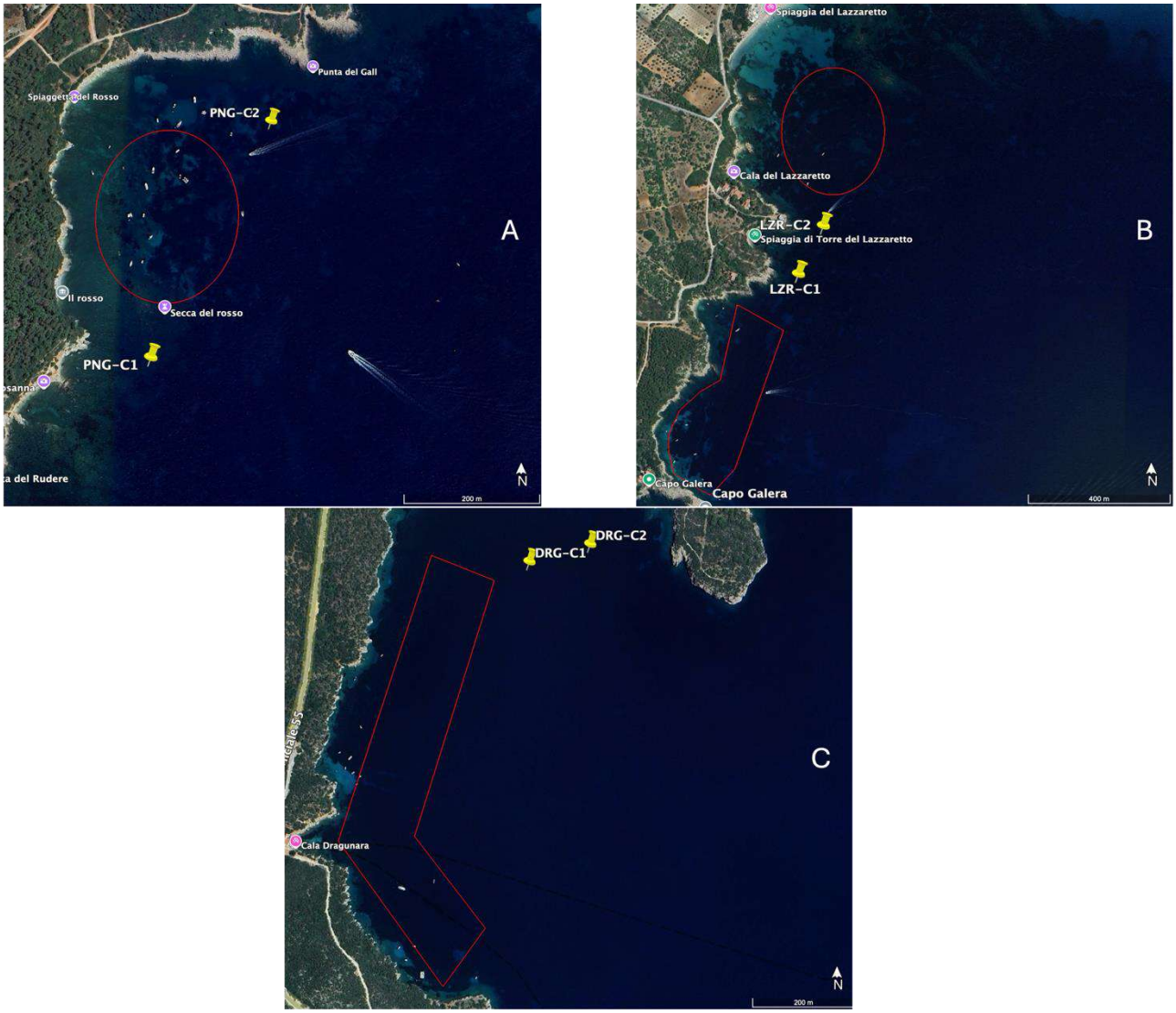

Figura 23. In giallo, le stazioni investigate come controlli in prossimità dei siti d'indagine. Punta Negra (1A); Lazzaretto e Capo Galera (1B) e Cala Dragunara (1C). Le aree evidenziate in rosso rappresentano le aree interessate dal posizionamento del campo boe.

3.3.1 Punta Negra

All'interno del sito sono state analizzate separatamente le due stazioni suddivise a loro volta in tre aree (A,B,C) (Tab.18 e Tab.19).

Tabella 18. Dati ottenuti dalle stime visive nel sito Punta Negra, Stazione 1.

STAZIONE 1

Parametro	AREA A	AREA B	AREA C	MEDIA
Continuità della prateria	2	1	2	
Fonti di disturbo evidenti	2	2	2	
Tipo di substrato	4	1	4	
Composizione prateria	1	1	1	
Presenza fioriture	2	2	2	
Ricoprimento % matte morta	30	20	20	23
Ricoprimento % *P. oceanica* viva	70	80	80	77
Ricoprimento % *Caulerpa cylindracea*	0	0	0	0
Ricoprimento % *Cymodocea nodosa*	0	0	0	0
Ricoprimento % *Caulerpa taxifolia*	0	0	0	0

Tabella 19. Dati ottenuti dalle stime visive nel sito Punta Negra, Stazione 2.

STAZIONE 2

Parametro	AREA A	AREA B	AREA C	MEDIA
Continuità della prateria	2	1	1	
Fonti di disturbo evidenti	2	2	2	
Tipo di substrato	2	2	1	
Composizione prateria	1	1	1	
Presenza fioriture	2	2	2	
Ricoprimento % matte morta	10	5	20	12
Ricoprimento % *P. oceanica* viva	90	95	80	88
Ricoprimento % *Caulerpa cylindracea*	0	0	0	0
Ricoprimento % *Cymodocea nodosa*	0	0	0	0
Ricoprimento % *Caulerpa taxifolia*	0	0	0	0

La prateria in entrambe le stazioni si sviluppa su un substrato misto composto da roccia e sabbia (Fig.24). Il confronto tra le due stazioni evidenzia alcune differenze e similitudini. Si presentano come "pure" e a tratti "discontinue", con intramatte all'interno della prateria. Tuttavia, il ricoprimento di *Posidonia oceanica* viva è

maggiore nella **Stazione 2**, con una media del 88%, rispetto al 77% della **Stazione 1** (Fig. 25). Il ricoprimento di matte morta è leggermente superiore nella **Stazione 1** (23%) rispetto alla **Stazione 2** (12%) (Fig. 26).

