Caratterizzazione ambientale dell'area marina interessata dall'esecuzione di opere di consolidamento e ripascimento costiero localizzate presso il Comune di San Lorenzo al Mare.



Rev.	Data	Descrizione	Preparato	Controllato	Approvato
01	13/01/2021	Emissione finale	Dott.ssa Monica Previati	Dott. Ubaldo Pantaleo Dott. Marco Palma	Dott. Carlo Del Grande

Committente: Comune di San Lorenzo al Mare
Relazione n°: 2101-001
Area di lavoro: San Lorenzo al Mare (IM)
Riferimento:DETERMINAZIONE AREA TECNICA-N. 9

U.BI.CA. S.r.l.
Via San Siro 6/1, 16124
Genova – Italy
Tel. +39 338 474 9026
Email: info@ubicasrl.com
www.ubicasrl.com

TABELLA DELLE REVISIONI

REVISIONE	DATA	PARAGRAFI/FIGURE MODIFICATI/E	MOTIVO DELLA REVISIONE
00	10/01/2021	Par. 3.2, 4.1, 4.2, 4.3, 5 Fig. 2, 3, 4	Emissione per commenti
01	14/01/2021	-	Emissione finale

Indice

Premessa **4**

Area d'indagine **5**

Procedure di acquisizione dei dati **7**

Personale coinvolto 7

Attività di campo 7

Analisi e Risultati **9**

Il posidonieto costiero 9

Il prato di Cymodocea nodosa 14

Il posidonieto del largo: limite superiore 17

Il posidonieto del largo: la zona centrale 21

Conclusioni **30**

Bibliografia **32**

1. Premessa

A seguito degli eventi meteo avversi avvenuti tra il 29 e il 30 ottobre del 2018 e in base al "DCD 558 67/2020 - Rimodulazione Piano stralcio per il ripristino opere a mare. Danni alle opere aderenti lungo costa a ponente del torrente San Lorenzo. Messa in sicurezza dell'area mediante completamento intervento di difesa costiera", l'intero tratto di costa ricadente nel comune di San Lorenzo sarà interessato dall'esecuzione di opere di consolidamento e ripascimento costiero.

Obiettivo del presente studio è quello di descrivere le condizioni e le caratteristiche ambientali *ante-operam* dell'area oggetto degli interventi, analizzando in dettaglio i parametri naturali fondamentali su cui le opere di difesa potrebbero interferire, ed eventualmente individuare le necessarie e/o possibili misure di mitigazione utili a preservare il sito ricadente all'interno del SIC (Sito di Importanza Comunitaria) marino nominato "Fondali di Porto Maurizio - San Lorenzo al Mare - Torre dei Marmi" (codice di riferimento IT1315971).

2. Area d'indagine

Il tratto di costa in esame ricadente nel Comune di San Lorenzo al Mare ha un'estensione lineare di circa 900 m ed è prevalentemente caratterizzato da strutture artificiali quali pennelli e massicciate a protezione dell'arenile, delle zone balneari attrezzate e dell'area portuale. La linea di costa è interrotta dalla foce del torrente San Lorenzo che divide l'area balneare a ponente dalla zona portuale a levante.
L'area di indagine è compresa all'interno del SIC marino denominato "Fondali di Porto Maurizio - San Lorenzo al Mare - Torre dei Marmi" (codice di riferimento Natura 2000 IT1315971) che occupa una superficie marina di 1202 ettari, sino ad una profondità di circa 42 m (figura 1). Il SIC è delimitato a Est dal porto di Imperia e a Ovest dalla Torre dei Marmi (fortificazione pentagonale costruita tra il 1588 ed il 1610 come zona di avvistamento e cannoneggiamento) e comprende i comuni di Imperia, San Lorenzo al Mare, Costarainera e Cipressa. L'area del SIC è caratterizzata dalla presenza di *Posidonia oceanica*, fanerogama di estremo interesse naturalistico inserita in numerosi annessi internazionali tra cui l'Allegato I della Direttiva Habitat 92/43 CEE che elenca i tipi di habitat naturali di interesse comunitario la cui conservazione richiede la designazione di Aree Speciali di Conservazione. La Posidonia in questo SIC forma due praterie: una più estesa che si sviluppa per 6 km di fronte agli abitati di San Lorenzo al Mare e Costarainera coprendo una superficie di circa 200 ettari tra i 5 ed i 32 m di profondità; l'altra, situata davanti a Porto Maurizio, si estende per 2,5 km di lunghezza e 2 km di larghezza occupando oltre 400 ettari di superficie marina dai 10 m ai 30 m di profondità.
Secondo il documento redatto da Regione Liguria "Misure di Conservazione sito specifiche per i SIC marini liguri", i posidonieti di questo tratto di costa risultano in stato di conservazione soddisfacente sebbene ci siano segnalazioni di casi di pesca a strascico abusiva presso il limite inferiore di distribuzione dell'habitat (Misure di Conservazione sito specifiche per i SIC marini liguri 2014). Inoltre, alcuni studi (Duci, 2010 e 2017) hanno descritto segni di degrado lungo il limite superiore della prateria di posidonia e all'interno di patches in prossimità di una zona denominata "Scoglio Rosso" per la presenza di un enorme masso a circa 50 m dalla spiaggia che da una profondità di -3,5 m si solleva sino quasi a raggiungere la superficie. In particolare vengono descritti segni di regressione in chiazze di dimensioni comprese tra 0,2 m^2 e 1 m^2, caratterizzate da fasci radi di posidonia con foglie corte o da matte esposta. Sempre in base allo studio realizzato nel 2017 (Duci, 2017), le aree di degrado sembrano essere più frequenti e abbondanti di quanto osservato dallo stesso autore nel 2013 e 2014.

Le indagini sono state condotte nel Dicembre 2020 al fine di definire lo stato di conservazione delle comunità bentoniche dell'intera area interessata dall'esecuzione delle opere di consolidamento e ripascimento costiero, da riva fino al limite inferiore del posidonieto (profondità di circa -32 metri), con

particolare attenzione a zone di interesse naturalistico quale quella definita dallo "Scoglio Rosso".



Figura 1 - Estensione del SIC marino denominato "Fondali di Porto Maurizio - San Lorenzo al Mare - Torre dei Marmi" (codice habitat IT1315971) (cartografia regionale aggiornata al 2016).

3. Procedure di acquisizione dei dati

3.1. Personale coinvolto

Le attività di raccolta dati sono state realizzate in immersione subacquea da due Operatori Scientifici Subacquei (OSS) con certificazione Advanced European Scientific Diver rilasciata da AIOSS (Associazione Italiana Operatori Scientifici Subacquei) secondo gli standard dell'European Scientific Diving Panel, accompagnati da un Operatore Tecnico Subacqueo (OTS). Le immersioni sono state condotte nel rispetto degli standard di sicurezza definiti dalle "Buone prassi per lo svolgimento in sicurezza delle attività subacquee di ISPRA e delle Agenzie Ambientali" (ISPRA, 2013).
Il lavoro è stato realizzato nelle giornate del 15 e 16 dicembre 2020 .

3.2. Attività di campo

Ai fini della realizzazione del presente studio sono state pianificate le seguenti attività tenendo in considerazione le informazioni cartografiche già disponibili (figura 2):

1) n. 1 rilievo aereo con drone finalizzato alla perimetrazione e al monitoraggio delle patches di *Posidonia oceanica* costiera in prossimità della zona definita "Scoglio Rosso";
2) n.1 rilievo puntiforme alla profondità compresa tra 1.5 m e 4 m, realizzato in immersione subacquea, all'interno delle patches di Posidonia presso la zona definita "Scoglio Rosso", per la caratterizzazione e la valutazione dello stato di conservazione;
3) n.2 transetti con orientamento costa-largo dalla profondità di 4 m fino al limite superiore della prateria di *P. oceanica* (della lunghezza di circa 550 m ciascuno) finalizzati a verificare la presenza e l'estensione dei principali habitat marini all'interno dell'area di interesse;
4) n.4 transetti paralleli a costa della lunghezza di circa 1000 metri ciascuno, alle profondità di circa 5 m, 7 m, 8 m e 10 m, realizzati mediante fotocamera filoguidata al traino, finalizzati a verificare l'estensione dei prati di *Cymodocea nodosa*, dei banchi di sabbia e di altre eventuali formazioni;
5) n.1 percorso lungo il limite superiore della prateria di *P. oceanica* realizzato in immersione subacquea volto a valutare eventuali variazioni rispetto ai precedenti rilievi effettuati e descriverne le caratteristiche;
6) n.1 rilievo puntiforme alla profondità di 15 m realizzato in immersione subacquea e finalizzato alla caratterizzazione del posidonieto del largo e a valutarne lo stato di conservazione;
7) n.3 rilievi puntiformi sul limite inferiore del posidonieto del largo mirati a descriverne le caratteristiche.

Durante le attività è stata raccolta documentazione video-fotografica georiferita che è stata processata ed analizzata ai fini della caratterizzazione ambientale dell'area di interesse.

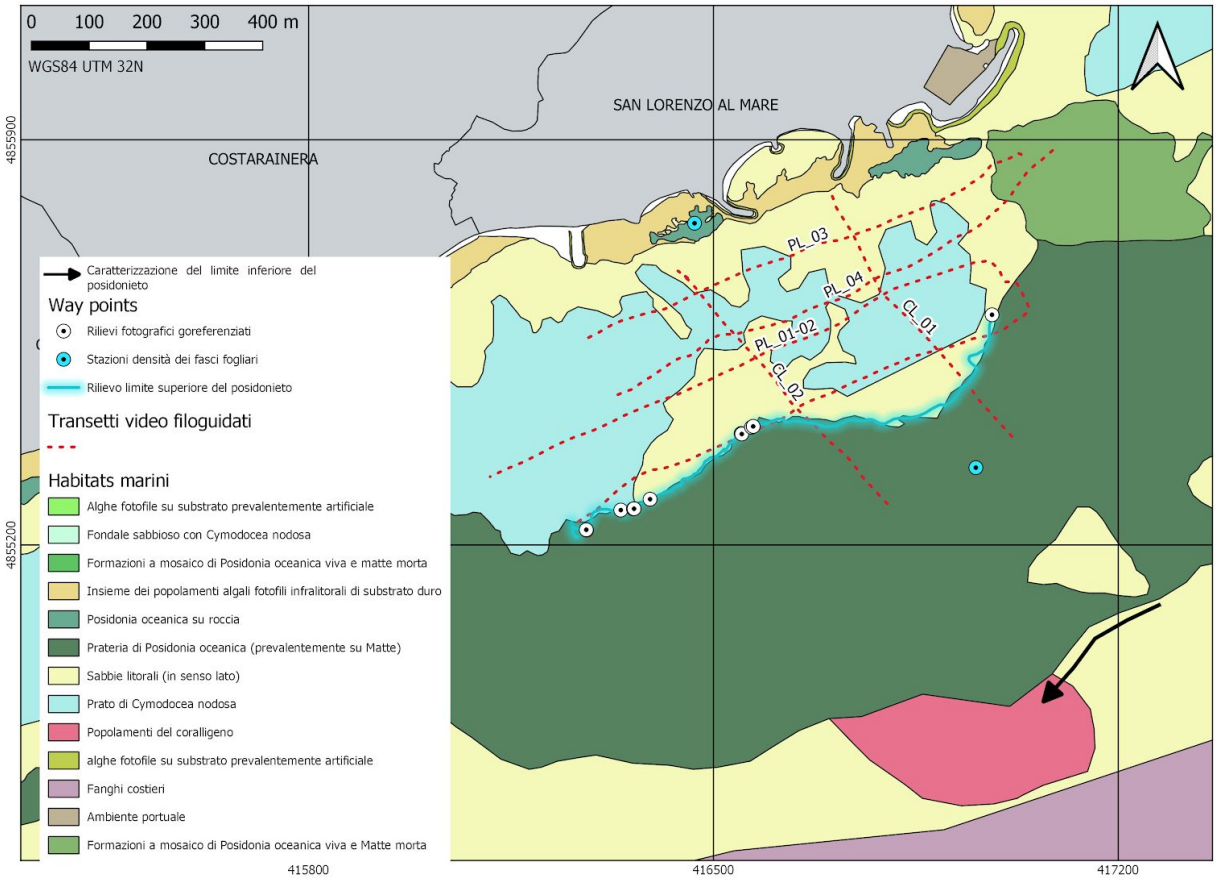


Figura 2 - Mappa riassuntiva dei rilievi subacquei condotti.

