



FSC

Fondo per lo Sviluppo e la Coesione

Unione dei Comuni "ALTA GALLURA"



UNIONE COMUNI ALTA GALLURA

PROVINCIA DI SASSARI

RIPRISTINO E COMPLETAMENTO DELLE OPERE DI DIFESA E DI ACCOSTO DEL PORTO DI ISOLA ROSSA NEL COMUNE DI TRINITA' D'AGULTU

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA - DEFINITIVO

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO:

Dott.ssa Jeanne Francine Murgia

R.T.P. tra:

Mandataria



Sede Operativa
Via Francavilla, 99 - 98039 Taormina (ME)
tel +39-0942.620071 - fax +39-090.9582054
www.artecassociati.com

DIRETTORE TECNICO
Arch. Giacomo Caruso

Mandanti:

PROGETTI E OPERE S.r.l.

Viale delle Magnolie n.36, 90144 Palermo (PA)

P.IVA 03955900828

ARKSA INGEGNERIA Soc. Coop.

Via Olbia n.7, 07026 Olbia (SS)

P.IVA 02721750905

ARCH. MARCO TERZITTA

Via N.Sauro n.3, 07038 Trinità d'Agultu (SS)

P.IVA 01618500902

TITOLO ELABORATO:

RELAZIONI TECNICHE E SPECIALISTICHE
Piano di Monitoraggio Ambientale

ELABORATO N°:

REL10

		ELABORATO		CONTROLLATO	APPROVATO		
SIGLA		-		-	-		
REVISIONE	N		DATA	DESCRIZIONE	RED.	VER.	APP.
	A	A	10/10/2023	1^ Emissione	-	-	-
	B	B		Revisione			
	C	C		Revisione			

NOME FILE:
PD_REL10

DATA:
Ottobre 2023

SCALA:
-

SOMMARIO

1	PREMESSA.....	1
2	ATTIVITÀ SVOLTE – RICOGNIZIONE SUBACQUEA	3
3	ATTIVITA' DA SVOLGERE CONNESSE AL MONITORAGGIO DELL'AMBIENTE MARINO	11
3.1	Rilievo morfologico e mappatura della biocenosi	12
3.2	Monitoraggio dello stato di salute delle praterie di posidonia oceanica	13
3.2.1	Principali caratteristiche della Posidonia Oceanica	13
3.2.2	Piano di campionamento	16
3.3	Monitoraggio della matrice acqua con sonda multiparametrica	23
4	STIMA ECONOMICA ATTIVITA' DI MONITORAGGIO.....	26

1 PREMESSA

Il presente piano di monitoraggio, le cui correlate attività saranno definite in dettaglio nei paragrafi seguenti, è parte integrante dello Studio di Incidenza Ambientale e si prefigge lo scopo di definire le attività atte a monitorare alcuni aspetti direttamente connessi alla realizzazione delle opere relativamente agli interventi di messa in sicurezza della scogliera a protezione del porto turistico di Isola Rossa. In particolare la risagomatura della scogliera interferisce con dei nuclei isolati di Posidonia Oceanica, al di fuori del sito Natura 2000 ITB012211 "Isola Rossa - Costa Paradiso".



Figura 1: nuclei isolati di posidonia oceanica al piede della massciata oggetto di risagomatura

Si prevede che le attività connesse al piano di monitoraggio si sviluppino secondo una successione temporale suddivisa nelle seguenti tre fasi:

1. prima dell'avvio dei lavori (*ante operam*):

- monitoraggio della matrice acqua mediante sonda multiparametrica;
- monitoraggio della biocenosi costiere con *side scan sonar*;
- monitoraggio dello stato di salute della Posidonia;

2. durante il corso dei lavori:

- monitoraggio della matrice acqua mediante sonda multiparametrica;

3. al termine dei lavori (post operam):

- monitoraggio della matrice acqua mediante sonda multiparametrica;
- monitoraggio della biocenosi costiere con *side scan sonar* per consentire di confrontare la copertura vegetazionale con la situazione *ante operam*;
- monitoraggio dello stato di salute della Posidonia (nel caso specifico stabilito a 12 mesi dalla prima campagna di monitoraggio).

La successione delle attività nella suddetta fasizzazione temporale garantirà la possibilità di valutare l'andamento dei parametri di riferimento considerati in fase di realizzazione, in modo da apportare le dovute correzioni all'occorrenza, garantendo un immediato confronto con le condizioni immediatamente antecedenti l'inizio dei lavori. Inoltre, con il monitoraggio *post operam* sarà possibile determinare se la realizzazione dell'opera abbia comportato alcune sostanziali modifiche ai luoghi caratterizzati dalla realizzazione delle opere in progetto.

2 ATTIVITÀ SVOLTE – RICOGNIZIONE SUBACQUEA

In data 19/04/2022 è stata effettuata una ricognizione archeologica subacquea che ha dato anche evidenza della tipologia di substrato e della presenza di Posidonia. Dall'indagine è emerso quanto segue:

- Il settore occidentale dell'area oggetto di intervento presenta un vasto affioramento di granito con formazioni (frequenti ma di limitata estensione) di prateria di *Posidonia oceanica*.



Figura 2: ricognizione subacquea– T1 – foto 8101

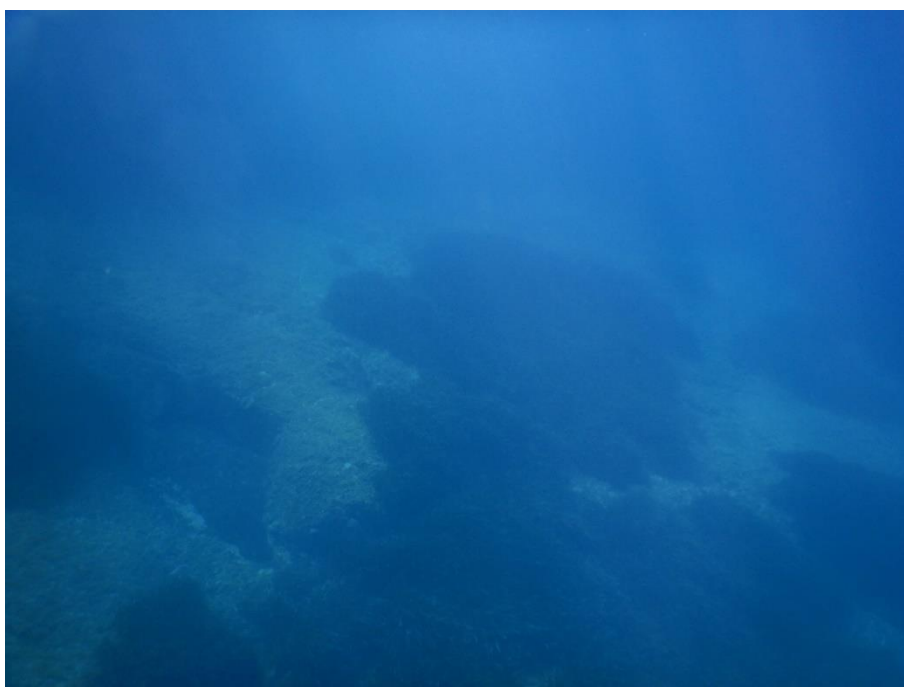


Figura 3: ricognizione subacquea – T1– foto 8104



Figura 4: ricognizione subacquea– T1 – foto 8107



Figura 5: ricognizione subacquea– T1 – foto 8110

- Procedendo verso sud-est, si nota un progressivo aumento di ciottoli di medie dimensioni, segno di un'area esposta a forti correnti e all'azione diretta del moto ondoso.