Figura 24. Fondale dove è presente roccia.

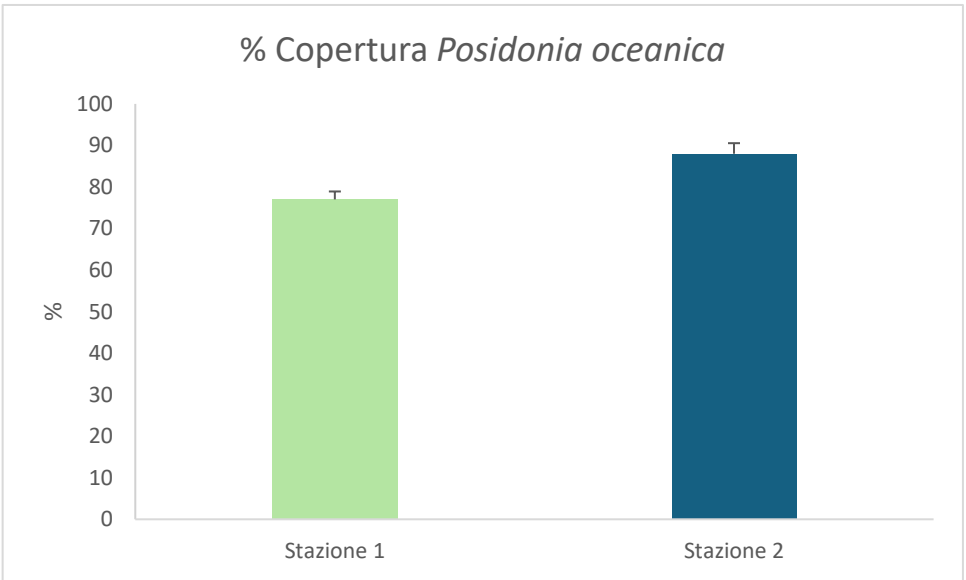

Figura 25. Percentuale di Posidonia oceanica viva suddivisa per stazione.

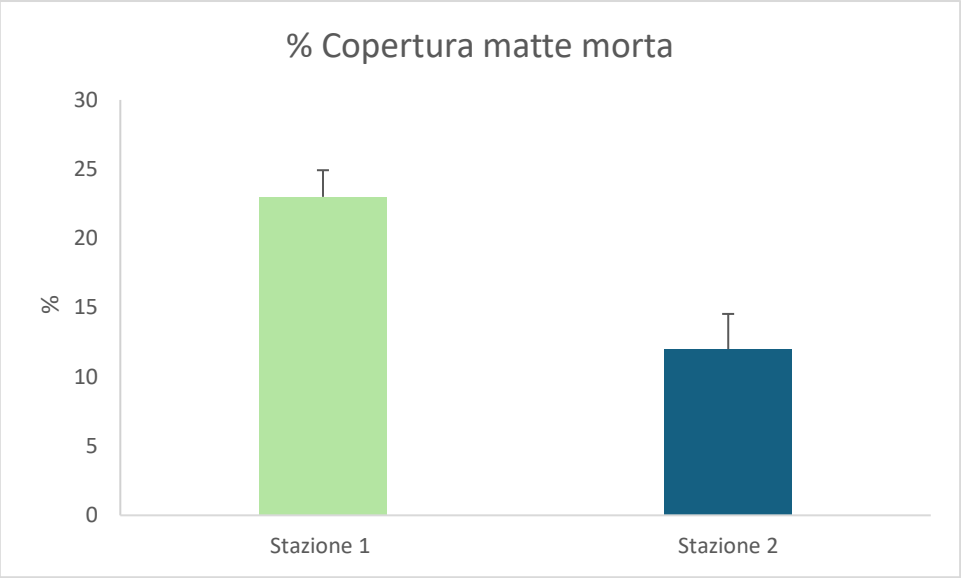

Figure 26. Percentuale di matte morta suddivisa per stazione.

In entrambe le stazioni, non si osservano fonti di disturbo evidenti né alghe alloctone, né la presenza di *Cymodocea nodosa*.

Per ciascuna delle tre aree di ogni stazione all'interno del sito sono stati conteggiati i fasci fogliari di *Posidonia oceanica* all'interno di un quadrato di 40x40 cm (0,16 m²), per un totale di 9 misurazioni per stazione. Questa misurazione è stata ripetuta in tre punti casuali all'interno di ciascuna area e i valori ottenuti sono stati mediati per ottenere una densità rappresentativa per ogni stazione (Fig. 27).