4. Analisi e Risultati

4.1. Il posidonieto costiero

Perimetrazione delle patches costiere di *Posidonia oceanica* in prossimità dello "Scoglio Rosso"

Nella presente sezione si descrive la distribuzione delle patches di *Posidonia oceanica* comprese entro la profondità di 4 metri in prossimità della zona denominata "Scoglio Rosso"*.* Qui la prateria si accresce prevalentemente su roccia per un'estensione totale di 1863 m^2. La mappatura è stata realizzata effettuando un volo aereo mediante drone Parrot Anafi e l'acquisizione di immagini ad alta risoluzione (21 megapixel) che sono state processate per ottenere un mosaico georeferenziato di immagini ortorettificate.
L'ortomosaico è stato successivamente digitalizzato in ambiente GIS per generare i poligoni di perimetrazione delle aree a *P. oceanica* (figura 3;4).

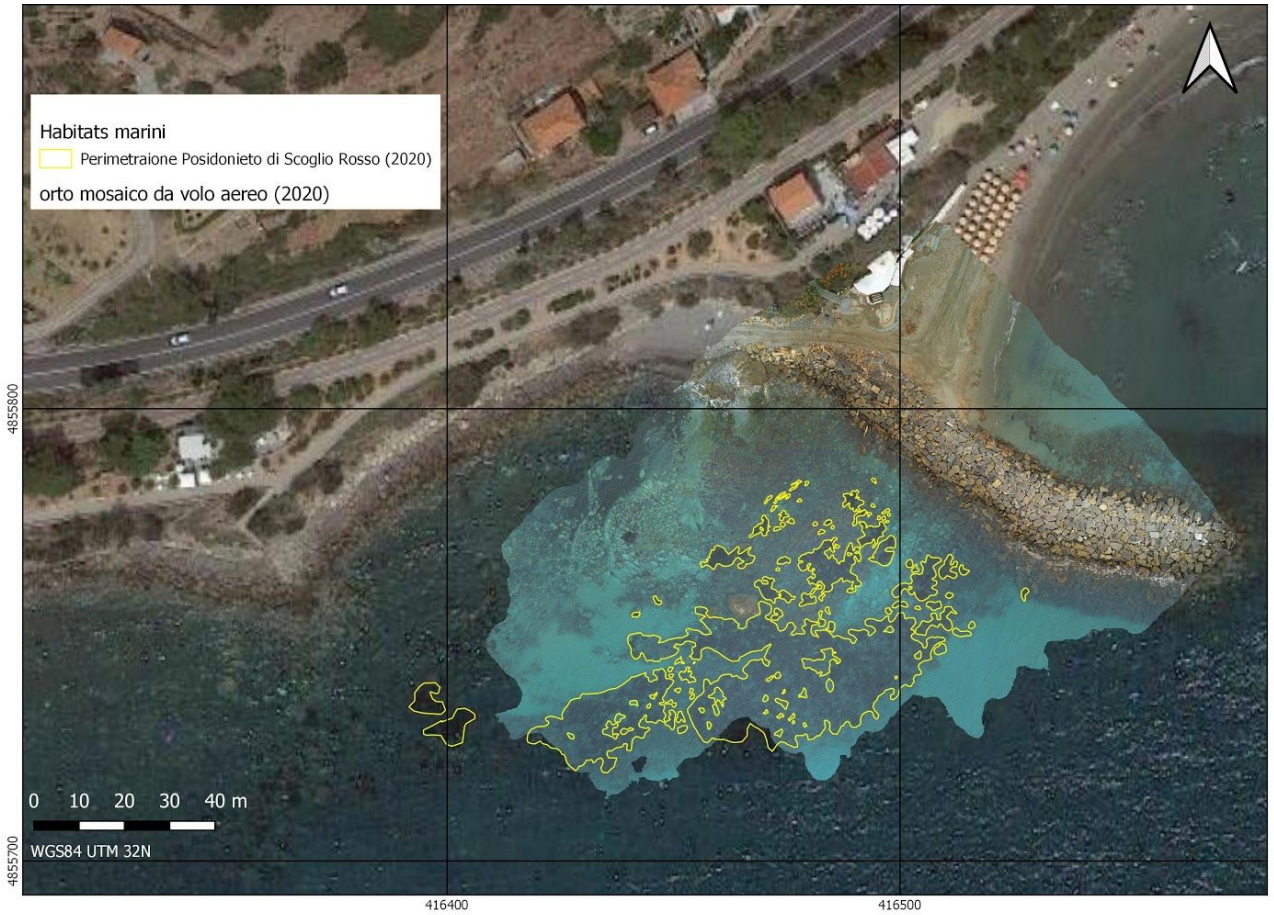


Figura 3 - Ortomosaico georeferenziato ottenuto mediante volo aereo realizzato nell'area dello "Scoglio Rosso" e finalizzato alla perimetrazione delle patches di *Posidonia oceanica*.

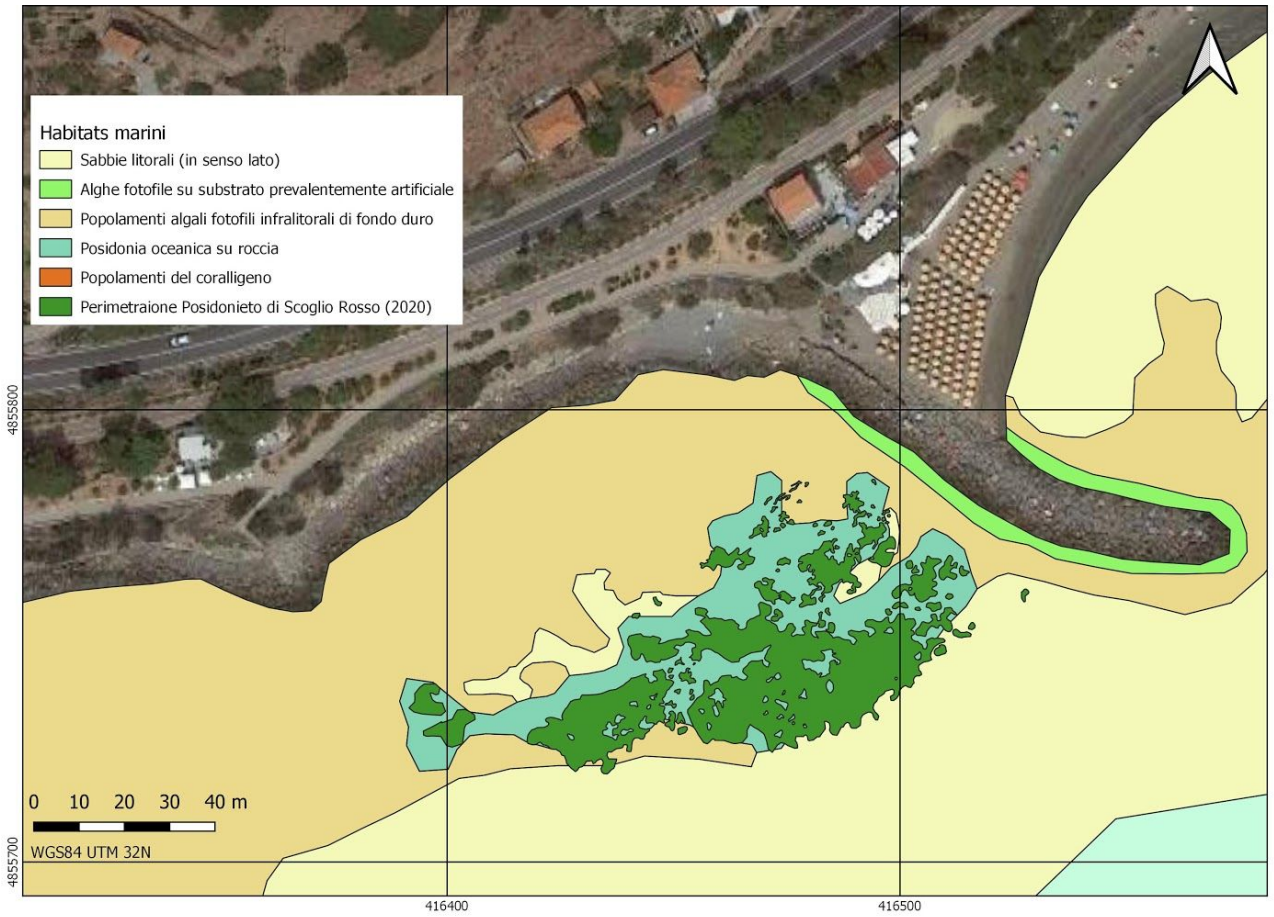


Figura 4 - Perimetrazione delle patches di *Posidonia oceanica* effettuata mediante digitalizzazione dell'ortomosaico ottenuto da volo aereo nell'area dello Scoglio Rosso.