Figura 6: ricognizione subacquea – T1– foto 8113



Figura 7: ricognizione subacquea – T1– foto 8120

- Circa a metà della diga foranea di sopraflutto, il substrato granitico riemerge dai sedimenti formando una piccola secca; questa segna anche il limite delle formazioni rocciose e della *prateria di posidonia* che lasciano il posto a una distesa di sabbia (vedi figura 10), inizialmente grossolana e ricca di pietrame, successivamente bianca e finissima.



Figura 8: ricognizione subacquea – T1– foto 8123



Figura 9: ricognizione subacquea – T1– foto 8126



Figura 10: ricognizione subacquea – T1– foto 8129

- Il passaggio dalla sabbia più grossolana a quella più fine è netto e ben leggibile sul fondale per un ampio tratto in corrispondenza della testa del molo di sopraflutto. Anche questo particolare indica la presenza forti correnti e la loro interferenza con le strutture portuali.

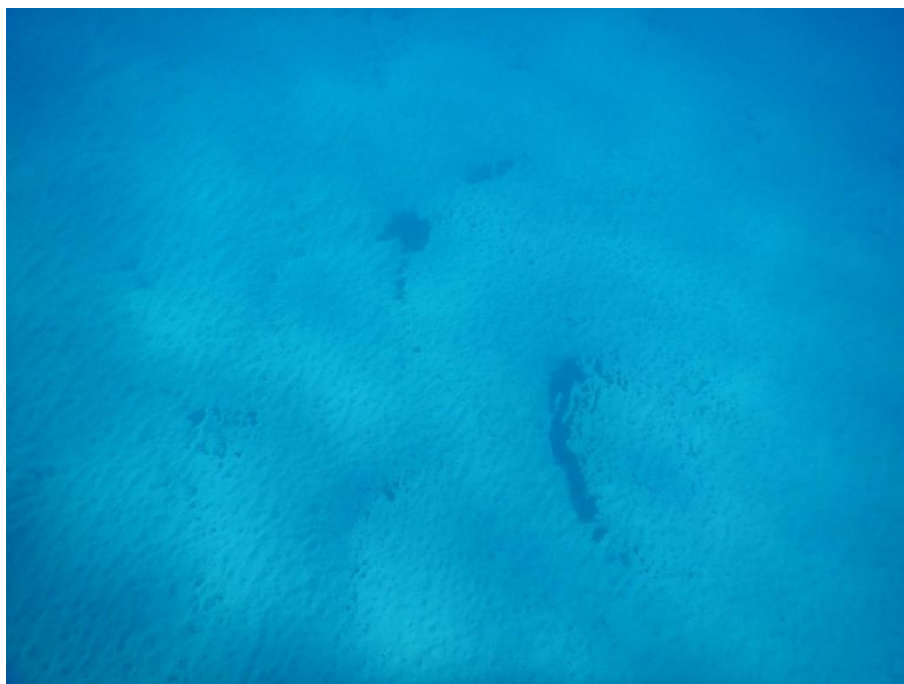


Figura 11: ricognizione subacquea – T1– foto 8131

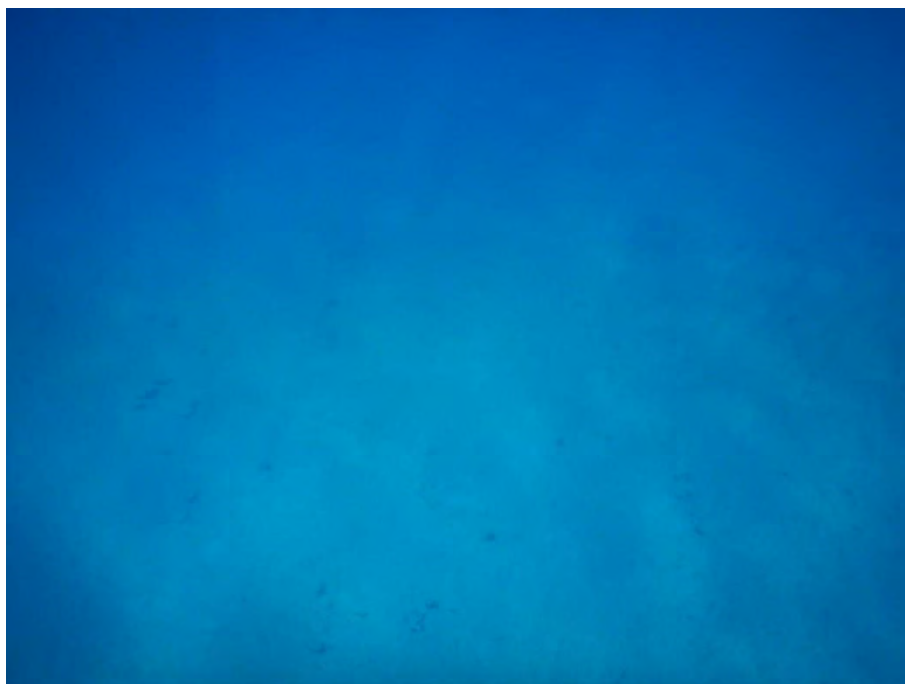


Figura 12: ricognizione subacquea– T1 – foto 8137

La ricognizione subacquea ha previsto la realizzazione di transetti paralleli al molo di sopraflutto in numero sufficiente per poter coprire l'area diretta di intervento (a ridosso della diga) e una fascia di rispetto di circa 50 m. Nel complesso, sono stati eseguiti 5 transetti (T1-5). Le foto sopra riportate appartengono al *transetto 1 (T1)* che corrisponde all'area di progetto. Si riportano per completezza ulteriori foto rappresentative dei successivi transetti delle quali si riporta la localizzazione nella planimetria seguente.