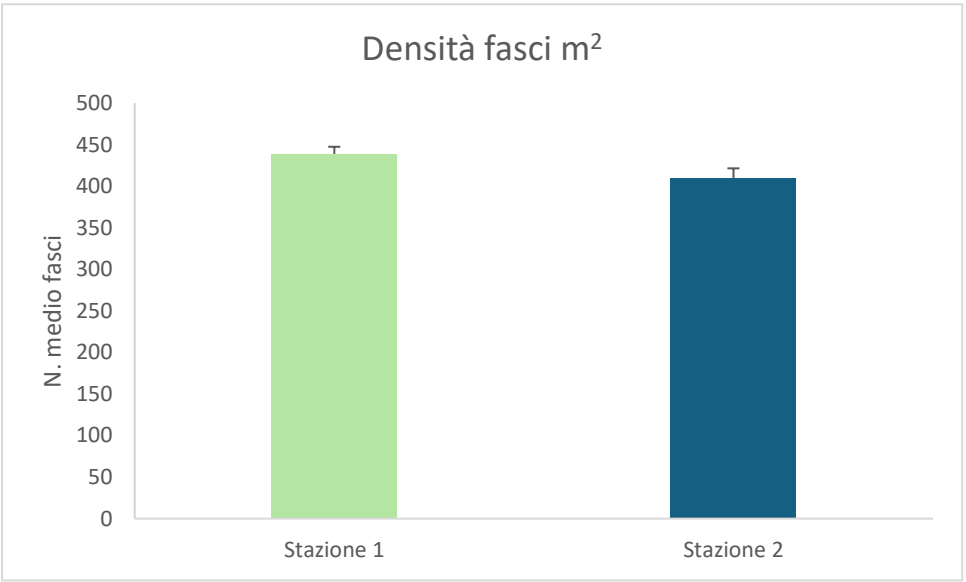

Figura 27. Densità assoluta (Media±ES) dei fasci calcolata al m² nelle due stazioni.

I dati di densità assoluta ricavati da ogni stazione sono stati elaborati secondo quanto proposto da Pergent-Martini (2005) e ripreso da UNEP-RAC/SPA (2015). È stato proposto un indice di qualità delle praterie di *P. oceanica* analizzando la densità dei fasci in relazione alla profondità (Tab. 20 e Tab. 21).

Tabella 20. Dati di densità assoluta media della Stazione 1 suddivisi per area ed elaborati per la densità relativa alla profondità.

STAZIONE 1	PROF. MEDIA	DENSITÀ M^2	QUALITY LEVEL
AREA A	5.7	433	Poor
AREA B	5.5	396	Poor
AREA C	5.5	488	Poor
MEDIA	5.5	439	Poor

Tabella 21. Dati di densità assoluta media della Stazione 2 suddivisi per area ed elaborati per la densità relativa alla profondità.

STAZIONE 2	PROF. MEDIA	DENSITÀ M^2	QUALITY LEVEL
AREA A	5.4	410	Poor
AREA B	5	302	Bad
AREA C	5.3	519	Poor
MEDIA	5.2	410	Poor

Il confronto tra i dati delle **Stazione 1** e **Stazione 2** non rileva significative differenze nella densità dei fasci fogliari di *Posidonia oceanica* né nella loro classificazione ecologica.

La densità assoluta dei fasci fogliari della **Stazione 1** varia da 294 a 556 fasci/m^2, con una media di 439 fasci/m^2. Nella **Stazione 2** la densità assoluta varia da 275 a 569 fasci/m^2, con una media di 410 fasci/m^2, che è di poco inferiore rispetto alla media della **Stazione 1**.

Secondo la classificazione di Pergent-Martini, entrambe le stazioni sono classificate come “poor” ad indicare un basso livello di qualità ecologica.

3.3.2 Lazzaretto-Capo Galera

All'interno del sito sono state analizzate separatamente le due stazioni suddivise a loro volta in tre aree (A,B,C) (Tab.22 e Tab.23).

Tabella 22. Dati ottenuti dalle stime visive nel sito Lazzaretto-Punta Galera, Stazione 1.

STAZIONE 1

Parametro	AREA A	AREA B	AREA C	MEDIA
Continuità della prateria	2	1	2	
Fonti di disturbo evidenti	2	2	2	
Tipo di substrato	2	3	2	
Composizione prateria	1	1	1	
Presenza fioriture	2	2	2	
Ricoprimento % matte morta	0	10	20	10
Ricoprimento % *P. oceanica* viva	100	90	80	90
Ricoprimento % *Caulerpa cylindracea*	0	0	0	0
Ricoprimento % *Cymodocea nodosa*	0	0	0	0
Ricoprimento % *Caulerpa taxifolia*	0	0	0	0

Tabella 23. Dati ottenuti dalle stime visive nel sito Lazzaretto-Punta Galera, Stazione 2.

STAZIONE 2

Parametro	AREA A	AREA B	AREA C	MEDIA
Continuità della prateria	2	1	1	
Fonti di disturbo evidenti	2	2	2	
Tipo di substrato	2	2	2	
Composizione prateria	1	1	1	
Presenza fioriture	2	2	2	
Ricoprimento % matte morta	0	20	10	10
Ricoprimento % *P. oceanica* viva	100	80	90	90
Ricoprimento % *Caulerpa cylindracea*	0	0	0	0
Ricoprimento % *Cymodocea nodosa*	0	0	0	0
Ricoprimento % *Caulerpa taxifolia*	0	0	0	0

La prateria in entrambe le stazioni si sviluppa su un substrato misto composto di sabbia ed una piccola percentuale di matte morta. Il confronto tra le due stazioni evidenzia perlopiù similitudini tra le due. La

prateria si presenta come "pura" e a tratti "discontinua" (Fig.28). Tuttavia, il ricoprimento di *Posidonia oceanica* viva è uguale in entrambe le stazioni con una percentuale del 90% (Fig. 29). Anche il ricoprimento di matte morta è uguale tra le due stazioni (10%) (Fig. 30).

Figura 28. Presenza di discontinuità all'interno della prateria.