La caratterizzazione delle patches di *Posidonia oceanica* in prossimità dello "Scoglio Rosso"

In prossimità dell'area dello "Scoglio Rosso" è stato stimato il ricoprimento percentuale e la densità dei fasci fogliari per unità di superficie all'interno delle patches di *Posidonia oceanica*. Il ricoprimento percentuale di *P.oceanica*, ovvero la stima dello spazio ricoperto da Posidonia in un'area di 5 m di raggio, è stato stimato tramite rilevamento diretto *in situ* ad opera di due operatori subacquei (Montefalcone, 2009b) posizionati a circa 2 m di altezza dal fondo (figura 5).
Seguendo quanto indicato da Regione Liguria (2003) nel caso in cui le praterie si sviluppino entro l'isobata dei -10 m, è stato introdotto un fattore di correzione nei valori medi calcolati di ricoprimento del fondo finalizzato ad un maggiore grado di tutela. Il fattore di correzione viene quindi applicato ai valori di ricoprimento del fondo (R) secondo la seguente formula:

$$R \text{ corretto} = R + R\,(100 - R)/100$$

La stima della densità dei fasci fogliari, ovvero il numero di fasci fogliari di *P. oceanica* per unità di superficie, convenzionalmente 1 m^2, è stata ottenuta dopo aver lasciato cadere in modo casuale al di sopra della prateria (Pergent et

al., 1995) una cornice quadrata di 40 cm × 40 cm (Panayotidis et al., 1981), in un numero di 5 repliche per ciascuna stazione (figura 6).

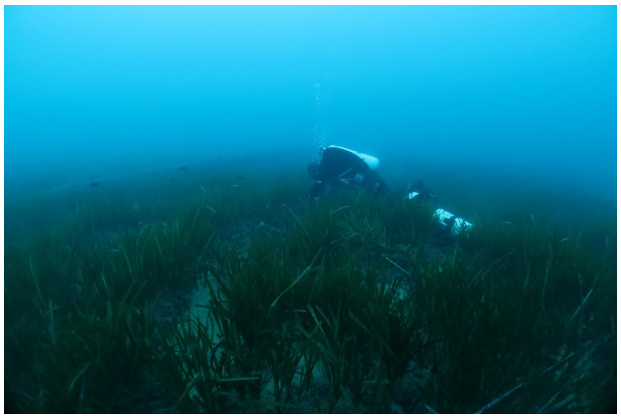


Figura 5 - Rilevamento *in situ* del ricoprimento percentuale di *P. oceanica*.

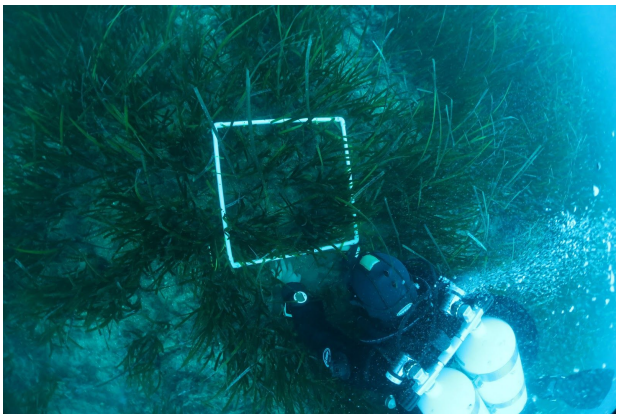


Figura 6 - Cornice quadrata di 40 cm × 40 cm utilizzata per misurare la densità dei fasci fogliari.

La valutazione dello stato di salute della prateria è stata condotta facendo riferimento sia alla classificazione sulla base del numero di fasci fogliari per metro quadrato (da Giraud, 1977) (tabella 1), sia al metodo proposto dalla Regione Liguria che tiene conto del numero di fasci fogliari per metro quadrato e della profondità alla quale i conteggi sono stati effettuati (Gambi e Dappiano, 2003) (tabella 2).

Tabella 1: Classificazione della densità di *P. oceanica* in base al numero di fasci fogliari per m^2 (da Giraud, 1977).

Densità fasci*m^{-2}	Classe
> 700 fasci*m^{-2}	Classe I: prateria molto densa
400-700 fasci*m^{-2}	Classe II: prateria densa
300-400 fasci*m^{-2}	Classe III: prateria rada
150-300 fasci*m^{-2}	Classe IV: prateria molto rada
50-150 fasci*m^{-2}	Classe V: semiprateria
< 150 fasci*m^{-2}	Classe VI: ciuffi isolati

Tabella 2: Classificazione delle praterie proposta dalla Regione Liguria (Gambi e Dappiano, 2003).

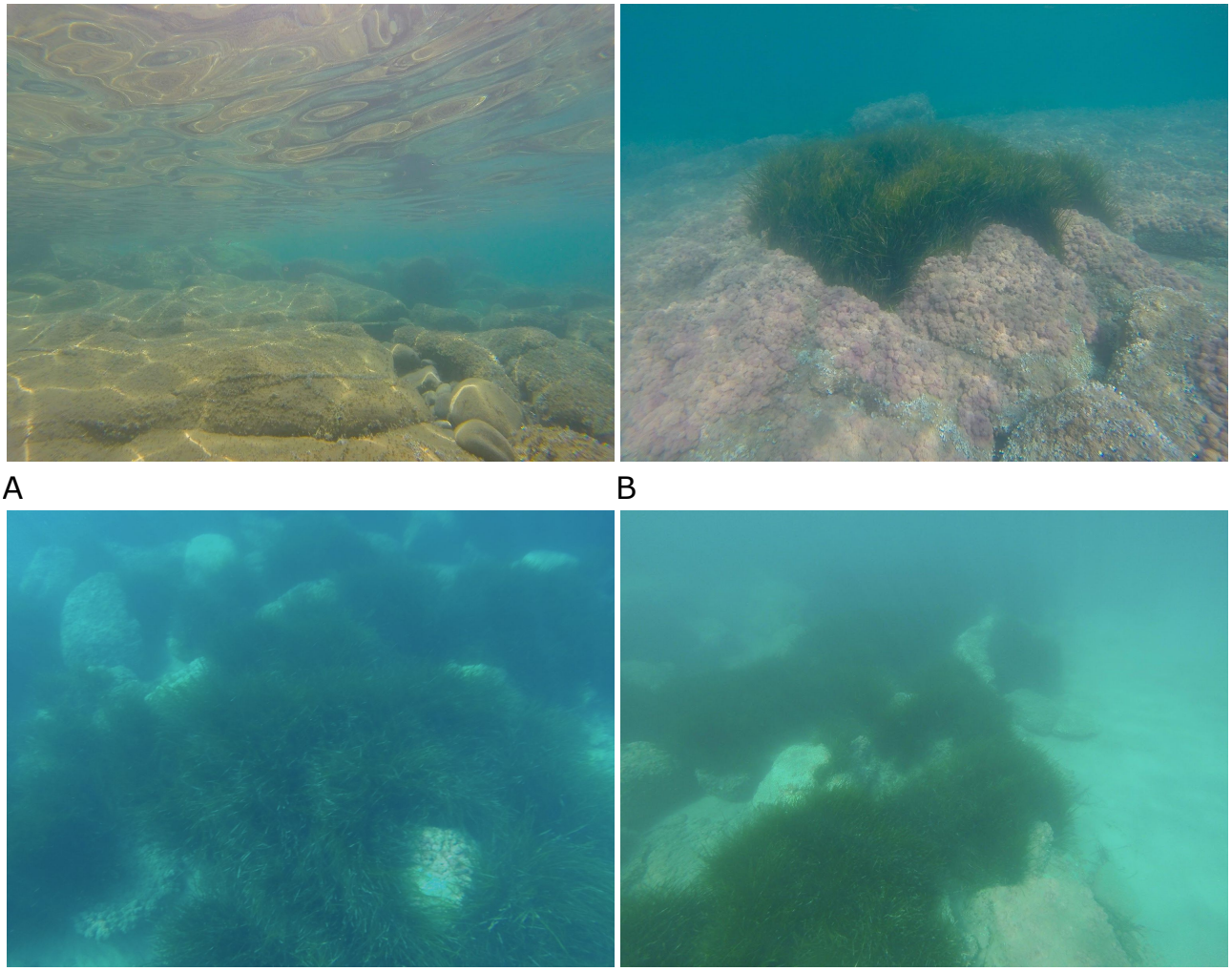
Densità della Posidonia (N.fasci fogliari/m^2)			
Profondità (m)	Conservazione non soddisfacente	Conservazione soddisfacente	Conservazione eccezionale
0-3	<550	da 550 a 900	>900
3,01-5	<420	da 420 a 700	>700
5,01-7	<330	da 330 a 600	>600
7,01-10	<240	da 240 a 500	>500
10,01-14	<160	da 160 a 400	>400
14,01-18	<90	da 90 a 350	>350
18,01-23	<30	da 30 a 280	>280
>23,01	<10	da 10 a 200	>200

In accordo con quanto descritto nei precedenti studi (Duci, 2010 e 2017), nei primi metri d'acqua dell'area dello "Scoglio Rosso" i ciuffi di *P. oceanica* sono rigogliosi anche se sporadici. A profondità di poco superiori (comprese tra 3 e 4 m), invece, i ciuffi si infittiscono fino a raggiungere un ricoprimento percentuale del fondale di circa il 75% e una densità media di 529 fasci al m^2 (tabella 3) (figura 7). Questi valori definiscono, secondo la classificazione di Giraud (1977), una prateria densa, mentre, secondo la classificazione delle praterie proposta dalla Regione Liguria (Gambi e Dappiano, 2003), una prateria in stato di conservazione soddisfacente, come osservato anche negli studi precedenti (Duci, 2017) .

Tabella 3: Valori di ricoprimento percentuale medio e densità media dei fasci per m² rilevati per Area denominata "Scoglio rosso

Ricoprimento percentuale medio	Densità media per m²
75%	529,17 ± 155,3

Oltre alla presenza di *P. oceanica*, nell'area in prossimità dello Scoglio rosso sono state osservate alcune specie ittiche tipiche del posidonieto, come il Sarago fasciato (*Diplodus vulgaris*), le Castagnole (*Chromis chromis*), la Donzella comune (*Coris julis*) e le Salpe (*Sarpa salpa*). Sulle rocce si osserva la presenza di una comunità macroalgale fotofila, caratterizzata prevalentemente da *Jania rubens* (figura 7B).



A B C D

Figura 7 - A) Fondale roccioso nei primi metri d'acqua; B) fondale roccioso a pochi metri da riva e a circa 1,5 m di profondità, ricoperto da *Jania rubens* con le prime macchie di *P.oceanica*; C) macchie dense di posidonia a profondità compresa tra 3 e 4 m ; D) zona di transizione (4,5 m di profondità) dove il fondale diventa sabbioso e la *P. oceanica* scompare.

4.2. Il prato di *Cymodocea nodosa*

Cymodocea nodosa è una pianta che forma ampie praterie stagionali e, come *P. oceanica*, agisce, seppur in maniera più limitata, alla stabilizzazione dei sedimenti marini e assolve a numerose funzioni ecosistemiche (e.g. rifugio, produzione di ossigeno). *C. nodosa* è inclusa tra le specie minacciate dell'Annesso II del Protocollo per la Biodiversità SPA/BIO della Convenzione di Barcellona (UNEP MAP, 2012). L'associazione a *C. nodosa* è una delle biocenosi che caratterizzano l'habitat di importanza comunitaria 1110 "Banchi di sabbia a debole copertura permanente di acqua marina" (direttiva Habitat 92/43/CEE) e rappresenta un habitat considerato rimarchevole dal protocollo RAC-SPA (Molin e Bruno, 2013).
Al fine di verificare la presenza e l'estensione dell'areale di distribuzione di *C. nodosa*, è stata analizzata la documentazione fotografica e video raccolta dagli operatori sia in immersione subacquea sia mediante impiego di videocamera filoguidata al traino (figura 8), e in particolare lungo:
a) 2 transetti costa-largo della lunghezza di circa 550 m ciascuno;
b) 4 transetti paralleli alla costa della lunghezza di circa 1000 m ciascuno .