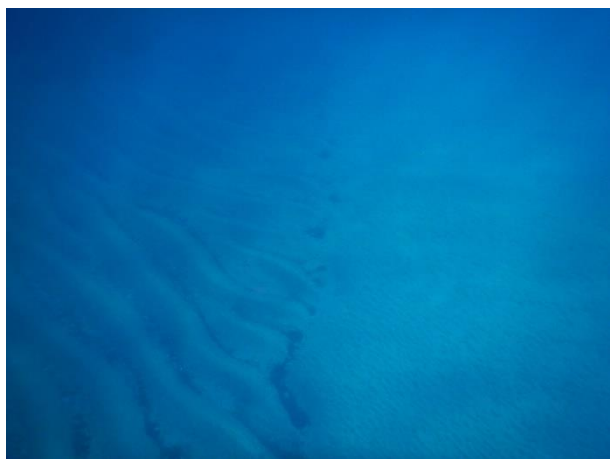


Figura 13: ricognizione subacquea– T2 – foto 8143



Figura 14: ricognizione subacquea– T2 – foto 8145



Figura 15: ricognizione subacquea– T2 – foto 8150



Figura 16: ricognizione subacquea– T2 – foto 8151

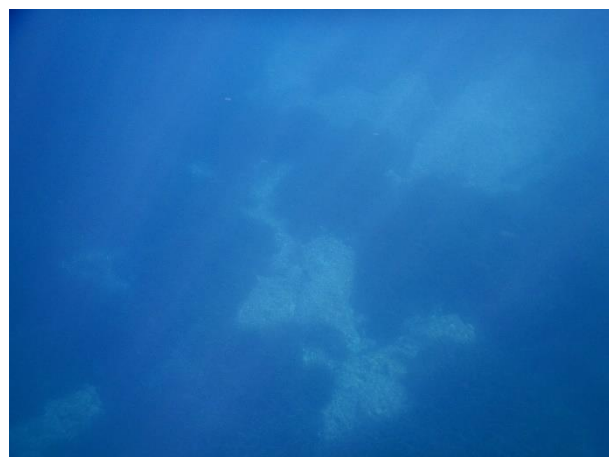


Figura 17: ricognizione subacquea– T2 – foto 8154



Figura 18: ricognizione subacquea– T3 – foto 8155

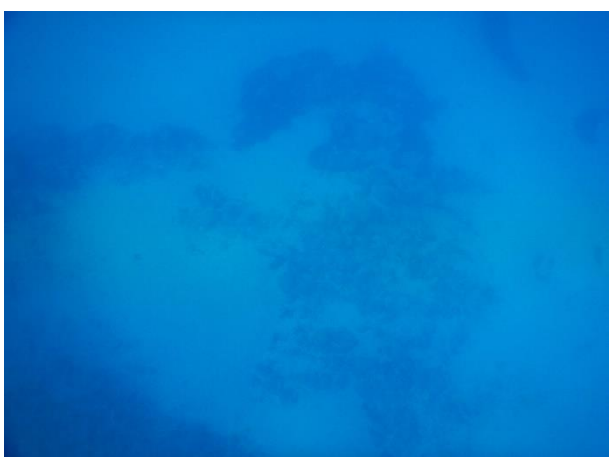


Figura 19: ricognizione subacquea– T3 – foto 8162



Figura 20: ricognizione subacquea– T3 – foto 8171

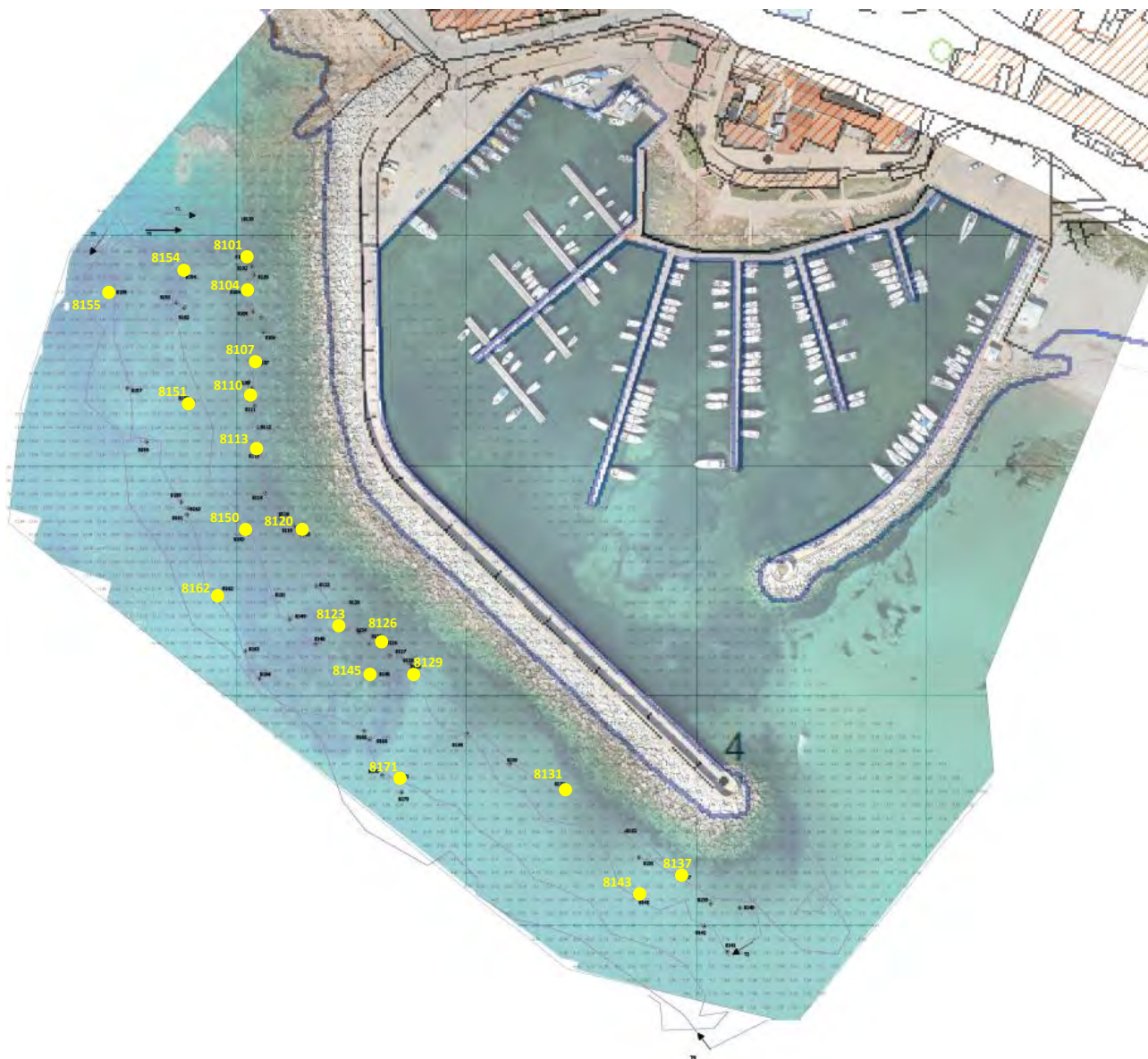


Figura 21: Planimetria con individuazione foto - ricognizione subacquea

Come risulta visibile dalle foto acquisite, nell'area di intervento sono presenti alcuni nuclei isolati di posidonia. Detti nuclei, seppur esterni al sito Natura 2000 – ITB012211 "Isola Rossa -Costa Paradiso" e presenti con frequenza discontinua, costituiscono una delle componenti fondamentali dell'equilibrio marino. In generale infatti la *Posidonia Oceanica* contribuisce in maniera cospicua alla ossigenazione delle acque e alla produzione di biomassa vegetale; rappresentano inoltre un fattore di stabilità dei fondali mobili e delle rive.

La risagomatura della scogliera genera inevitabilmente una piccola sottrazione della vegetazione marina posta al piede della scogliera esistente.

3 ATTIVITÀ DA SVOLGERE CONNESSE AL MONITORAGGIO DELL'AMBIENTE MARINO

Le attività del monitoraggio dell'ambiente marino sono di seguito schematizzate.