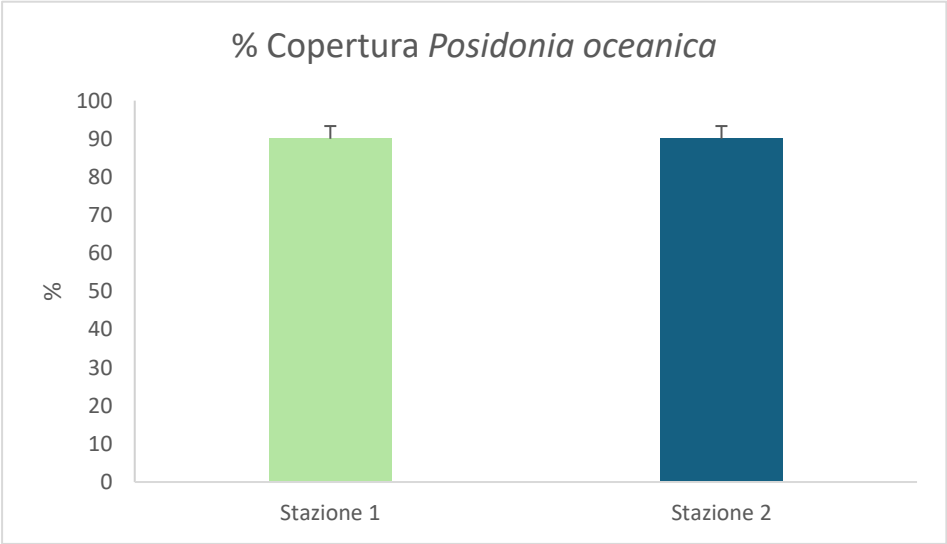

Figura 29. Percentuale di Posidonia oceanica viva suddivisa per stazione.

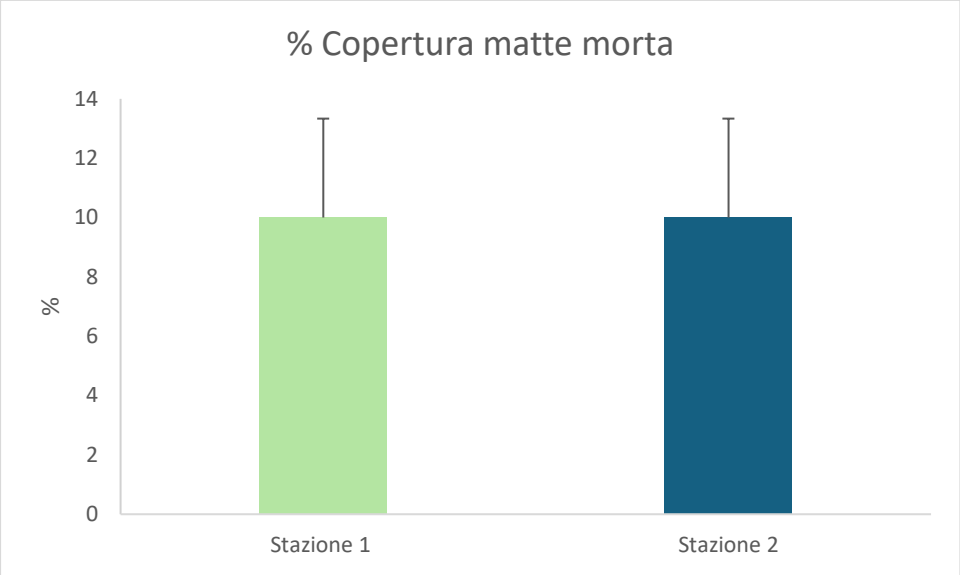

Figura 30. Percentuale di matte morta suddivisa per stazione.

In entrambe le stazioni, non si osservano fonti di disturbo evidenti né alghe alloctone, né la presenza di *Cymodocea nodosa*.

Per ciascuna delle tre aree di ogni stazione all'interno del sito sono stati conteggiati i fasci fogliari di *Posidonia oceanica* all'interno di un quadrato di 40x40 cm (0,16 m²), per un totale di 9 misurazioni per stazione. Questa misurazione è stata ripetuta in tre punti casuali all'interno di ciascuna area e i valori ottenuti sono stati mediati per ottenere una densità rappresentativa per ogni stazione (Fig. 31).

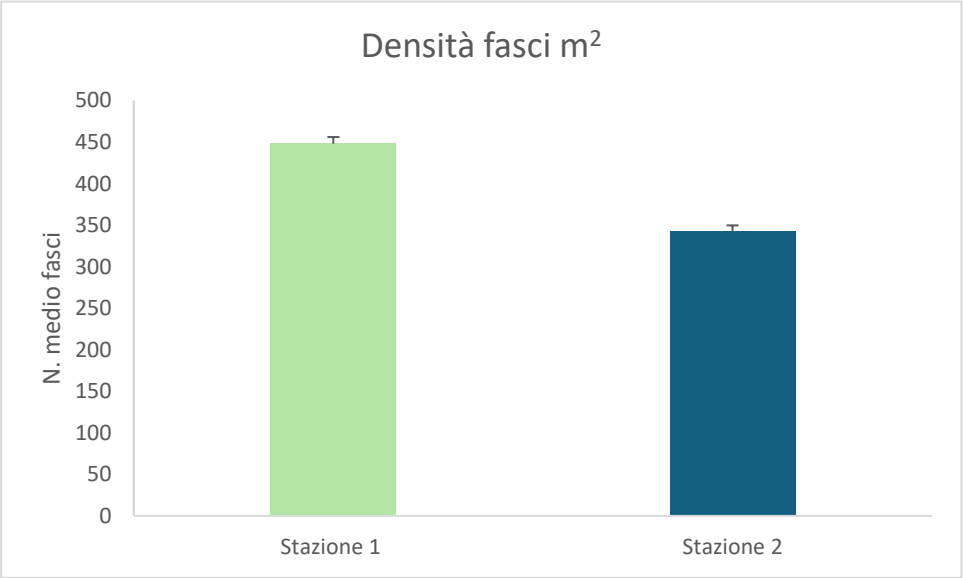

Figura 31. Densità assoluta (Media±ES) dei fasci calcolata al m² nelle due stazioni.

I dati di densità assoluta ricavati da ogni stazione sono stati elaborati secondo quanto proposto da Pergent-Martini (2005) e ripreso da UNEP-RAC/SPA (2015). È stato proposto un indice di qualità delle praterie di *P. oceanica* analizzando la densità dei fasci in relazione alla profondità (Tab. 24 e Tab. 25).

Tabella 24. Dati di densità assoluta media della Stazione 1 suddivisi per area ed elaborati per la densità relativa alla profondità.