Figura 8 - Frame estratto da video transetto georeferenziato realizzato con videocamera filoguidata su fondale sabbioso con presenza di *Cymodocea nodosa*

Le immagini georeferenziate, oltre ad essere utilizzate per fornire una visione su ampia scala della distribuzione degli habitat marini presenti nell'area , sono state utili a verificare la distribuzione delle altre specie di fanerogame quali *C. nodosa*. Le analisi dei dati mostrano che sulle aree di fondale sabbioso compreso tra i fondi duri costieri e la prateria di *P. oceanica* si instaura un prato di *C. nodosa* come riportato nella cartografia regionale (Habitat marini, 2020). Il limite superiore è variabile e sembra attestarsi tra 5 m e i 6 m di

profondità. Nel settore di levante, il limite profondo del prato sembra quasi giungere sino al limite superiore della prateria di *P. oceanica* (figura 9), mentre, nel settore di ponente, raggiunge gli 8 m di profondità.

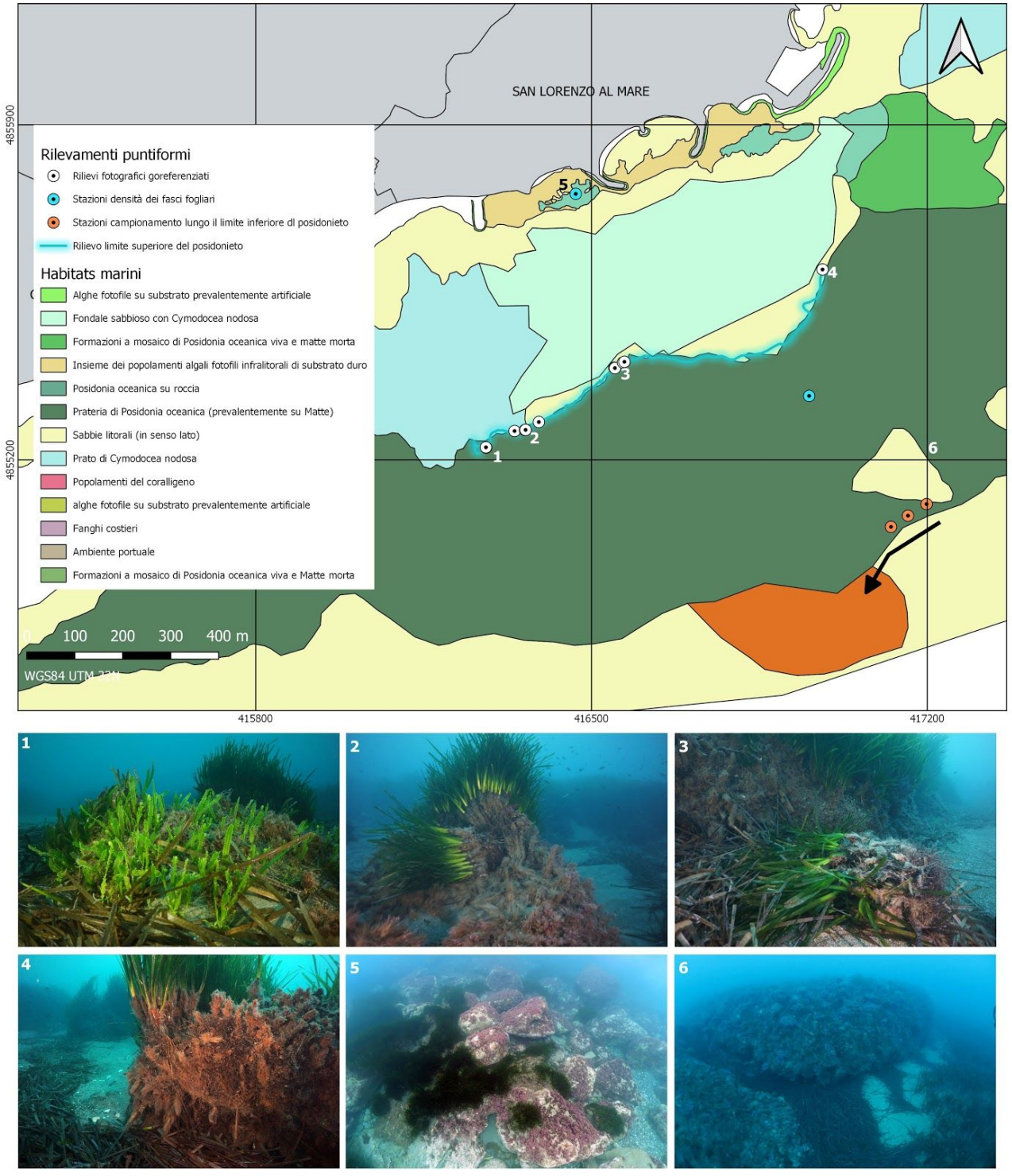
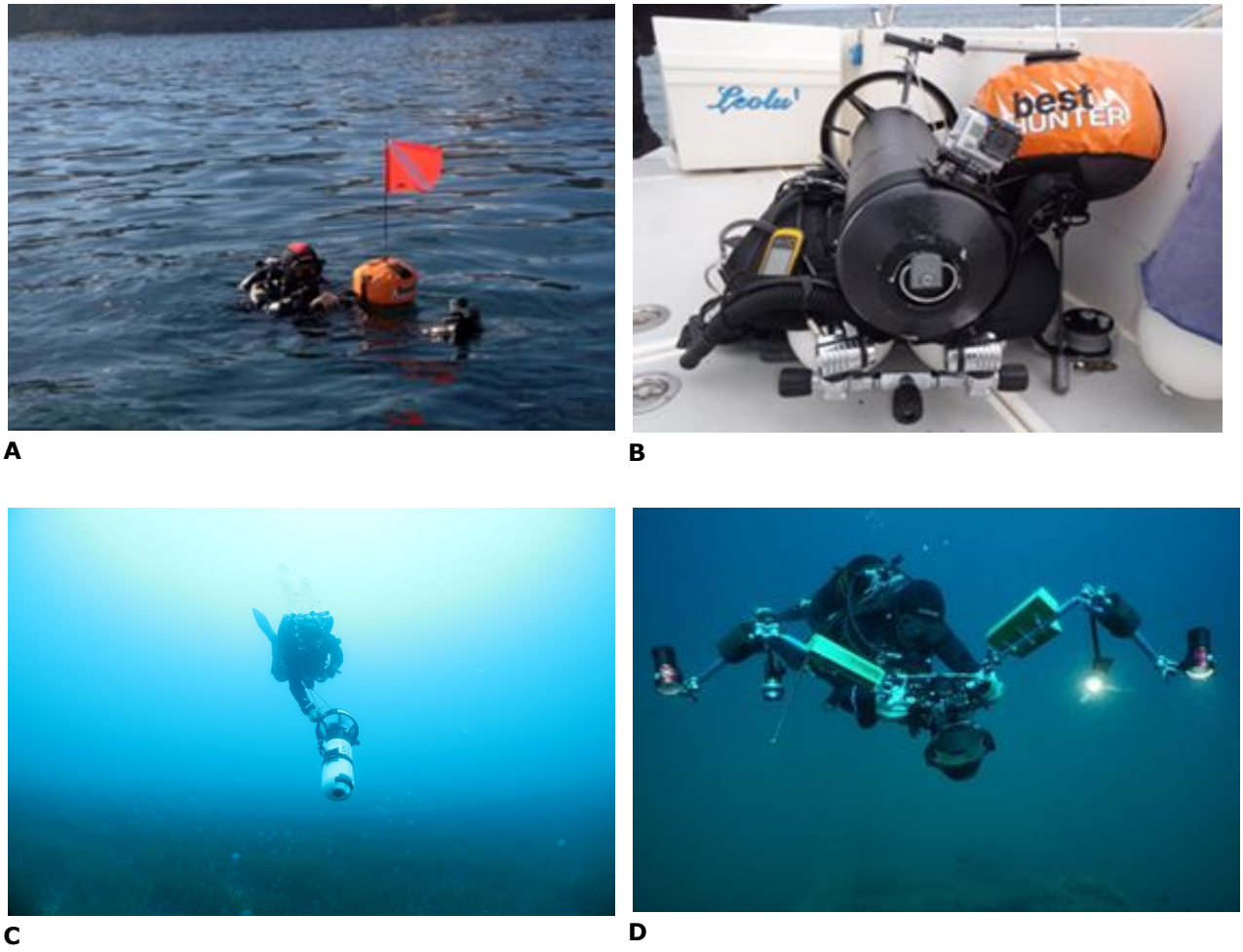


Figura 9 - Confronto tra le biocenosi marine rilevate nel presente studio e quelle pubblicate nell'Atlante degli habitat marini della Liguria aggiornato al 2020.

Durante il periodo invernale la pianta è poco evidente e solo una piccola porzione di apparato fogliare emerge dal fondo sabbioso conferendo un aspetto rado, tipicamente stagionale.
Dall'analisi dei video transetti realizzati è stato quindi possibile rilevare la presenza di *C. nodosa* senza poter individuare con certezza i limiti del prato, ragion per cui è stato utilizzato il tematismo più generale "Fondale sabbioso con presenza di *Cymodocea nodosa*" in sostituzione di "Prato di *Cymodocea nodosa*" (figura 9).

4.3. Il posidonieto del largo: limite superiore

La mappatura del limite superiore della prateria a *P. oceanica* del largo è stata realizzata percorrendo in immersione subacquea il limite superiore ricadente all'interno dell'area di indagine mediante ausilio di scooter subacqueo Xtras CUDA 650 con GPS Garmin E-Trex 32x posto su boa di segnalazione al traino (figura 10 A, B, C, D). La fotocamera è stata sincronizzata con l'ora del GPS, consentendo di acquisire foto georeferenziate lungo tutti i percorsi effettuati. La posizione dell'operatore subacqueo rispetto alla boa di segnalazione è stata ricavata mediante applicazione di un algoritmo di sincronizzazione del profilo di immersione (scaricabile dai computer subacquei utilizzati) e della traccia GPS. La documentazione video/fotografica raccolta è stata quindi analizzata ai fini della descrizione delle caratteristiche del limite superiore del posidonieto.



A B C D

Figura 10 - Equipaggiamento e attrezzature utilizzate durante i rilevamenti.