PIANO DI MONITORAGGIO – CARATTERISTICHE AMBIENTE MARINO		
Fase	Attività	Obiettivi
Ante operam (subito prima dell'inizio dei lavori)	1 Rilievo morfologico con sistema Side Scan Sonar e mappatura della biocenosi	Mappatura della biocenosi esistente in un intorno di circa 400 m dalla scogliera a protezione del porto turistico.
	1 Rilievo parametri con Sonda multiparametrica	Valutazione dei parametri che rappresentano i "dati bianchi" assunti come valori di riferimento
	1 monitoraggio dello stato di salute della Posidonia	Valutazione dello stato di salute della Posidonia nella fase iniziale per compararla successivamente, nella fase <i>post operam</i> , con le condizioni future della prateria al fine di valutare eventuali modifiche accorse.
In corso d'opera	6 Rilievi parametri con Sonda multiparametrica	I parametri ottenuti durante il corso dei lavori saranno immediatamente confrontati con i "dati bianchi" rilevati in fase <i>ante operam</i> , in modo da valutare eventuali aumenti e superamenti delle soglie di riferimento ed intervenire (eventualmente con una temporanea interruzione dei lavori) per ripristinare le condizioni iniziali.
Post operam (Dopo la realizzazione dell'intervento)	1 Rilievo parametri con Sonda multiparametrica	I parametri ottenuti durante il rilievo saranno confrontati con i "dati bianchi" rilevati in fase <i>ante operam</i> , in modo da valutare eventuali aumenti e superamenti delle soglie di riferimento.
	1 Rilievo morfologico con sistema Side Scan Sonar e mappatura della biocenosi	Confronto della copertura vegetale con lo stato <i>ante operam</i>

	1 monitoraggio dello stato di salute della Posidonia	Confronto dei parametri con i valori ricavati nelle precedenti fasi al fine di valutare eventuali modifiche accorse. La seconda campagna di monitoraggio dello stato di salute della posidonia sarà effettuata dopo 12 mesi dalla prima campagna, per garantire le stesse condizioni stagionali e riproduttive della specie indagata.
--	--	---

3.1 Rilievo morfologico e mappatura della biocenosi

L'area di intervento, riportata in figura 22, sarà interessata da un rilievo morfologico per rilevare la presenza e la localizzazione di biocenosi di pregio.

Il rilievo morfologico fornirà informazioni in merito alla conoscenza della tipologia di fondale esistente (sabbia, roccia, ecc...) oltre che una valutazione sulla presenza di biocenosi protette (quali ad esempio *Posidonia Oceanica* e *Cymodocea Nodosa*). Attraverso l'individuazione delle praterie di *Posidonia Oceanica*, o di altre specie vegetali di pregio sottoposte a tutela ambientale, sarà possibile definire nel dettaglio le successive fasi del monitoraggio (stazione campionamento per il monitoraggio della salute della posidonia, stazione per monitoraggio acqua con sonda multiparametrica); inoltre la mappatura della biocenosi permetterà di confrontare la copertura della biocenosi con la situazione e *post operam*.

Il principio di funzionamento del SSS è quello dell'emissione da parte dei trasduttori di onde sonore ad una frequenza predeterminata; le onde emesse dallo strumento, una volta raggiunto il fondale, lo energizzano e quota parte dell'energia rifratta torna allo strumento e viene immediatamente trasmessa al sistema di acquisizione tramite il cavo di collegamento.

Un sistema *Side Scan Sonar* è essenzialmente composto da tre unità: una subacquea sulla quale sono montati lateralmente i trasduttori, un'unità di controllo e registrazione grafica di superficie e un cavo di collegamento dotato di connessione tra le due unità, che trasmette il segnale dai trasduttori al registratore. Il *Side Scan Sonar* è uno strumento che restituisce una visione planare ad alta risoluzione del fondo marino per mezzo di immagini, rappresentate generalmente in toni di grigio, la cui intensità è funzione della "facies acustica" che rappresenta ogni corpo.

Per la convalida dei dati acquisiti (in fase di rilievo morfologico mediante SSS), laddove si individuasse la presenza di eventuale vegetazione di pregio, saranno effettuate delle video ispezioni (verità a mare).



Figura 22: Individuazione area monitoraggio della biocenosi costiere con side scan sonar

3.2 Monitoraggio dello stato di salute delle praterie di posidonia oceanica

3.2.1 Principali caratteristiche della Posidonia Oceanica

Le praterie di Posidonia Oceanica rappresentano uno dei complessi biocenotici di maggior pregio per l'intero bacino del Mediterraneo; tale specie è una fanerogama marina monocotiledone appartenente alla famiglia delle Potamogetonacee endemica del Mediterraneo ed è l'unica in grado di formare praterie continue dalla superficie fino alla batimetria dei 40 metri senza interruzioni, sia su substrati sabbiosi che rocciosi.



Figura 23 - Posidonia oceanica

La grande quantità di produzione delle fanerogame allocata negli organi ipogei, il generale scarso consumo da parte degli erbivori e il lento tasso di decomposizione delle fanerogame rendono queste piante responsabili dello stoccaggio del 15% del carbonio nelle acque e contribuiscono nella misura del 24% al trasporto di carbonio ai sistemi adiacenti.

Le fanerogame forniscono cibo per le reti alimentari costiere, ossigeno ai sedimenti e alla colonna d'acqua, stabilizzano i sedimenti, migliorano la trasparenza delle acque e

attenuano il moto ondoso proteggendo la linea di costa. È da evidenziare, inoltre, l'importanza dell'ecosistema a Posidonia Oceanica, dove le piante costituiscono un supporto fisico e trofico per le comunità vegetali e animali associate che si presentano perciò molto diversificate. La prateria costituisce uno stadio climax all'interno di una serie successionale che inizia dalla colonizzazione di batteri e specie algali pioniere, come *Caulerpa prolifera*, o di piccole fanerogame come *Cymodicea nodosa*, le quali forniscono un substrato ricco di detriti di origine vegetale.

Appare evidente, quindi, l'importanza che tale pianta assume quale indicatore di qualità degli ambienti marini costieri, e la rilevanza dell'ecosistema Posidonia Oceanica per le politiche di gestione e tutela degli ambienti costieri.

La Posidonia Oceanica è una pianta perenne presentante radici, rizomi ortotropi (a crescita verticale) e plagiotropi (a crescita orizzontale) e foglie specializzate a svolgere diverse funzioni.

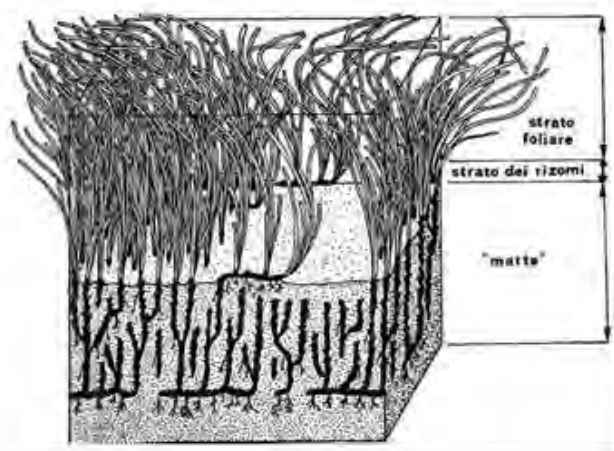


Figura 24: Matte, strato dei rizomi e delle foglie di una prateria di Posidonia oceanica

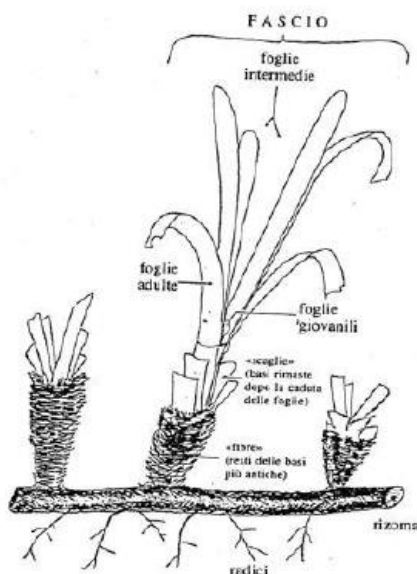


Figura 25: Rappresentazione schematica di un fascio di P. oceanica (Cinelli et. al., 1995)

Le singole piante sono difficilmente distinguibili; rizomi e radici danno origine a lunghi stoloni che si intrecciano tridimensionalmente formando, insieme al sedimento e alla grande quantità di sostanza organica intrappolata, strutture molto particolari alte alcuni metri, le cosiddette "matte". I ritmi di accrescimento della *Posidonia Oceanica* sono differenti per le diverse parti della pianta, con i rizomi caratterizzati da una crescita molto lenta, pari a pochi centimetri l'anno; ben diverso è l'accrescimento delle foglie, le quali si allungano molto più velocemente e presentano un'evidente stagionalità.