STAZIONE 1	PROF. MEDIA	DENSITÀ M^2	QUALITY LEVEL
AREA A	10.5	490	Moderate
AREA B	10.5	446	Moderate
AREA C	10.2	408	Moderate
MEDIA	10.4	448	Moderate

Tabella 25. Dati di densità assoluta media della Stazione 2 suddivisi per area ed elaborati per la densità relativa alla profondità.

STAZIONE 2	PROF. MEDIA	DENSITÀ M^2	QUALITY LEVEL
AREA A	11.3	350	Moderate
AREA B	11.7	323	Poor
AREA C	11.5	352	Moderate
MEDIA	11.5	342	Moderate

Il confronto tra i dati delle **Stazione 1** e **Stazione 2** rileva alcune differenze nella densità dei fasci fogliari di *Posidonia oceanica* ma non nella loro classificazione ecologica.

La densità assoluta dei fasci fogliari della **Stazione 1** varia da 350 a 525 fasci/m², con una media di 448 fasci/m². Nella **Stazione 2** la densità assoluta varia da 281 a 469 fasci/m², con una media di 342 fasci/m², che è inferiore rispetto alla media della **Stazione 1.**

Secondo la classificazione di Pergent-Martini, entrambe le stazioni sono classificate come “moderate” ad indicare un discreto livello di qualità ecologica.

3.3.3 Cala Dragunara

All'interno del sito sono state analizzate separatamente le due stazioni suddivise a loro volta in tre aree (A,B,C) (Tab.26 e Tab.27).

Tabella 26. Dati ottenuti dalle stime visive nel sito Cala Dragunara, Stazione 1.

STAZIONE 1

Parametro	AREA A	AREA B	AREA C	MEDIA
Continuità della prateria	1	1	2	
Fonti di disturbo evidenti	1	2	1	
Tipo di substrato	4	2	4	
Composizione prateria	1	1	1	
Presenza fioriture	2	2	2	
Ricoprimento % matte morta	0	10	30	13
Ricoprimento % *P. oceanica* viva	100	90	70	87
Ricoprimento % *Caulerpa cylindracea*	0	0	0	0
Ricoprimento % *Cymodocea nodosa*	0	0	0	0
Ricoprimento % *Caulerpa taxifolia*	0	0	0	0

Tabella 27. Dati ottenuti dalle stime visive nel sito Cala Dragunara, Stazione 2.

STAZIONE 2

Parametro	AREA A	AREA B	AREA C	MEDIA
Continuità della prateria	1	1	2	
Fonti di disturbo evidenti	1	2	2	
Tipo di substrato	4	3	2	
Composizione prateria	1	1	1	
Presenza fioriture	2	2	2	
Ricoprimento % matte morta	30	30	50	37
Ricoprimento % *P. oceanica* viva	70	70	90	77
Ricoprimento % *Caulerpa cylindracea*	0	0	0	0
Ricoprimento % *Cymodocea nodosa*	0	0	0	0
Ricoprimento % *Caulerpa taxifolia*	0	0	0	0

La prateria in entrambe le stazioni si sviluppa su un substrato misto composto da sabbia e matte morta. Il confronto tra le due stazioni evidenzia alcune differenze e similitudini. In entrambe le stazioni la prateria si presenta come "pura" e “continua”, ad eccezione di due aree in cui sono presenti intramatte all’interno della prateria (Fig. 32). Tuttavia, il ricoprimento di *Posidonia oceanica* viva è maggiore nella **Stazione 1**, con una media del 87%, rispetto al 77% della **Stazione 2** (Fig. 33). Il ricoprimento di matte morta è superiore nella **Stazione 2** (37%) rispetto alla **Stazione 1** (13%) (Fig. 34).

Figura 32. Presenza di discontinuità (intramatte) all’interno della prateria.

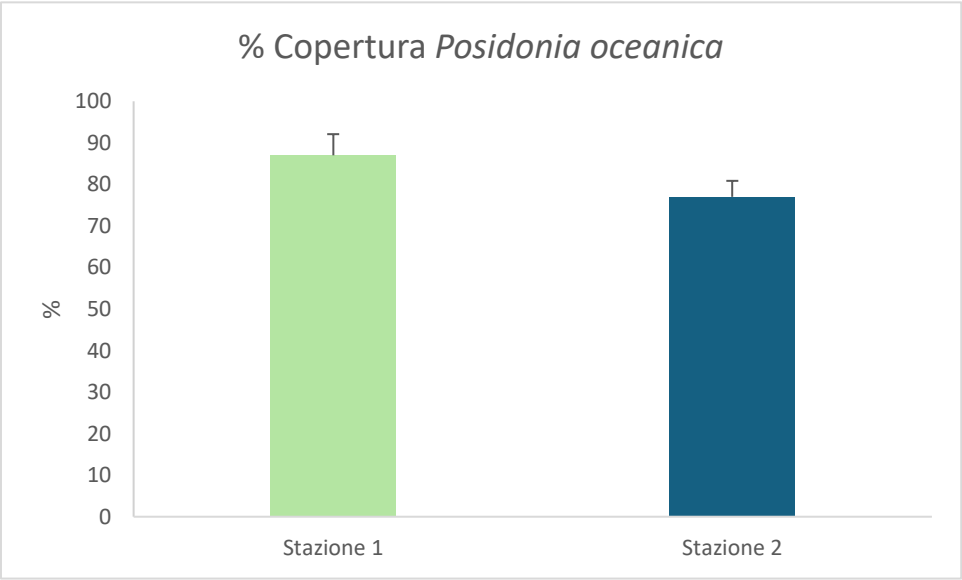

Figura 33. Percentuale di Posidonia oceanica viva suddivisa per stazione.