In totale è stata percorsa una distanza di 1318 m lungo il limite.
Nella zona di ponente il limite superiore si attesta ad una profondità compresa tra 9 e 10 m. Percorrendo il limite verso levante, la profondità aumenta gradualmente sino a circa -11 m nell'area antistante la foce del torrente San Lorenzo.

Il limite si presenta generalmente molto frastagliato, con patches separate dal corpo centrale della prateria e canali intermatte. Il limite è netto e caratterizzato da un gradino di matte che in alcuni punti supera il metro di altezza, con rizomi ortotropi e con evidenti segni erosivi (figura 11).
Va sottolineato che la zona in esame, così come tutta la costa ligure, è stata fortemente colpita e profondamente modificata dalla mareggiata dell'autunno 2018, caratterizzata da venti di Sud/Est a oltre 130 km/h e onde alte fino a 10 metri. Studi recenti (Oprandi *et al.*, 2020) hanno dimostrato che le praterie di *P. oceanica* hanno subito notevoli danni dovuti sia all'effetto diretto delle onde che hanno determinato lo sradicamento delle piante, sia all'interramento da parte dei sedimenti nelle parti più profonde delle praterie. Nel complesso, è stata stimata una perdita di copertura vivente di *P. oceanica* pari a circa il 50%.
Il limite superiore molto frastagliato, le patches separate dal corpo centrale della prateria e i canali intermatte, oltre all'effetto distruttivo della mareggiata del 2018 e delle successive mareggiate, sono caratteristiche potenzialmente attribuibili al regime idrodinamico costiero ed al trasporto di sedimenti. Tali fenomeni erosivi sono da associare a fenomeni di arretramento della prateria che in letteratura si attesta essere di circa 4 cm all'anno (Gobert *et al*. 2016).
Il fenomeno erosivo associato al trasporto costiero dei sedimenti inizia ad intaccare il margine del posidonieto (T1) creando nel tempo uno scalzamento che porta al crollo di intere porzioni di posidonia (T5) (figura 11).

Tale fenomeno può essere compensato dall'accrescimento di posidonia che può ri-colonizzare le aree sottoposte ad erosione. La ricolonizzazione è osservabile quando si riscontra la presenza di rizomi plagiotropi che, come propaguli, si estendono verso le aree di margine. Lungo il limite superiore ispezionato non sono però state osservate aree di avanzamento, mentre l'arretramento ed il processo erosivo sono evidenti anche se non è possibile, sulla base delle osservazioni condotte, determinare la velocità dell'arretramento in corso. La presenza di aree con rizomi ortotropi morti, privi di fasci fogliari, suggerisce che il fenomeno sia recente (figura 12). La prateria si presenta su matte e forma "patches" separate da canali e lenti di sabbia che ne rendono frammentato il limite superiore. Sono frequenti le aree a matte morta immediatamente adiacenti alla prateria, colonizzate occasionalmente da talli dell'alga alloctona *Caulerpa taxifolia* (figura 13).
Proseguendo verso levante, il limite superiore diventa meno netto e verticale e, la presenza di numerose patches, rende più ardua la perimetrazione del posidonieto.
I rilievi condotti mettono in evidenza una corrispondenza nel posizionamento del limite superiore attuale della prateria di *P. oceanica* con quanto riportato dai dati cartografici relativi all'area di studio già disponibili in letteratura (capitolo 4.2.; figura 9).

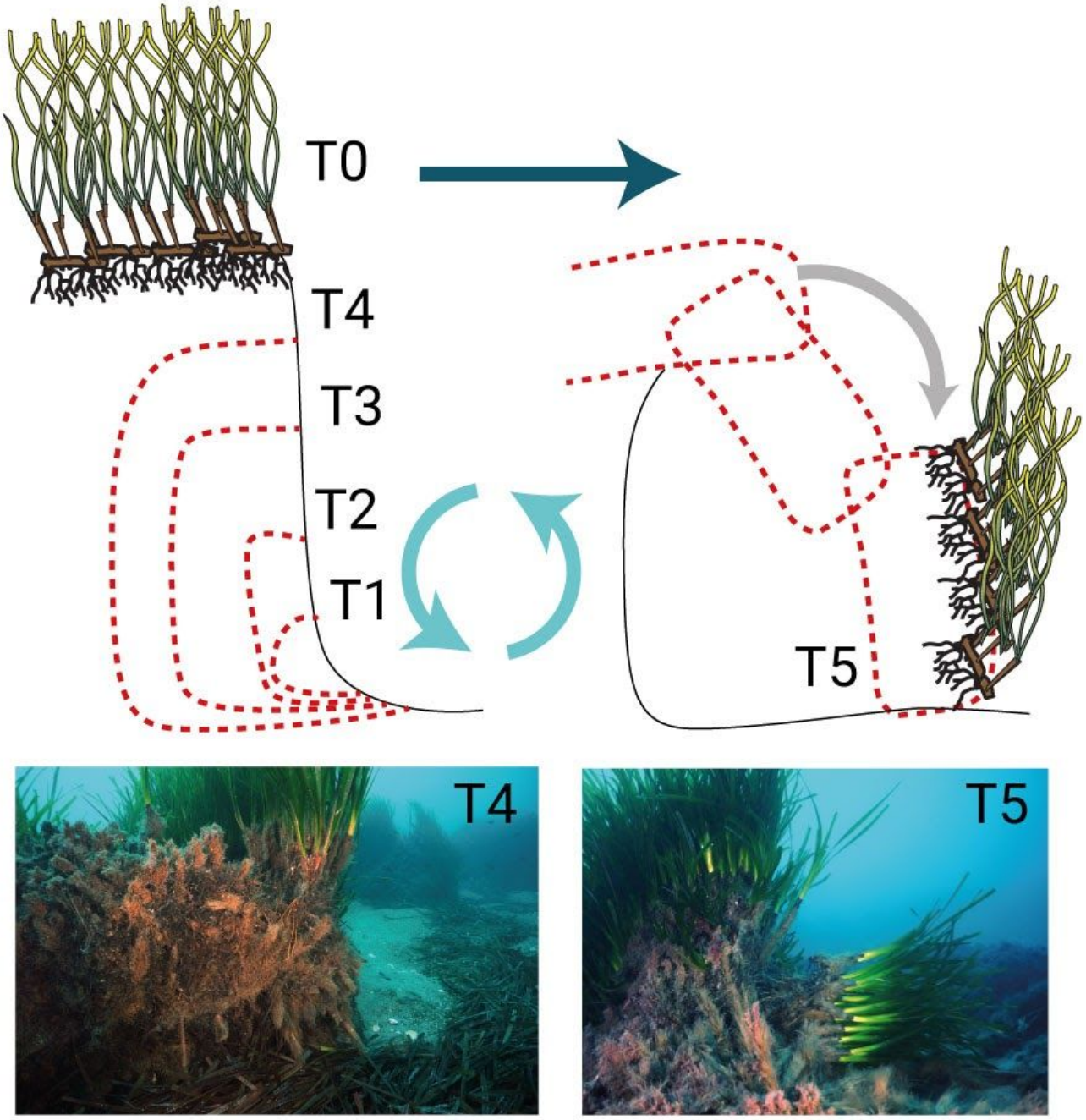


Figura 11 – Diagramma riassuntivo dei fenomeni di erosione ed arretramento a carico del posidonieto lungo un margine verticale. Immagine modificata e adattata all'area di studio da Gobert et al. 2016

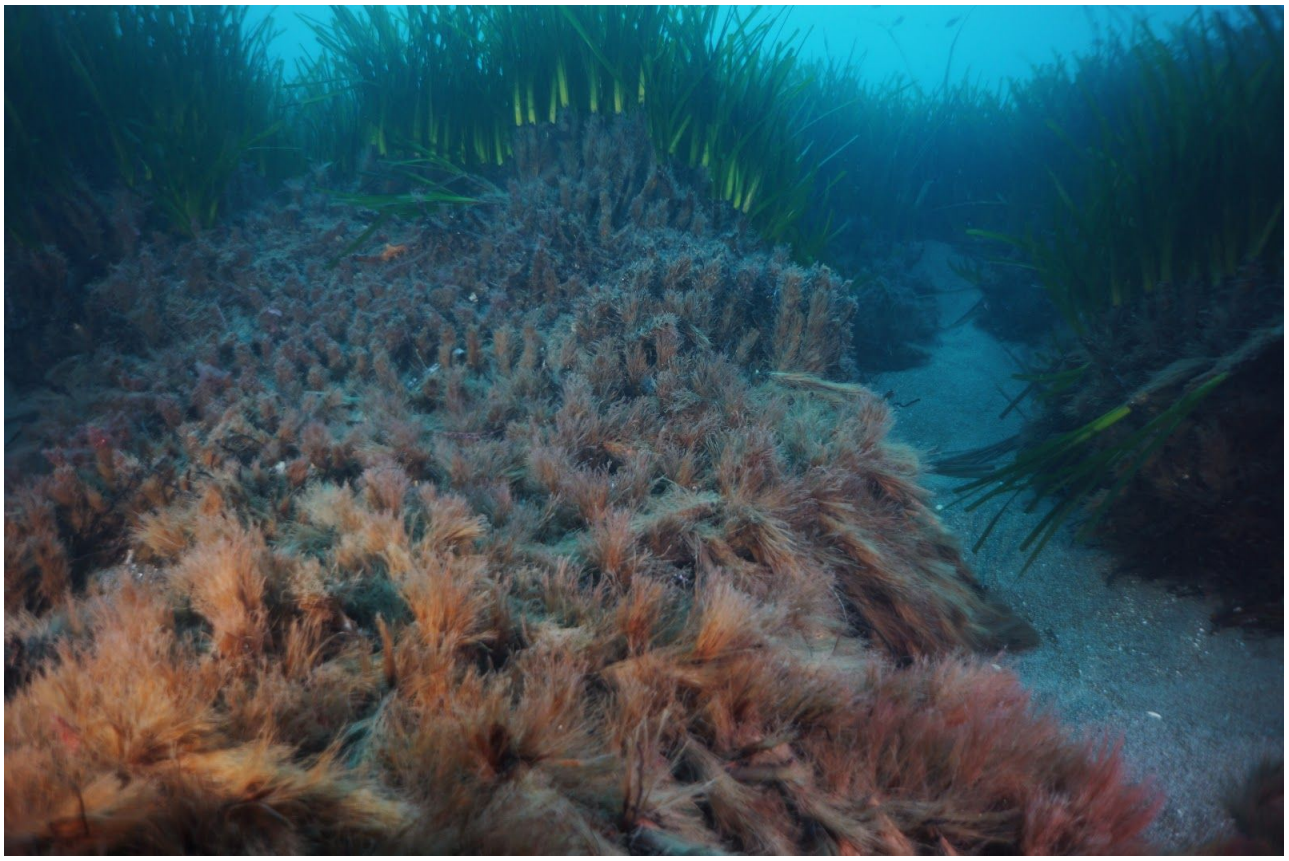


Figura 12 – Area di arretramento con presenza di rizomi ortotropi morti senza fasci fogliari.