All'interno dei fasci le diverse foglie sono disposte a ventaglio (fillotassia distica) e le più giovani compaiono al centro del fascio alternandosi da lati opposti in modo tale che le più vecchie, nella maggior parte dei casi anche le più lunghe, si trovano all'esterno, mentre quelle più giovani occupano posizioni più interne.



Figura 26: Porzioni di foglie e rizomi di *P. oceanica* con epifiti

Le foglie si allungano per formazione di nuovo tessuto nel meristema posto alla base; pertanto la parte apicale è la più vecchia ed è quella che per prima va incontro a fenomeni di degenerazione. L'apice è arrotondato ed è parte integrante del lembo, il quale differisce per colore e consistenza dalla base; questa è separata da una ligula arcuata. Il maggiore ispessimento della base deriva dall'esistenza di numerosi cordoni fibrosi che interessano anche il rizoma ma che si arrestano all'inserzione del lembo; la base, quando cade la foglia, rimane attaccata al rizoma e prende il nome di scaglia.

Sono presenti poi le stipule le quali, come delle sottili labbra, più larghe alla base che alla sommità, racchiudono le basi delle foglie più giovani. Queste foglie si trovano all'interno del fascio e differiscono per colore e consistenza da quelle più vecchie; sono più sottili, molli e sembra evidente come, solo nelle foglie di una certa età, sia presente la base. In queste il lembo è il primo ad accrescersi e solo in un secondo periodo compare la base, che dalla ligula si allunga verso il basso. *P. oceanica* si riproduce sia per via vegetativa che per via sessuata; tuttavia il principale meccanismo di propagazione è quello vegetativo che viene detto "stolonizzazione". Questo processo si realizza con il distacco di rizomi terminali dal rizoma parentale, per necrosi o a causa dell'idrodinamismo (Molinier e Picard, 1952). La riproduzione sessuata, molto più rara, avviene mediante fiori ermafroditi, cioè formati da una parte maschile (stami), contenente il polline, che circonda una parte femminile (carpello), che contiene la cellula uovo. I fiori sono raggruppati in particolari infiorescenze

di colore verde, portate da uno stelo inserito nel centro del fascio e sono avvolte per tutta la loro lunghezza da due brattee floreali (Cinelli et al., 1995). Il frutto, detto "oliva di mare" per il suo aspetto, giunto a maturazione si stacca dalla pianta e galleggiando, viene trasportato dal mare permettendo alla pianta di colonizzare nuove aree. Le foglie e i rizomi della *Posidonia oceanica* ospitano una fitta schiera di organismi sia animali che vegetali che vengono comunemente indicati come epifiti (figura 26). Questi svolgono un ruolo molto importante nelle praterie a *Posidonia oceanica* nella produzione di biomassa organica, rappresentano fonte di cibo diretta per una grande quantità di organismi marini, costituendo quindi un importantissimo anello della rete trofica di questo complesso biocenotico.

E' stato evidenziato (Ben, 1971) come la comunità epifita, pur variando all'interno della prateria in funzione dei fattori climatici e stagionali, mostri un rimarchevole grado di specificità per *Posidonia oceanica*.

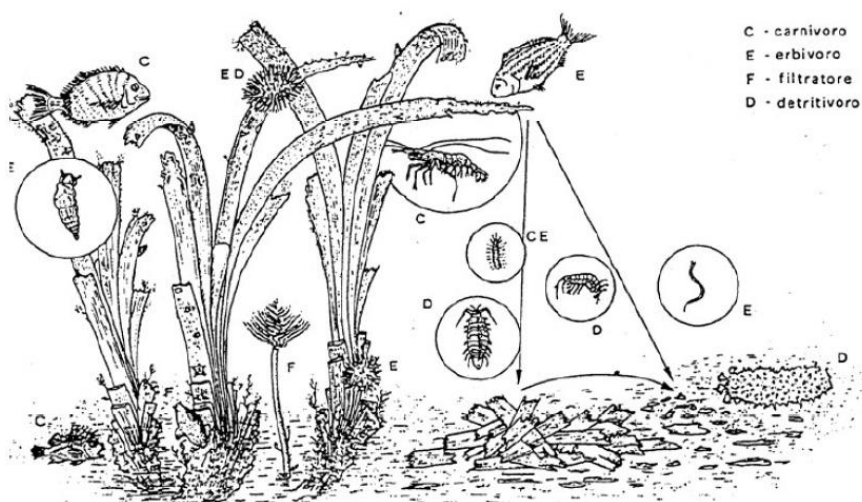


Figura 27 - Le complesse relazioni trofiche all'interno della prateria di *P. oceanica*

3.2.2 Piano di campionamento

La **valutazione dello stato di salute delle praterie** sarà effettuata mediante l'applicazione integrata di una serie di descrittori indicativi dello stato del posidonieto, ovvero:

- Misure di densità assoluta dei fasci fogliari;
- Misura dello scalzamento dei rizomi;
- Calcolo della densità relativa dei fasci fogliari;
- Stime di ricoprimento del fondo con i potenziali sostituti di *P. oceanica* già rilevati, ovvero la fanerogama marina *Cymodocea nodosa*;
- Monitoraggio transetti ad intersezione lineare (LIT);
- Applicazione di indici ecologici sintetici indicativi dello stato del sistema, ovvero l'Indice di Conservazione (CI).

In funzione dei dati oggi in possesso si ipotizzano le seguenti stazioni di campionamento:

- **S1** e **S2** in prossimità dell'area di intervento, dove le ricognizioni subacquee effettuate hanno evidenziato la presenza di piccoli nuclei isolati di posidonia;
- **S3** in corrispondenza del nucleo di posidonia evidenziato nel piano di gestione della ZSC (vedi *fig. 11 – Rel09_Studio di incidenza ambientale*) posto al di fuori del perimetro del Sito Natura 2000 e prossimo all'area di intervento;
- **S4** in corrispondenza del nucleo di posidonia evidenziato nel piano di gestione della ZSC (vedi *fig. 11 – Rel09_Studio di incidenza ambientale*) posto all'interno del perimetro del Sito Natura 2000 e prossimo all'area di intervento.

Le suddette stazioni sono da considerarsi indicative e saranno meglio definite in seguito all'acquisizione della mappatura della biocenosi esistente tramite sistema *Side Scan Sonar* (SSS).



Figura 28: segnalazione indicativa delle stazioni di campionamento

Una strategia di campionamento gerarchica (figura 29) permette di avere una confidenza statistica più elevata, e di ridurre la probabilità di includere errori di interpretazione dei dati dovuti alla variabilità naturale della prateria.