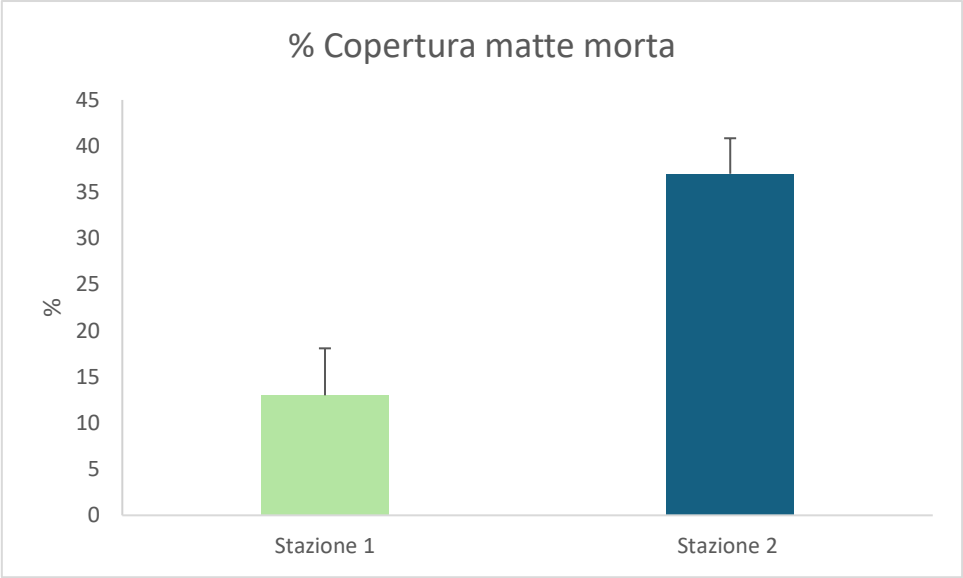

Figura 34. Percentuale di matte morta suddivisa per stazione.

In entrambe le stazioni, non si osservano né alghe alloctone, né la presenza di *Cymodocea nodosa*. Nella **Stazione 1** sono presenti segni di ancoraggio come fonte di disturbo (Fig. 35); mentre nella **Stazione 2** sono state individuate delle bottiglie di vetro sul fondale a costituire un rifiuto e quindi un disturbo per la prateria (Fig.36).

Figura 35. Evidente segno di ancoraggio presente all'interno della prateria.

Figura 36. Rifiuti di vetro presenti all'interno della prateria.

Per ciascuna delle tre aree di ogni stazione all'interno del sito sono stati conteggiati i fasci fogliari di *Posidonia oceanica* all'interno di un quadrato di 40x40 cm (0,16 m²), per un totale di 9 misurazioni per stazione. Questa misurazione è stata ripetuta in tre punti casuali all'interno di ciascuna area e i valori ottenuti sono stati mediati per ottenere una densità rappresentativa per ogni stazione (Fig. 37).

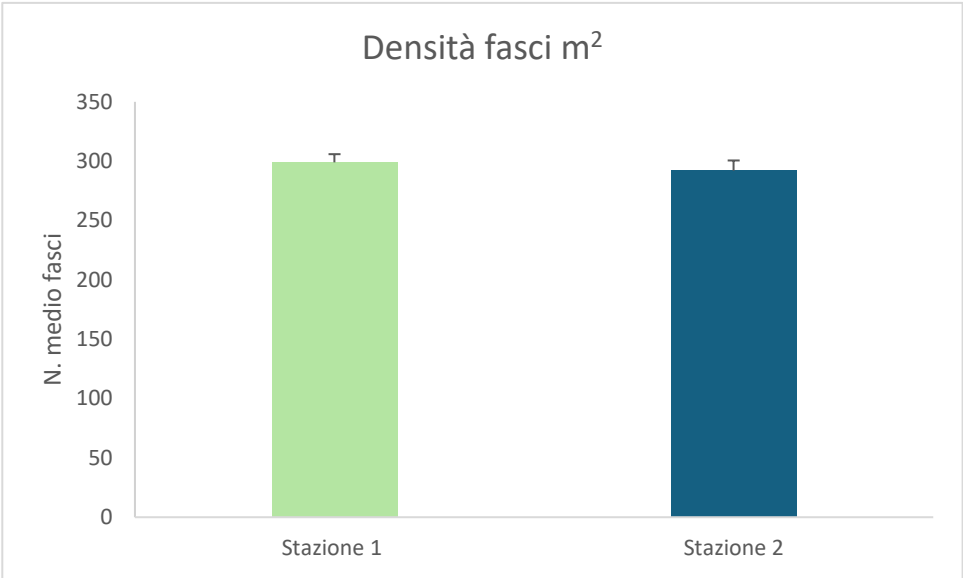

Figura 37. Densità assoluta (Media±ES) dei fasci calcolata al m² nelle due stazioni.

I dati di densità assoluta ricavati da ogni stazione sono stati elaborati secondo quanto proposto da Pergent-Martini (2005) e ripreso da UNEP-RAC/SPA (2015). È stato proposto un indice di qualità delle praterie di *P. oceanica* analizzando la densità dei fasci in relazione alla profondità (Tab. 28 e Tab. 29).

Tabella 28. Dati di densità assoluta media della Stazione 1 suddivisi per area ed elaborati per la densità relativa alla profondità.

STAZIONE 1	PROF. MEDIA	DENSITÀ M^2	QUALITY LEVEL
AREA A	11.8	252	Poor
AREA B	12	290	Poor
AREA C	12.2	354	Moderate
MEDIA	12	299	Poor

Tabella 29. Dati di densità assoluta media della Stazione 2 suddivisi per area ed elaborati per la densità relativa alla profondità.

STAZIONE 2	PROF. MEDIA	DENSITÀ M^2	QUALITY LEVEL
AREA A	12.1	290	Poor
AREA B	12.4	229	Poor
AREA C	12.4	358	Moderate
MEDIA	12.3	292	Poor

Il confronto tra i dati delle **Stazione 1** e **Stazione 2** non rileva significative differenze nella densità dei fasci fogliari di *Posidonia oceanica* né nella loro classificazione ecologica.