Figura 13 – Matte morta colonizzata da talli di *Caulerpa taxifolia*.

4.4. Il posidonieto del largo: la zona centrale

Le analisi *in situ* sulla prateria di *P. oceanica* sono state realizzate tenendo in considerazione il piano di monitoraggio delle praterie previsto dalla Regione Liguria (comunemente utilizzato per la gestione dei SIC liguri e come strumento per la procedura di Valutazione di Impatto Ambientale), le "Metodologie analitiche di riferimento" del Ministero dell'Ambiente e della Difesa del Territorio (Cicero e Di Girolamo, 2001) e i metodi indicati nel volume "Sistema a Fanerogame marine" (Buia *et al.*, 2003). I dettagli delle procedure adoperate sono le medesime di quelle descritte alla sezione 4.1 relativa al posidonieto costiero a cui si rimanda.

Ai fini della valutazione dello stato di conservazione della prateria in questione, sono state realizzate, ad una profondità di 15 m, 5 repliche sia per le misure della densità dei fasci fogliari per unità di superficie sia per la stima del ricoprimento percentuale di *P. oceanica* viva in un intorno di 5 m di raggio (tabella 4) (figura 14).

Tabella 4: Data dell'immersione e coordinate della stazione di campionamento a -15 m per l'analisi in *situ* della prateria di *P. oceanica* del largo.

Data	Punto	Northing (WGS84 UTM 32N)	Easting (WGS84 UTM 32N)
15/12/2020	POS1	4855334	416954

I valori del ricoprimento percentuale osservati *in situ* sono riportati in tabella 5. In questo caso i valori non sono stati corretti mediante il fattore di correzione R (Regione Liguria, 2003) poiché, il suddetto fattore viene applicato sulle praterie fino alla profondità di 10 m. I risultati mostrano una prateria definibile continua, caratterizzata da un ricoprimento percentuale superiore di media all'80%, con poche interruzioni costituite da piccoli corridoi o macchie sabbiose e/o da zone poco estese di matte morta (figura 15). Quanto rilevato è in linea con quanto osservato già nel 2007, a ribadire le condizioni stabili della prateria che sembra conservarsi in ottimo stato. Inoltre, la prateria si può classificare come "pura" o monospecifica (caratterizzata cioè dalla sola specie *P. oceanica*) e omogenea, con una distribuzione uniforme della fanerogama sull'intera estensione del fondale (Buia *et al*., 2003).

Tabella 5: Valori del ricoprimento percentuale osservati *in situ* relativi alle 5 repliche effettuate ad una profondità di 15 m.

Replica	Valori di ricoprimento %
1	80
2	90
3	80
4	100
5	90

La densità dei fasci fogliari è stata stimata utilizzando la procedura descritta in precedenza per il posidonieto costiero (Capitolo 4.2). I risultati sono riportati nella seguente tabella 6.

Tabella 6: Densità dei fasci fogliari relative alle 5 repliche effettuate.

Repliche	Valori di densità (40cm*40cm)	Valori di densità (fasci/m^2)
1	54	337,5
2	83	518,75
3	67	418,75
4	81	506,25
5	77	481,25

La densità media risulta di 452,5±74,95 fasci/m^2 con un massimo di 518,75 fasci/m^2 nella replica n. 2 e con il minimo di 337,5 fasci/m^2 nella replica n. 1 (figura 14). Se consideriamo esclusivamente la media generale di densità, la prateria risulta densa (Giraud, 1977) e con uno stato di conservazione eccezionale (Gambi e Dappiano, 2003). Analizzando i singoli valori di densità, l'unica replica in prossimità della quale la prateria risulta rada e in condizione di conservazione appena soddisfacente è la replica n. 1, con un valore di densità di 337,5 fasci/m^2 (figura 14).

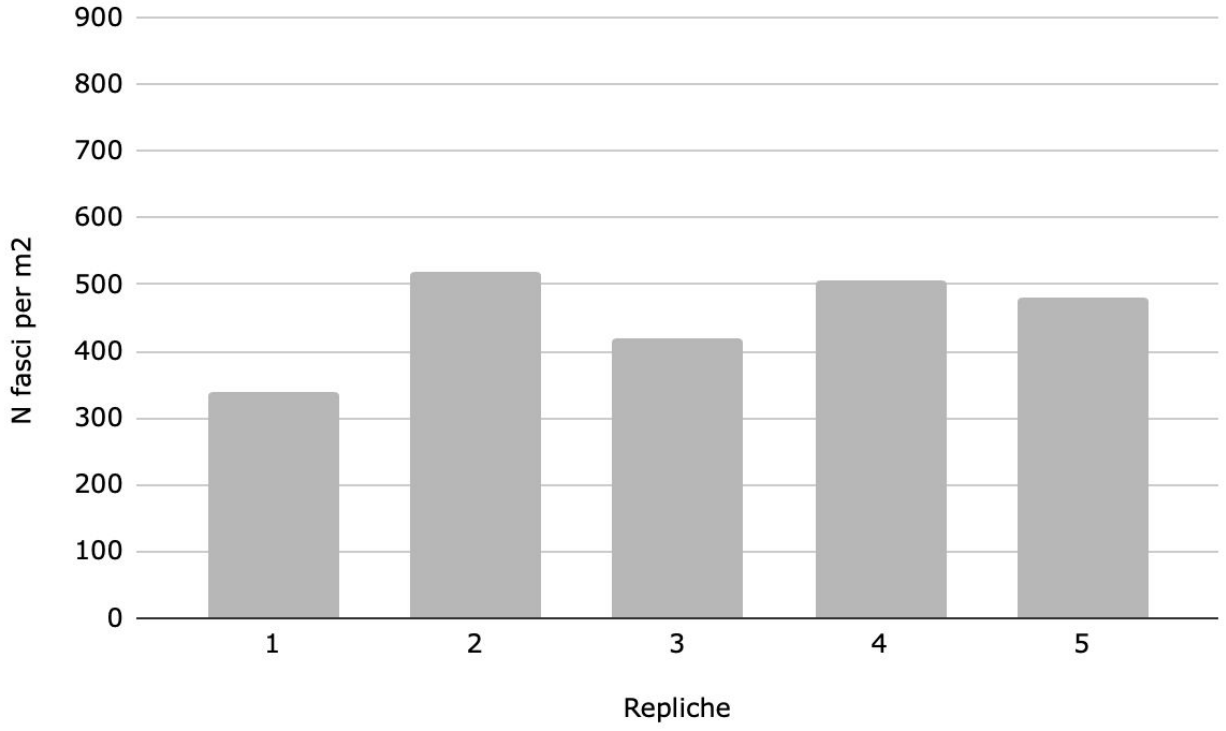


Figura 14 - Densità media dei fasci fogliari di *P. oceanica* per le quattro stazioni di campionamento.



Figura 15 - Una macchia di sabbia che interrompe la prateria in prossimità della condotta fognaria non più in uso.

4.5. Il posidonieto del largo: limite inferiore

Il limite inferiore di una prateria di *P. oceanica* è il punto più profondo dove questa termina e, insieme al limite superiore, è considerato come più facilmente suscettibile a variazioni dovute a diversi fattori di stress, di origine ambientale o antropica. Il limite presenta aspetti differenti in funzione dei due principali fattori che governano la distribuzione verticale della prateria: l'intensità della radiazione luminosa e la sedimentazione. Identificare, mappare, confrontare il limite inferiore con studi pregressi e verificarne possibili regressioni, permette di monitorare la dinamica della prateria.

Il limite inferiore della prateria del largo è stato rilevato in immersione da due operatori scientifici subacquei che, dopo aver effettuato le analisi di caratterizzazione del posidonieto a -15 m, utilizzando uno scooter subacqueo SUEX XJ7, hanno seguito direzione Sud-Sud/Est intercettando il limite inferiore (figura 9). Una volta intercettato, gli operatori subacquei hanno seguito il margine profondo della prateria per circa 150 m in direzione Sud/Ovest acquisendo documentazione video-fotografica georiferita per la successiva fase di analisi. Le osservazioni sono state quindi effettuate su 3 stazioni poste lungo il limite inferiore (tabella 7) (capitolo 4.2; figura 9).

Tabella 7: Data dell'immersione, coordinate e profondità media delle stazioni di campionamento per l'analisi *in-situ* del limite inferiore della prateria del largo.

Stazione	Easting (WGS84 UTM 32N)	Northing (WGS84 UTM 32N)	Prof. (metri)
INF1	417198	4855107	32,1
INF2	417159	4855083	31,4
INF3	417124	4855059	30,6

L'analisi di tale documentazione insieme con le osservazioni effettuate *in-situ* hanno consentito di descrivere le caratteristiche morfologiche del limite inferiore e di rilevare le seguenti variabili:
1) profondità e tipologia del limite inferiore (erosivo, progressivo, netto o regressivo);
2) continuità della prateria;
3) tipo di substrato;
4) eventuale presenza e caratteristiche di zone di matte morta;
5) presenza di altre fanerogame e/o di alghe alloctone (ad es. % *Caulerpa cylindracea*).

La massima profondità del limite inferiore della prateria di *Posidonia oceanica* viene rilevata in prossimità della stazione di levante INF1 dove si attesta a -32,1 m. Procedendo Sud/Ovest il limite risale gradualmente raggiungendo la profondità di 31,4 m in corrispondenza della stazione INF 2 e 30,6 m in corrispondenza della stazione INF3.
Quanto rilevato nel presente studio sembra mostrare un generale arretramento di una ventina di metri del limite inferiore della prateria rispetto a quanto riportato nella cartografia degli habitat marini della Regione Liguria aggiornata al 2020 (figura 9).

Si evidenzia come le profondità raggiunte dal limite nell'area oggetto dell'indagine è sensibilmente maggiore rispetto alla profondità media del limite inferiore (circa -23 m) rilevata per le praterie di *P. oceanica* in Liguria. In corrispondenza delle aree costiere più antropizzate (Provincia di Genova e Savona) il limite può risalire ulteriormente fino a raggiungere i -20 m.
Le indagini rivelano un limite non netto e generalmente di tipo regressivo (o sfumato) (Montefalcone, 2009) (figura 19), con la presenza di una fascia di rarefazione a matte morta (con un ricoprimento della posidonia che si riduce gradualmente passando dall'80% al 50% fino al 20%), su cui persistono ciuffi isolati di Posidonia viva (figure 16 e 17). In prossimità della stazione di ponente INF3, il fondale sabbioso sembra sostituirsi parzialmente alla matte morta (figura 18) seppur vengono mantenuti i caratteri distintivi della tipologia di limite regressivo.