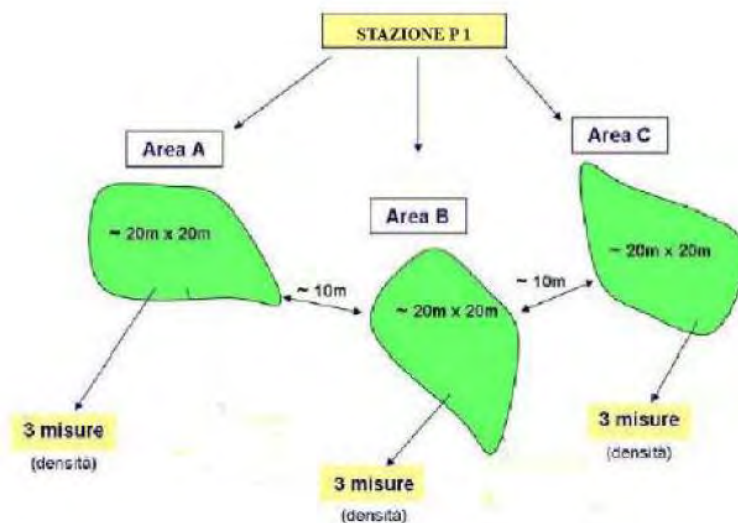


Figura 29: Schema di una strategia di campionamento gerarchica

La strategia di campionamento gerarchica richiesta per una stazione, include la definizione di 3 aree (400m² circa ciascuna, distanziate di 10m tra loro) in ciascuna delle quali verranno effettuate 3 repliche per le misure di densità.

Le repliche in una stessa area devono essere distanziate, tra di loro, di almeno 1 metro.

L'ultima replica in un'area e la prima replica dell'area seguente, devono essere distanziate di circa 10 metri.

In totale verranno effettuate quindi 9 misure di densità e 3 misure di ricoprimento.

Per ciascuna delle 3 aree, oltre alle misure e i prelievi di cui sopra, dovranno essere effettuate delle stime relative a: ricoprimento della P. oceanica, tipo di substrato, continuità della prateria, % matte morta, % Caulerpa racemosa, % Cymodocea nodosa. Tali stime dovranno essere eseguite a scala di stazione, valutate da due operatori indipendenti ed espresse come percentuale; le due valutazioni dovranno poi essere mediate per determinare la stima complessiva.

In associazione a queste valutazioni quantitative, saranno effettuati rilevamenti video e saranno acquisite delle informazioni ausiliarie, che possano delineare sia l'habitat complessivo che la tipologia di prateria presente nel sito di indagine (continuità della prateria, ricoprimento percentuale delle matte morta, ricoprimento percentuale di P. oceanica viva, tipologia di substrato, eventuali fonti di disturbo evidenti, percentuale di scalzamento dei rizomi plagiotropi ed ortotropi). Vista l'immediata vicinanza alla costa, il fondale basso e le ridotte dimensioni della prateria si è optato per un rilievo di tipo non invasivo, adottando misure dirette ed indirette al fine di evitare a metodi distruttivi quali l'asportazione meccanica da parte degli operatori, dei rizomi.

Di seguito son indicati in tabella, a titolo di esempio, i principali valori da rilevare per la descrizione della prateria.

Tabella 1: Esempio tabella Descrittori della prateria

Parametro	Unità di misura	Sintesi
Continuità della prateria	1=continua 2=discontinua	1-2
Ricoprimento % matte morta	%	%
Ricoprimento % <i>P. oceanica</i> viva	%	%
Ricoprimento % <i>Caulerpa racemosa</i>	%	%
Ricoprimento % <i>Caulerpa taxifolia</i>	%	%
Ricoprimento % <i>Cymodocea nodosa</i>	%	%
Tipo di substrato	1= roccia 2=sabbia 3=matte 4=mista	1-2-3-4
Fonti di disturbo evidenti	1=presenza 2=assenza	1-2
Composizione prateria	1=pura 2=mista	1-2
Presenza alghe alloctone	<i>Caulerpa racemosa</i> 2= <i>Caulerpa taxifolia</i> 3=entrambi	1-2-3
Presenza fioritura	1=presenza 2=assenza	1-2
Densità dei fasci fogliari	Numero dei fasci fogliari per metro quadrato	Num/m2

I dati di densità assoluta ricavati saranno elaborati secondo quanto proposto da *Giraud (1977)* per la classe di densità della prateria e da *Pergent et al. (1995)* per la densità relativa alla profondità.

Tabella 2: Classificazione secondo Giraud 1977

Classificazione assoluta delle praterie secondo GIRAUD (1977)				
Classe	Fasci/mq			Tipo Prateria
Classe I	700	→		Prateria molto densa
Classe II	400	↔	700	Prateria densa
Classe III	300	↔	400	Prateria rada
Classe IV	150	↔	300	Prateria molto rada
Classe V	50	↔	150	Semiprateria

Tabella 3: Classificazione secondo Pergent et al. 1995

Classificazione della densità delle praterie in funzione della profondità secondo PERGENT et al. (1995):	
DA	densità anormale
DSI	densità subnormale inferiore
DN	densità normale

Tabella 4: Tabella per la classificazione di Pergent (modificata)

Prateria molto disturbata		Prateria disturbata		Prateria in equilibrio			
Prof. (m)	DA		DB		DN		DE
1	←	822	↔	934	↔	1158	→
2	←	646	↔	758	↔	982	→
3	←	543	↔	655	↔	879	→
4	←	470	↔	582	↔	806	→
5	←	413	↔	525	↔	749	→
6	←	367	↔	479	↔	703	→
7	←	327	↔	439	↔	663	→
8	←	294	↔	406	↔	630	→
9	←	264	↔	376	↔	600	→
10	←	237	↔	349	↔	573	→

La misura dello scalzamento dei rizomi verrà effettuata per ognuna delle stazioni all'interno del quadrato 40x40, con tre misure random da mediare per i plagiotropi e tre misure random da mediare per gli ortotropi. In tab.5 viene proposta una scala di valutazione dello scalzamento dei rizomi.

Tabella 5: Scala di valutazione dello scalzamento dei rizomi

Valori scalzamento rizomi	Interpretazione
Inferiore a 5 cm	Scalzamento basso
5 - 15 cm	Scalzamento medio
Superiore a 15 cm	Scalzamento elevato

È stata prevista inoltre la metodica dei transetti ad intersezione lineare (Line Intercept Transect o LIT) (Montefalcone, 2009), realizzati mediante una rotella metrica della lunghezza pari a 25 m stesa sul fondo in direzione parallela e perpendicolare alla linea di costa. Saranno effettuati 4 transetti, 2, perpendicolari tra loro, per ogni area indagata.

È stata prevista inoltre la metodica dei transetti ad intersezione lineare (*Line Intercept Transect* o *LIT*) (Montefalcone, 2009), realizzati mediante una rotella metrica della lunghezza pari a 25 m stesa sul fondo in direzione parallela e perpendicolare alla linea di costa. Saranno effettuati 8 transetti, 2, perpendicolari tra loro, per ogni area indagata.