La densità assoluta dei fasci fogliari della **Stazione 1** varia da 219 a 413 fasci/m^2, con una media di 299 fasci/m^2. Nella **Stazione 2** la densità assoluta varia da 188 a 425 fasci/m^2, con una media di 292 fasci/m^2, che è di poco inferiore rispetto alla media della **Stazione 1.**

Secondo la classificazione di Pergent-Martini, entrambe le stazioni sono classificate come “poor” ad indicare un basso livello di qualità ecologica.

4. Indice di Conservazione (CI)

Attraverso l'analisi della distribuzione cumulativa di frequenza dei valori dell'Indice di Conservazione (IC) vengono determinate cinque livelli (Classe 1-5) di qualità dell'ecosistema:

1. IC < 0,3: cattivo stato di conservazione
2. IC tra 0,3 e 0,5 escluso: stato di conservazione scarso
3. IC tra 0,5 e 0,7 escluso: stato di conservazione moderato
4. IC tra 0,7 e 0,9 escluso: buono stato di conservazione
5. IC ≥ 0,9: stato di conservazione elevato

Tabella 6. Indice di conservazione della prateria calcolato per sito mediando i valori delle stazioni con le relative aree.

Conservation Index

	Valore	Livello di qualità
Punta negra	1	Elevato
Lazzaretto	0.91	Elevato
Capo Galera	0.88	Buono
Cala Dragunara	0.91	Elevato
Controllo Punta Negra	0.82	Buono
Controllo Lazzaretto-Capo Galera	0.9	Elevato
Controllo Cala Dragunara	0.76	Buono

È opportuno considerare che la matte morta può avere anche origine naturale (Boudouresque et al., 2012) e che una sua moderata estensione non rappresenta necessariamente condizioni di degrado, tanto meno di origine antropica. L'indice di Conservazione fornisce un'indicazione generica dello stato della prateria se misurato accidentalmente; tuttavia, se monitorato regolarmente su scala temporale pluriennale, risulta uno strumento efficace per identificare eventuali cambiamenti locali nelle condizioni della prateria.

5. Limite inferiore della prateria di *Posidonia oceanica*

Durante il monitoraggio sono state analizzate anche due aree lungo il limite inferiore della prateria di *P. oceanica* presente nell'area interessata. I due punti analizzati sono rispettivamente Lim_INF1, situato di fronte ai siti di Punta Negra, Lazzaretto e Capo Galera (quindi al di fuori dell'Area Marina Protetta, Fig. 38), e Lim_INF2, posizionato di fronte al sito di Cala Dragunara (all'interno dell'Area Marina Protetta, Fig. 39).

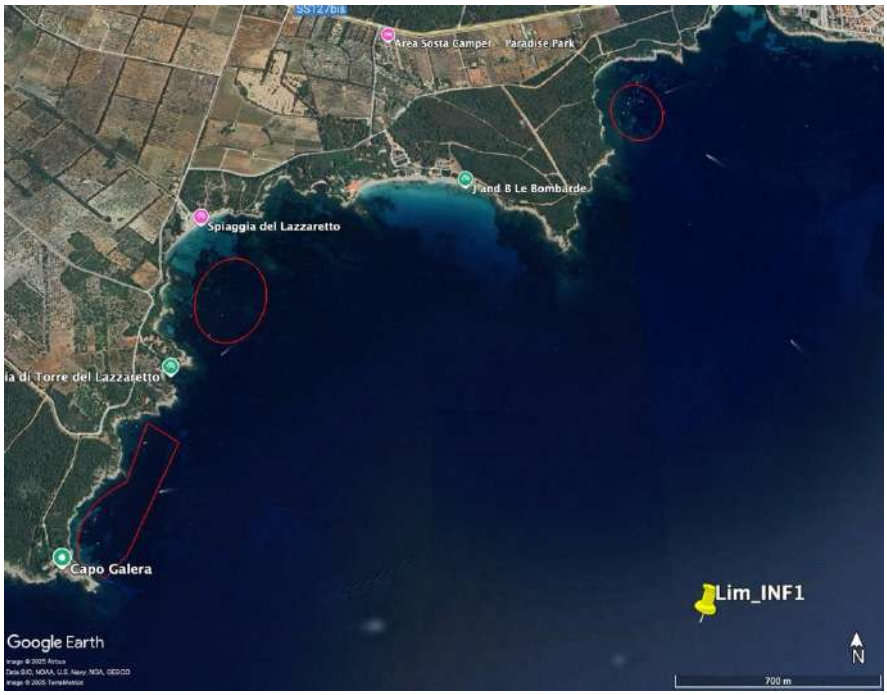

Figura 38. Lim_INF1 di fronte ai siti di Punta Negra, Lazzaretto e Capo Galera.

Figura.39. Lim_INF2 di fronte al sito di Cala Dragunara.

I rilievi sono stati effettuati mediante l'ausilio di un ROV (*Deep Trekker DTG3*). Le analisi hanno evidenziato che il limite inferiore Lim_INF1 è di tipo progressivo (Pergent et al., 1995) (Fig. 40), posto a circa 31 metri di profondità e a una distanza di circa 1 NM dalle aree interessate dal campo boe; il limite inferiore Lim_INF2, invece, è di tipo regressivo (Pergent et al., 1995) (Fig. 41), collocato a circa 25 metri di profondità e a circa 0,30 NM dall'area di Cala Dragunara, anch'essa interessata dal campo boe. Alla luce della distanza tra il limite inferiore e la posizione dei campi boe, si ritiene che tali installazioni non arrechino alcun disturbo alla prateria.

Figura.40. Lim_INF1 di tipo progressivo.