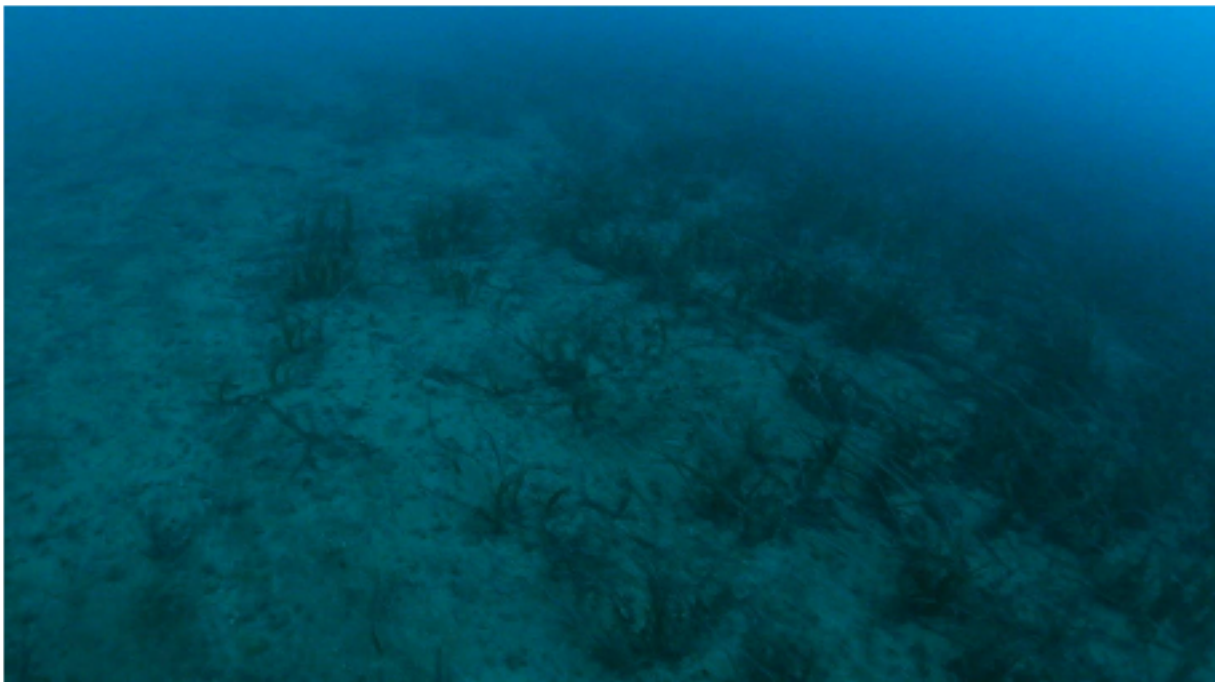


Figura 16 - Limite inferiore in prossimità della stazione INF1.

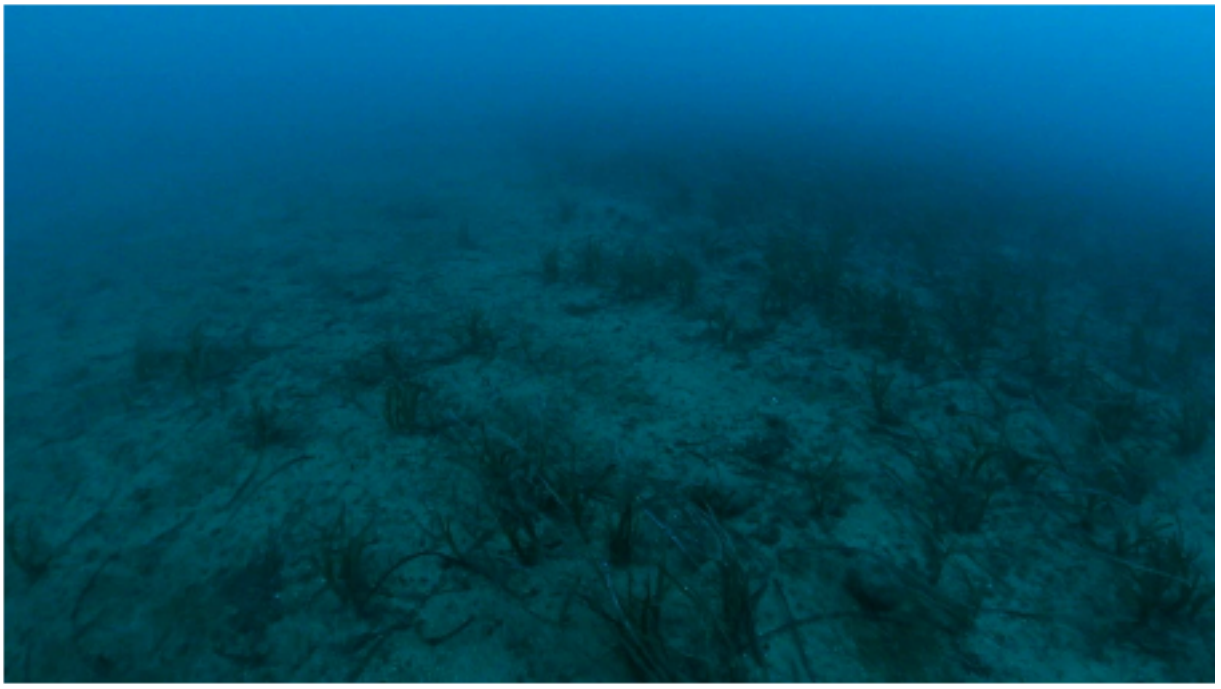


Figura 17 - Limite inferiore in prossimità della stazione INF2.

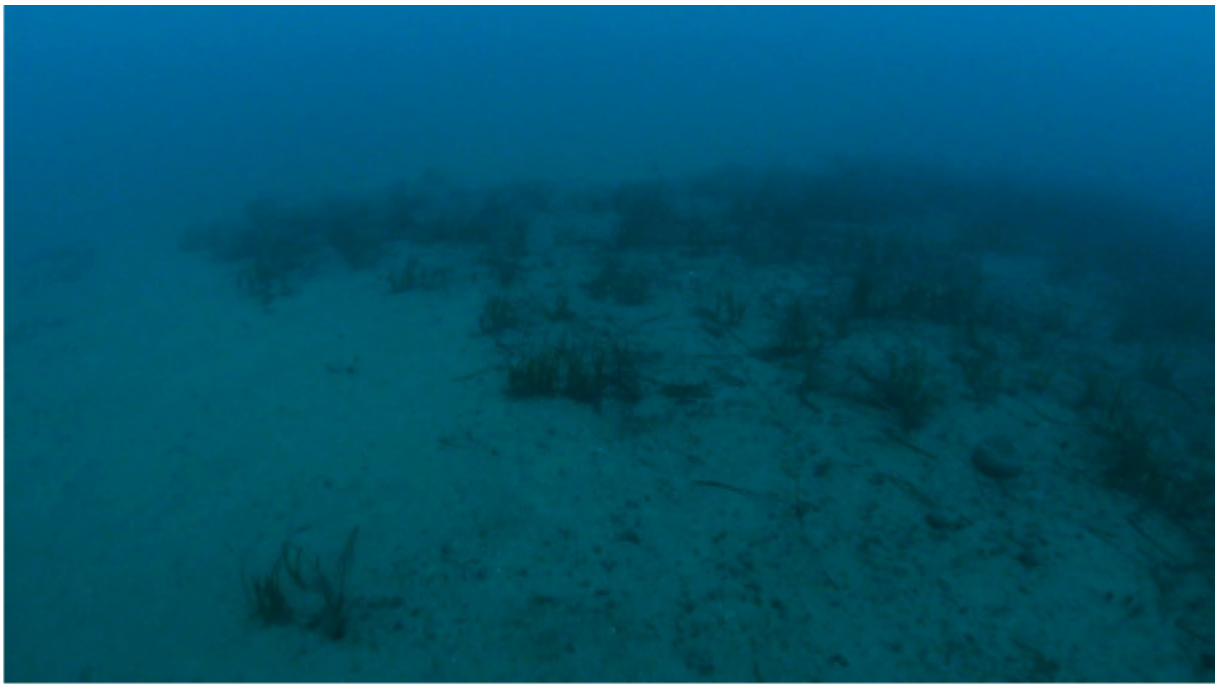


Figura 18 - Limite inferiore in prossimità della stazione INF3.

In linea generale, un limite di questo tipo indica una regressione della prateria dovuta ad un incremento della torbidità ma, date le profondità raggiunte, le sue caratteristiche potrebbero essere ascrivibili ad una normale riduzione della disponibilità di luce.
Il confronto con le indagini effettuate in passato sembra delineare una condizione di stabilità delle caratteristiche del limite inferiore nell'area oggetto delle indagini.

Lungo tutto il tratto di limite percorso sono visibili, seppur in modo discontinuo, interessanti affioramenti rocciosi di natura pre-coralligena, colonizzati principalmente da alghe coralline e poriferi (genere Cacospongia e Sarcotragus) (figura 19). Questi affioramenti sono tipici del coralligeno ponentino presenti in ampie aree ricche di detriti di natura organica, formatisi in seguito all'accumulo di frammenti calcarei prodotti da alghe o animali.
La presenza di specie strutturanti longeve, quali spugne massive e concrezioni organogene, nelle zone occupate da matte morta ormai degradata, sembra evidenziare una regressione non recente.
Non è stata invece rilevata la presenza di alghe alloctone sul limite inferiore.



Figura 19 - Affioramenti rocciosi di natura pre-coralligena colonizzati da alghe coralline.

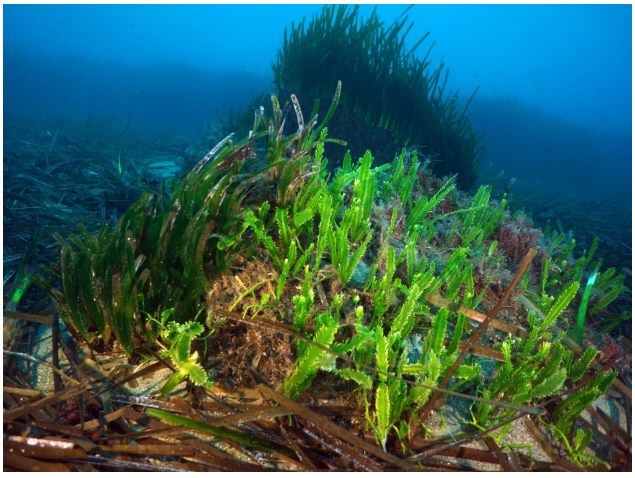
4.6. Flora e fauna associate

In generale l'area indagata è caratterizzata dalla presenza di specie vegetali e animali tipiche delle praterie a *P. oceanica*.
Tra le specie algali osservate, si sottolinea la presenza di *Caulerpa taxifolia* (M. Vahl) C. Agardh, 1817, alga verde di origine tropicale estremamente invasiva diffusasi in Mediterraneo nel recente passato, in netta regressione nell'area rispetto a quanto osservato durante i rilievi del 2007 (figura 20A). La presenza di questa alga era stata già segnalata negli studi effettuati sul litorale del comune limitrofo di Costarainera e negli studi realizzati in precedenza (Duci, 2017). Sempre per quanto riguarda le specie algali, nella zona specifica dello "Scoglio rosso", la comunità macroalgale fotofila è caratterizzata prevalentemente da *Jania rubens* che ricopre la maggior parte del substrato roccioso, con presenza anche di *Padina pavonica* e *Acetabularia acetabulum* (figura 20B).