Figura 30: transetti ad intersezione lineare

Di seguito si riporta un esempio di schema riassuntivo del LIT.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
PI	Rep 1	P.100								Roccia	P.100				Roccia	P.100				Roccia						
	Rep 2	P.100		Roccia			P.100	Roccia				P.100			Mate	P.100	Mate	Roccia								
	Rep 3	P.100			Roccia		P.100	Roccia	Mate	P.100		Roccia				P.100			Roccia							

Il CI (Conservation Index) misura l'abbondanza relativa di matte morta rispetto a *P. oceanica* viva e viene calcolato mediante la formula: $CI = P/(P+D)$ dove P è la percentuale di ricoprimento del fondo con *Posidonia* viva, mentre D è la percentuale di ricoprimento del fondo con matte morta. L'indice varia tra 0 (minimo stato di conservazione) ed 1 (massimo stato di conservazione). I valori di CI ottenuti per ciascun transetto saranno mediati. I valori medi per prateria saranno poi classificati secondo la scala proposta da Montefalcone (2009), che prevede 5 livelli di qualità per classificare lo stato di salute delle praterie, in analogia con la Direttiva Quadro per le Acque (WFD) e la Direttiva

UNIONE DEI COMUNI "ALTA GALLURA"
LAVORI DI RICONFIGURAZIONE E POTENZIAMENTO DELLA SCOGLIERA DEL MOLO DI SOPRAFLUTTO NEL PORTO
DELL'ISOLA ROSSA

COMUNE DI TRINITÀ D'AGULTU E VIGNOLA

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA - PROGETTO DEFINITIVO

PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

REL10

Quadro per il Mare (MSFD) della Comunità Europea:

Conservation Index: $CI = P/(P + D)$	Montefalcone et al. (2007a), modificato
1 - $CI < 0.3$: bad conservation status	
2 - CI between 0.3 and 0.5 excluded: poor conservation status	
3 - CI between 0.5 and 0.7 excluded: moderate conservation status	
4 - CI between 0.7 and 0.9 excluded: good conservation status	
5 - $CI \geq 0.9$: high conservation status	

I dati del monitoraggio rilevati nelle diverse campagne di misurazione saranno comparati per verificare eventuali differenze macroscopiche sulla dinamica della prateria.

Di seguito si riporta un esempio di tabella comparativa dei principali parametri che saranno analizzati. Verranno inoltre comparati gli indici di conservazione per riscontrare eventuali alterazioni come aree di regressione con presenza di matite morte in seguito alla messa in opera dei massi naturali, e valutare quindi la stabilità della sua struttura.

Tabella 6: esempio comparazione dei parametri principali riscontrati in diverse campagne di monitoraggio

Parametri analizzati	Unità di misura	P1			P2			P3		
		2018	2019	2020	2018	2019	2020	2018	2019	2020
Densità assoluta dei fasci fogliari	fasci.m ⁻²	231.25	263.19	278.47	243.06	286.11	321.53	315.97	323.61	326.39
Larghezza foglie giovanili	cm	0.65	0.70	0.68	0.59	0.70	0.72	0.62	0.64	0.66
Lunghezza totale foglie giovanili	cm	1.37	1.06	1.51	1.09	1.49	1.83	1.05	1.40	1.16
Larghezza foglie intermedie	cm	0.90	0.96	0.85	0.84	0.90	0.86	0.87	0.83	0.87
Lunghezza totale foglie intermedie	cm	23.31	18.91	27.83	27.30	24.70	22.78	22.55	25.99	21.07
Lunghezza tessuto bruno foglie intermedie	cm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Larghezza foglie adulte	cm	1.11	0.99	0.88	0.88	0.97	0.92	0.90	0.91	0.89
Lunghezza totale foglie adulte	cm	59.98	69.64	53.83	62.15	48.03	46.32	79.49	48.39	59.21
Lunghezza tessuto bruno foglie adulte	cm	6.26	8.02	6.91	3.32	3.67	7.27	11.38	4.00	10.67
Lunghezza della base foglie adulte	cm	4.04	4.50	4.04	4.25	3.96	3.92	5.23	3.88	4.06
N.ro medio foglie x fascio (Ad + Interm)	numero	4.11	4.39	4.11	4.22	4.28	4.17	4.50	4.17	3.50
Coefficiente A adulte	%	79.81	67.59	76.30	83.70	83.33	65.19	74.63	61.39	61.85
Coefficiente A Intermedie	%	3.33	0.00	1.85	8.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Lunghezza foglia intermedia piu lunga	cm	72.70	83.00	71.20	65.50	45.50	51.40	98.10	51.50	69.10
superficie fogliare fascio (ad+Interm)	cm ² .fascio ⁻¹	192.96	196.68	128.86	168.83	128.52	126.42	208.43	125.40	127.60
Biomassa fogliare fascio (ad + Interm)	g (p.s.).fascio ⁻¹	0.99	1.78	1.17	1.29	1.47	1.45	1.50	1.59	0.90
Biomassa epifiti	mg (p.s.).fascio ⁻¹	34.56	134.23	42.67	93.78	207.01	78.11	64.11	72.78	49.56
Produzione annuale rizoma	mg.fascio ⁻¹ .ann ⁻¹	79.18	151.23	85.70	76.59	133.42	83.92	77.80	87.85	74.58
Lepidocronologia Allungamento annuale del riz	mm.anno ⁻¹	6.98	17.10	7.50	10.79	9.60	10.00	8.91	8.51	9.17
Lepidocronologia Numero foglie fascio anno	foglie.anno ⁻¹	6.42	7.72	6.13	6.81	6.80	5.63	6.62	5.83	5.20
Lepidocronologia Lunghezza intera rizoma	cm	0.59	13.67	0.66	0.80	1.03	0.79	1.03	0.86	1.00
Età rizoma	anni	6.22	5.89	5.33	4.78	5.22	4.67	5.22	5.44	5.56
Produzione fogliare per fascio	g.fascio ⁻¹ .anno ⁻¹	1.04	1.65	2.39	1.42	1.28	1.73	1.10	1.29	1.13
Continuità della prateria		discontinua	discontinua	discontinua	discontinua	discontinua	discontinua	discontinua	discontinua	discontinua
Ricoprimento P. oceanica viva	%	80.00	80.00	82.50	70.00	80.00	80.00	90.00	90.00	80.00
Ricoprimento matite morte	%	20.00	20.00	17.50	30.00	20.00	15.00	10.00	10.00	20.00
Ricoprimento Cauterpa racemosa	%	0.00	5.00	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ricoprimento Cymodocea nodosa	%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	0.00	5.00	0.00
Indice di Conservazione		0.80	0.80	0.83	0.70	0.80	0.84	0.90	0.90	0.80
Indice di Sostituzione		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Tipo di Substrato		Mista	Mista	Mista	Mista	Mista	Mista	Sabbia+matte	Sabbia+matte	Sabbia+matte
Fonti di disturbo evidenti		assenza	assenza	assenza	assenza	assenza	assenza	assenza	assenza	assenza
Composizione prateria		pura	pura	pura	pura	pura	pura	pura	pura	pura
Presenza alghe alloctone		C.taxifolia	C.racemosa	C.racemosa	C.taxifolia	C.racemosa	C.racemosa	C.taxifolia	C.racemosa	C.racemosa
L.A.I. Adulte	m ² /m ²	3.70	4.16	2.29	3.17	2.20	2.90	5.44	2.73	3.23
L.A.I. Intermedie	m ² /m ²	0.77	1.02	1.29	0.93	1.48	1.17	1.15	1.32	0.94
L.A.I. Tot.	m ² /m ²	4.46	5.18	3.59	4.10	3.68	4.06	6.59	4.06	4.16

Tabella 7: esempio di comparazione degli indici di conservazione di diverse campagne di monitoraggio

Conservation Index: CI 2018				Conservation Index: CI 2019				Conservation Index: CI 2020			
	Sito P1	Sito P2	Sito P3		Sito P1	Sito P2	Sito P3		Sito P1	Sito P2	Sito P3
Area 1	0.6	0.6	1	Area 1	1.0	1.0	1.0	Area 1	1.0	1.0	1.0
Area 2	1	1	0.8	Area 2	1.0	0.9	0.9	Area 2	0.8	0.9	1.0
Area 3	1	0.7	1	Area 3	0.8	0.8	1.0	Area 3	0.9	0.8	0.9
Media sito	0.87	0.77	0.93	Media sito	0.93	0.90	0.97	Media sito	0.90	0.90	0.97
	Good	Good	High		High	Good	High		Good	Good	High