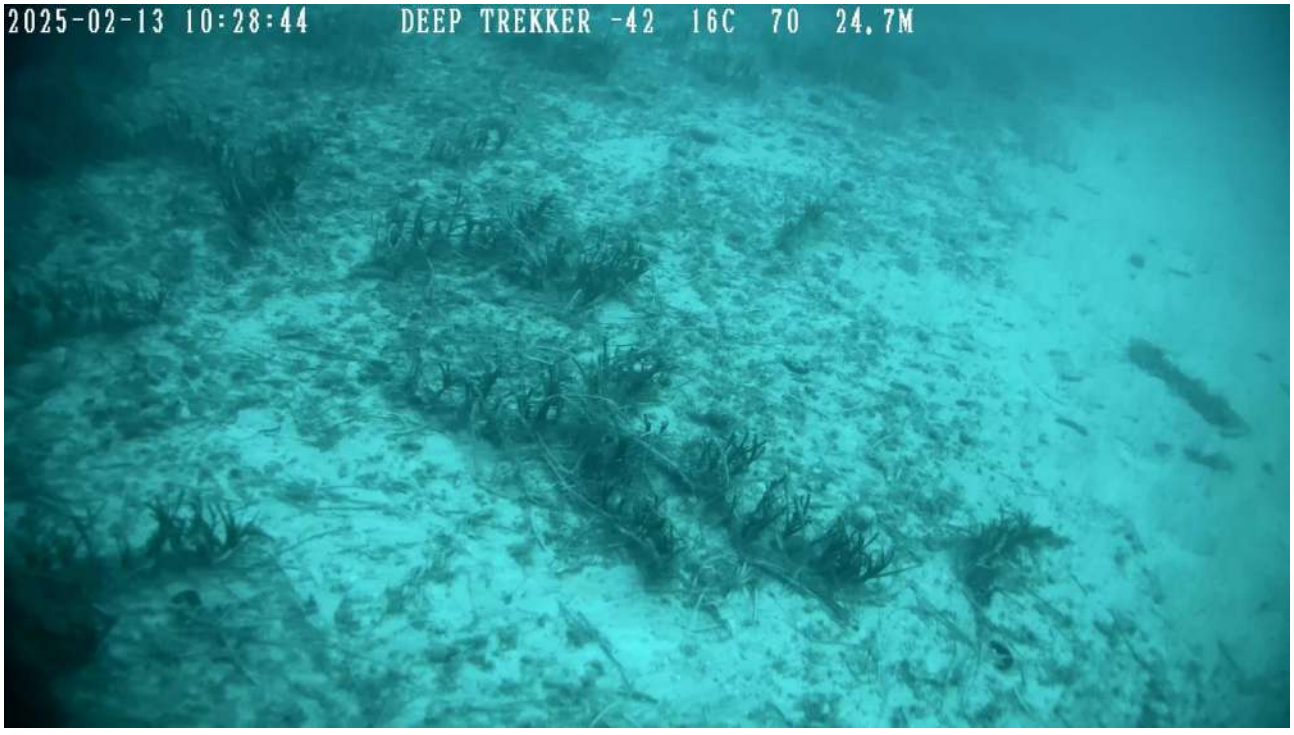

Figura.41. Lim_INF2 di tipo regressivo.

6. Conclusioni

La prateria di *Posidonia oceanica* presente nel Parco Naturale Regionale di Porto Conte mostra generalmente pattern differenti in relazione ai siti analizzati. Dai dati raccolti si evidenzia un indice ecologico generalmente basso per i siti analizzati, classificati prevalentemente come "poor", nonostante alcune aree mostrino valori leggermente più elevati ("moderate"). Tuttavia, la classificazione adottata Pergent-Martini, (2005) non considera le peculiarità biogeografiche della costa: nella Sardegna nord-occidentale, infatti, le praterie di *P. oceanica* manifestano caratteristiche fenologiche peculiari, come la combinazione di una bassa densità e una dimensione fogliare elevata, aspetti che solitamente si compensano all'interno della pianta (Pergent, com. pers.; Pansini et al., 2021). Le fonti di disturbo più frequenti nell'area sono rappresentate dagli ancoraggi, che hanno provocato la formazione di solchi all'interno della prateria. Con il posizionamento del nuovo campo boe si punta a eliminare i danni causati dalle ancore. Alla luce di tali osservazioni e considerando anche i risultati dell'indice di conservazione, è possibile affermare che nel complesso lo stato ecologico della prateria risulta buono.

7. Bibliografia citata e/o consultata

Bacci T., Rende S.F., Montefalcone M., 2012. Elemento di Qualità Biologica Angiosperme. Scheda metodologica ISPRA per il calcolo dello stato ecologico secondo la metodologia PREI. Procedure di campionamento per la raccolta dati. Aggiornamento Febbraio 2012, 14 pp.

Boudouresque C.F., Bernard G., Bonhomme P., Charbonnel E., Diviacco G., Meinesz A., Pergent G.,

Meadows. Ramoge and RAC/SPA publisher, Tunis: 1-202.

Moreno, D., Aguilera, P. A., & Castro, H. (2001). Assessment of the conservation status of seagrass (*Posidonia oceanica*) meadows: implications for monitoring strategy and the decision-making process. *Biological Conservation*, *102*(3), 325-332.

Pansini A., La Manna G., Pinna F., Stipcich P., Ceccherelli G. (2021). Trait gradients inform predictions of seagrass meadow changes to future warming. Scientific Reports 18107.

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. *Mésogée (Marseille)*, *54*, 3-27.

Pergent-Martini, C., Leoni, V., Pasqualini, V., Ardizzone, G. D., Balestri, E., Bedini, R., ... & Velimirov, B. (2005). Descriptors of Posidonia oceanica meadows: use and application. *Ecological Indicators*, *5*(3), 213-230.

Pergent-Martini C., Ruitton S., Tunesi L., 2012. Protection and conservation of *Posidonia oceanica*

UNEP/MAP-RAC/SPA, 2015. Guidelines for Standardization of Mapping and Monitoring Methods of Marine Magnoliophyta in the Mediterranean. Christine Pergent-Martini, Edits., RAC/SPA publ.,Tunis: 48 p. + Annexes.