Tra le specie sessili che epibiontano le foglie di Posidonia dominano i briozoi, come *Electra posidoniae* Gautier, Y.V. (1954) e *Microporella sp*. Hincks, 1877, gli idroidi, *Sertularia perpusilla* (Linnaeus, 1758) e gli ascidiacei quali *Botryllus schlosseri* (Pallas, 1766) (figura 20C; D).

Tra la fauna vagile osservata nella zona radicale della posidonia, si annoverano cnidari come la madrepora mediterranea *Cladocora caespitosa* (figura 20E), (presenti alcuni esemplari lungo il tubo della fogna), molluschi, ad esempio *Arca noe* con la conchiglia ricoperta dalla spugna *Crambe crambe*) (figura 20F); gli echinodermi tra cui *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816), specie vulnerabile secondo la Convenzione di Barcellona (specie ASPIM); tra le oloturie troviamo *Holothuria polii* (Delle Chiaje, 1823), *H. tubulosa* (Gmelin 1791) e, occasionalmente, è stata osservata anche la stella marina rossa *Echinaster sepositus* (Retzius, 1783); tra i serpulidi sono stati osservati esemplari di *Serpula vermicularis* (Linnaeus, 1767) e *Protula tubularia* (Montagu, 1803).
Lungo il limite inferiore della prateria, sono presenti zone di precoralligeno ricche di alghe coralline e poriferi (*Cliona* sp., *Sarcotragus foetidus*).

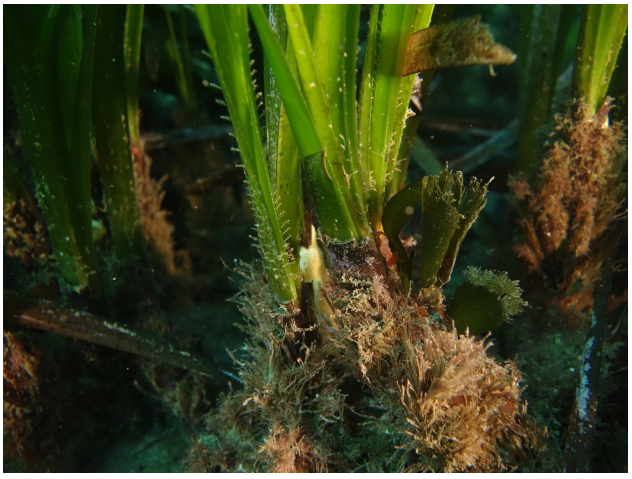
In merito alla ittiofauna, sono stati avvistati esemplari giovanili di *Chromis chromis* (figura 20G), *Spicara maena*, *Sarpa salpa*, *Symphodus tinca*, *S. ocellatus*, *Diplodus sargus* e *Diplodus vulgaris*, *Coris julis* e, all'interno della condotta fognaria non più in uso, la presenza di un grongo (*Conger conger*) (figura 20H).



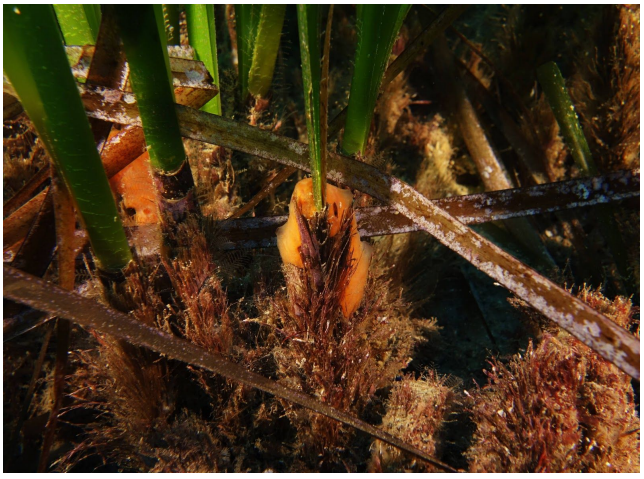
A



B



C



D



E



F



G



H

Figura 20 - A) *Caulerpa taxifolia*; B) *Jania rubens*; C) *Electra posidoniae*; D) *Botryllus schlosseri;* E) *Cladocora caespitosa;* F) *Arca noe;* G) *Chromis chromis*; H) *Conger conger.*

5. Conclusioni

I risultati delle indagini condotte e il confronto con quanto riportato nei lavori pregressi e con la cartografia regionale mostrano una situazione generale di sostanziale stabilità per quanto riguarda la distribuzione delle biocenosi/associazioni nell'area di interesse.
Viene confermato l'evidente stato di sofferenza della prateria di *Posidonia oceanica* lungo il limite superiore, dove l'effetto erosivo del regime idrodinamico e del trasporto di sedimenti agisce scalzando alla base il gradino sul quale la prateria poggia. Sono frequenti ed ampie le aree di matte morta esposta, solo occasionalmente colonizzate dall'alga invasiva *Caulerpa taxifolia.*
Ad ulteriore conferma dello stato di sofferenza della prateria, si osservano di frequente zolle di rizomi ortotropi vitali e rovesciati sul fondale, così come le aree con rizomi ortotropi morti privi di fasci fogliari. I frequenti eventi estremi registrati negli ultimi anni (Oprandi *et al*., 2020) sono probabilmente da considerarsi una concausa dell'accelerazione del trend di arretramento della distribuzione delle praterie di Posidonia, le quali sono particolarmente sottoposte a diversi fattori di stress nelle aree costiere fortemente antropizzate e soggette a misure di protezione dall'erosione marina (Cavazza, 2000).
Le osservazioni effettuate alla profondità di -15 metri ad una distanza da costa di 650 metri evidenziano come il settore centrale della prateria sembra mantenersi in uno stato di conservazione soddisfacente.
Il limite inferiore del posidonieto nell'area antistante San Lorenzo al Mare è caratterizzato dalla presenza contigua di affioramenti rocciosi simili ad un coralligeno di piattaforma alla profondità di circa 30-32 m metri. Tale ambiente risulta essere di particolare interesse conservazionistico e non presenta segni di impatto fisico di origine antropica dovuto ad attività di pesca professionale o di ancoraggio di imbarcazioni da diporto.
L'area di particolare interesse paesaggistico e biologico del sito "Scoglio Rosso" è stata per la prima volta mappata mediante digitalizzazione di foto aeree georeferenziate e fornirà la base di riferimento per rilevare future variazioni della distribuzione del posidonieto all'interno dell'area. Le osservazioni subacquee hanno consentito di evidenziare come la Posidonia, insediata prevalentemente su roccia ad una profondità compresa tra 2 e 4 metri, presenti alcune aree in sofferenza (i.e. presenza di rizomi senza fasci fogliari) confermando le osservazioni effettuate dallo studio di Duci nel 2017. E' da sottolineare che quest'area di posidonieto costiero occupa una superficie di 1863 m^2 e, data la sua esposizione ed esigua profondità, è particolarmente esposta all'azione di eventi estremi. Non si esclude che le forti mareggiate susseguitesi negli ultimi anni (in particolare quella del 2018) possano aver ulteriormente contribuito ad acuire lo stato di sofferenza della fanerogama la quale, seppur mantenendo complessivamente le sue caratteristiche, sembra registrare una riduzione della densità media di fasci fogliari da 733 fasci/m^2 nel 2017 a 529 fasci/m^2 nel 2020.

6. Bibliografia

Buia M.C., Gambi M.C., Dappiano M., 2003. I sistemi a fanerogame marine. In: Gambi M.C., Dappiano M. (Editors). Manuale di Metodologie di campionamento e studio del benthos marino mediterraneo. Biol. Mar. Med, 19 (Suppl.): 145-198.

Cavazza, William, Francesco Immordino, Lorenzo Moretti, Andrea Peirano, Angela Pironi, and Federica Ruggiero. "Sedimentological parameters and seagrasses distributions as indicators of anthropogenic coastal degradation at Monterosso Bay (Ligurian Sea, NW Italy)." Journal of Coastal Research (2000): 295-305.

Cicero A.M., Di Girolamo I. (Ed), 2001. Metodologie analitiche di riferimento del Programma di Monitoraggio dell'ambiente marino costiero (Triennio 2001-2003). Roma, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, ICRAM.

Diviacco G., Coppo, S. e E. Montepagano, 2006. Nuovo Atlante degli habitat marini della Liguria: Cartografia delle praterie di Posidonia oceanica e dei principali popolamenti marini costieri. Genoa, Italy: Regione Liguria, Servizio Parchi e Aree Protette, Settore Ecosistema Costiero.

Duci A., 2010. Mappatura e censimento biologico dei fondali marini di San Lorenzo al mare.

Duci A., 2017. Studio di impatto conseguente alla realizzazione di opere di difesa costiera presso il comune di San Lorenzo al Mare. Rilievo finale: terzo anno post-operam.

Gobert, Sylvie, Gilles Lepoint, Corinne Pelaprat, François Remy, Pierre Lejeune, Jonathan Richir, and Arnaud Abadie. "Temporal evolution of sand corridors in a Posidonia oceanica seascape: a 15-years study." Mediterranean Marine Science 17, no. 3 (2016): 777-784.

Liguria, R., 2011. Piano di Tutela dell'Ambiente Marino e Costiero. *Ambito costiero 15. Unità fisiografiche del Golfo del Tigullio, Baia del Silenzio e Riva Trigoso. Art. Relazione Paraggio. Paraggio di Lavagna–dal porto di Lavagna a punta Sant'Anna*, 28.

Molin E. & Bruno S., 2013. Presenza di prateria di *Cymodocea nodosa* (Ucria) ASCHERSON lungo il litorale del lido di Venezia: risultati preliminari. Boll. Mus.

Oprandi A., Mucerino L., De Leo F., Bianchi C.N., Morri C., Azzola A., Benelli F., Besio G., Ferrari F. and Montefalcone M., 2020. Effects of a severe storm on seagrass meadows. Science of The Total Environment 64: 7-19.

Pergent G., Pergent-Martini C., Bouderosque C.F., 1995. Utilisation de l'herbier a *Posidonia oceanica* comme indicateur biologique de la qualite du milieu littoral en Mediterranée: état des connaissances. *Mésogée*, 54: 3-27.

Siti Web consultati

www.ambienteinliguria.it
www.geoportal.regione.liguria.it
www.iucn.it
www.minambiente.it
www.natura2000liguria.it
www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/manuali-e-linee-guida/buone-prassi-per-lo-svolgimento-in-sicurezza-delle-attivita-subacquee-di-ispra-e-delle-agenzie-ambientali
https://www.minambiente.it/pagina/sic-zsc-e-zps-italia