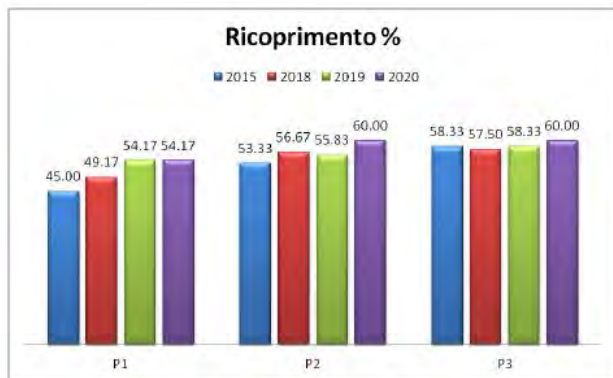


Grafico 1. Ricoprimento % 2015-2020

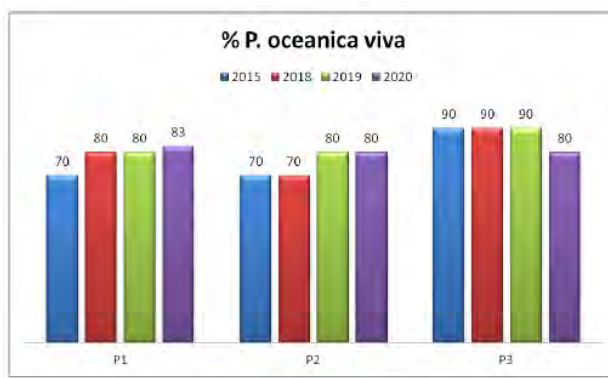


Grafico 3. % P. oceanica viva 2015-2020

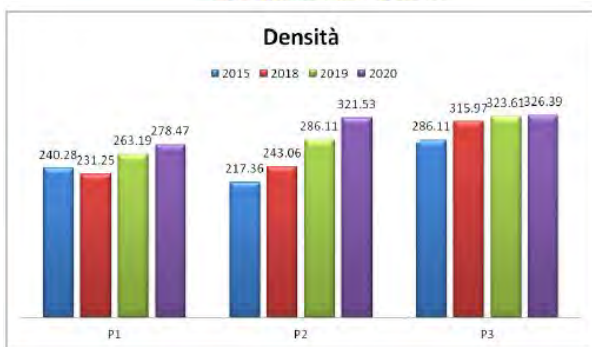


Grafico 2. Densità 2015-2020



Grafico 4. % Matte morta 2015-2020

Figura 31: esempio di comparazione grafica dei principali parametri

3.3 Monitoraggio della matrice acqua con sonda multiparametrica

La campagna di monitoraggio della matrice acqua verrà svolta mediante l'impiego di sonda multiparametrica e ha come scopo quello di monitorare l'eventuale alterazione, nelle diverse fasi di esecuzione delle opere, dei principali parametri fisico-chimici caratterizzanti le acque interessate direttamente e indirettamente dagli interventi in progetto.

In particolare, verranno misurati i livelli di torbidità delle acque in prossimità dei nuclei di posidonia prossimi all'area di intervento, oltre le panne galleggianti posti a protezione della stessa prateria, e successivamente posti a confronto con i livelli dello stato *ante-operam* così da poter individuare la presenza di eventuali alterazioni, dovute principalmente alla movimentazione di materie in acqua. Il mantenimento dei parametri di riferimento (quali ad esempio la torbidità) a livelli pre-esistenti agli interventi di progetto, sarà garanzia della tutela dell'ambiente marino direttamente interessato dalle lavorazioni.

Nel corso delle campagne di monitoraggio con sonda multiparametrica saranno rilevate le seguenti grandezze di riferimento:

- Temperatura;
- Ossigeno disciolto;
- Conducibilità;
- pH;
- Profondità;
- Torbidità.

I monitoraggi delle grandezze di cui sopra dovranno essere effettuati nelle migliori condizioni meteomarine possibili.

Tabella 8: Specifiche tecniche di una sonda multiparametrica tipo

Parametro	Range	Precisione	Risoluzione
Temperatura	-5 °C a 50 °C	±0.15 °C	0.01 °C
Ossigeno disciolto	0 a 50 mg/L	±0.2 mg/L ≤ 20 mg/L ±0.6 mg/L > 20 mg/L	0.01 mg/L
Conducibilità	0 – 100 mS/cm	±1 % di lettura ±0.01 PSS	4 cifre
pH	0 a 14 unità	±0.2 unità	0.01 unità
Profondità	0 a 100 m	±0.3 m	0.1 m
Torbidità	0 a 1000 NTU	±5% di lettura ±1 NTU	0.1 NTU (<100) 1 NTU (≥100)

Il rilievo dei parametri sopra elencati mediante il ricorso alla sonda multiparametrica avrà luogo in corrispondenza delle n°4 stazioni di rilevamento, individuate secondo la logica sopra esposta (§3.2.2.), ma da definire prima dell'inizio dei lavori; queste saranno poste oltre la barriera anti-torbidità indicativamente come indicato nella figura che segue:



Figura 32: stazioni di misurazione indicative area di intervento; in rosso le panne galleggianti

Le misurazioni avverranno:

- *ante operam*: 1 misurazione prima dell'inizio dei lavori;
- in corso d'opera: si stimano 6 misurazioni così suddivise:
 - 1 al mese durante il posizionamento al piede della scogliera esistente (si stima una durata della lavorazione di circa 4 mesi) dove si prevedono maggiori livelli di torbidità dati dalla movimentazione del fondale, per un totale di 4 misurazioni;
 - 1 ogni 2 mesi durante la formazione della nuova scogliera (si stima una durata della lavorazione di circa 4 mesi), per un totale di 2 misurazioni;
- *post operam*: 1 misurazione alla fine dei lavori.

L'applicazione della presente metodologia consentirà di verificare gli andamenti dei parametri e l'adeguatezza delle eventuali misure di mitigazione provvisoria previste (quali ad esempio le barriere anti-torbidità) al fine di rimodulare ed equilibrare, nell'eventualità in cui queste non dovessero essere sufficienti, gli interventi adottati.

Tutte le varie misurazioni correlate alle varie fasi dovranno avere luogo in condizioni ambientali standard al fine di non alterare il dato che fungerà da riferimento.

4 STIMA ECONOMICA ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO

Nella seguente tabella si riporta la stima economica delle attività di monitoraggio previste.

Attività	Costo unitario	N° fasi	Totale
Rilievo mediante sonda multiparametrica comprensivo di misurazione e successiva restituzione dati mediante relazione descrittiva delle attività eseguite	1.500,00 €	8	12.000,00 €

Attività	Costo unitario	N° fasi	Totale
Monitoraggio dello stato di salute della Posidonia comprensivo di misurazione e successiva restituzione dati mediante relazione descrittiva delle attività eseguite	9.000 €	2	18.000,00 €

Attività	Costo unitario	N° campioni	Totale
Rilievo morfologico e mappatura della biocenosi comprensivo di attività di campo e successiva restituzione dati mediante cartografia e relazione descrittiva delle attività eseguite	5.000 €	2	10.000 €

Totale 40.000,00 €