



Università degli Studi di Genova

Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali

Corso di Laurea Magistrale in Biologia ed Ecologia Marina

Cambiamento nel tempo delle praterie di *Posidonia oceanica* (L.) Delile tra
la foce del Torrente Bisagno e Genova Nervi - il caso studio della nuova
diga del porto di Genova

Candidata: Eleonora Pero

Relatori: Prof.ssa Monica Montefalcone

Correlatore: Prof. Marco Capello

Dott.ssa Ilaria Mancini

Anno accademico 2022-2023

“Dal 1980 ad oggi si è persa ogni 30 minuti un’area ricoperta di fanerogame marine equivalente a un campo di calcio. Ciò significa che nel tempo di gioco di una partita di calcio, tre campi di fanerogame marine scompaiono.” (Dennison, 2009).

“Conoscere il tuo pianeta è un passo verso il proteggerlo.” (Cousteau)

Indice

1. RIASSUNTO	5
2. ABSTRACT	7
3. INTRODUZIONE.....	9
3.1 <i>Biologia e caratteristiche di Posidonia oceanica</i>	11
3.2 <i>Le praterie di P. oceanica nel Mediterraneo e in Mar Ligure</i>	14
4. MATERIALI E METODI.....	17
4.1 <i>Area di studio</i>	17
4.1.2 <i>Le praterie di Posidonia oceanica alla Foce</i>	18
4.1.3 <i>Le praterie di Posidonia oceanica di Sturla, Quarto e Quinto e Nervi</i>	19
4.5 <i>Attività di campo</i>	25
4.5.1 <i>Strategie di campionamento</i>	26
4.6 <i>Attività di laboratorio</i>	31
4.6.1 <i>Analisi fenologica</i>	31
4.6.2 <i>Biomassa epifita</i>	32
4.3 <i>Valutazione dello stato di salute delle praterie</i>	34
4.3.1 <i>Ricoprimento</i>	34
4.3.2 <i>Limiti superiori e inferiori</i>	34
4.4 <i>Applicazione degli indici</i>	36
4.4.1 <i>Indice di Conservazione</i>	36
4.4.2 <i>Indice di Sostituzione</i>	37
4.4.3 <i>L'indice di Cambiamento di Fase</i>	38
4.4.4 <i>Indice PREI</i>	38
5. RISULTATI.....	41
5.1 <i>Caratterizzazione delle praterie</i>	41
5.1.2 <i>Le praterie antistanti Genova Foce</i>	41
5.1.3 <i>Praterie antistanti Genova Sturla</i>	42
5.1.4 <i>Prateria di P. oceanica antistante Genova Quarto</i>	43
5.1.5 <i>Prateria di Posidonia oceanica di Genova Quinto</i>	44
5.1.6 <i>Prateria di Posidonia oceanica di Genova Nervi</i>	45
5.2 <i>Analisi dei dati</i>	47
5.2.1 <i>Analisi PREI (Posidonia oceanica Rapid and Easy Index)</i>	48
5.2.2 <i>Genova Foce</i>	48
5.2.3 <i>Indice PREI per la prateria di Genova Sturla</i>	48

5.2.4 Analisi delle praterie di Quarto.....	48
5.2.5 Analisi delle praterie di Quinto	49
5.2.6 Analisi delle praterie di Nervi.....	49
5.2.7 Classificazione delle praterie tramite la densità fogliare.....	50
5.2.8 Indice di Conservazione (CI) nelle varie praterie.....	51
5.2.9 Indice di sostituzione (SI) nelle varie praterie	54
5.2.10 Indice di Cambiamento di Fase (PSI).....	56
6. CONSIDERAZIONI E CONCLUSIONI	58
7. BIBLIOGRAFIA	60
RINGRAZIAMENTI	72

1. RIASSUNTO

Le praterie di *Posidonia oceanica* sostengono funzioni fondamentali per l'equilibrio degli ecosistemi marini costieri, ma stanno subendo un intenso fenomeno di regressione in molte aree del Mediterraneo. Negli ultimi decenni diversi sforzi sono stati fatti per tutelare le praterie di *P. oceanica* e oggi sono inserite nell'elenco degli habitat marini prioritari e protetti dalla Direttiva Habitat. Questo studio si inserisce nell'ambito del Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA) previsto per la costruzione della nuova diga foranea del Porto di Genova, con lo scopo di valutare lo stato ecologico delle cinque praterie di *P. oceanica* presenti sui fondali compresi tra la foce del torrente Bisagno (Genova Foce) e Genova Nervi nella fase *ante-operam*, ovvero prima dell'inizio dei lavori di costruzione. Lo stato ecologico di queste praterie era già stato definito in uno studio del 2005 ed è stato pertanto possibile valutarne anche il cambiamento nel tempo.

In ciascuna prateria sono stati condotti rilevamenti visivi in immersione subacquea lungo transetti orizzontali LIT (*Line Intercept Transect*), lungo i quali sono state effettuate stime visive del ricoprimento percentuale di *P. oceanica* viva, matte morta, sabbia, eventuali sostituti. I dati raccolti hanno permesso il calcolo di una serie di indici ecologici paesaggistici indicativi dello stato della prateria: Indice di Conservazione, Indice di Sostituzione, Indice di Cambiamento di Fase. In ognuna delle 5 praterie sono stati inoltre condotti rilevamenti visivi e campionamenti secondo il protocollo nazionale di monitoraggio ISPRA, per calcolare l'indice PREI (*Posidonia oceanica Rapid Easy Index*).

Nell'area di Genova Foce non esiste più una prateria ma il fondale è caratterizzato solo da matte morta. La prateria di Genova Sturla mostra diverse porzioni ancora in regressione. Tutti gli indici ecologici hanno mostrato risultati coerenti tra loro. L'indice PREI definisce un elevato stato ecologico in tre (Genova Quarto, Genova Quinto, e Genova Nervi) delle cinque praterie indagate. I valori dell'Indice di Conservazione nelle stazioni monitorate nel 2023 sono risultati sempre più alti rispetto ai dati storici del 2005, a indicare un miglioramento dello stato di salute delle praterie nell'area urbana di Genova. Questo andamento positivo è testimoniato anche dal fatto che in diverse stazioni indagate sono stati osservati fenomeni di ricolonizzazione del fondale da parte di *P. oceanica*. L'Indice di Sostituzione e l'Indice di Cambiamento di Fase descrivevano nel 2005 una situazione molto diversa da quella attuale. Le principali differenze tra i due periodi sono legate agli elevati valori di ricoprimento dell'alga aliena *C. cylindracea* che nel 2005 colonizzava la quasi totalità delle aree di matte morta presenti, con una copertura media del fondo sempre superiore al 50%. Oggi quest'alga aliena è praticamente scomparsa in tutte le zone indagate, migliorando così il livello di sostituzione

delle praterie e il cambiamento di fase che era in atto nel 2005. In vista degli interventi di ampliamento della diga foranea del Porto di Genova, sarà quindi fondamentale portare avanti queste attività di monitoraggio per verificare il mantenimento del buono stato di salute delle praterie di Genova, anche a seguito di importanti interventi costieri.

2. ABSTRACT

The seagrass meadows of *Posidonia oceanica* play a crucial role in maintaining the balance of coastal marine ecosystems, but they are experiencing a significant regression in many areas of the Mediterranean. In recent decades, various efforts have been made to protect *Posidonia oceanica* meadows, and they are now included in the list of priority marine habitats protected by the Habitat Directive. This study is part of the Environmental Monitoring Plan (EMP) designed for the construction of the new breakwater of the Port of Genoa. Its purpose is to assess the ecological state of the five *Posidonia oceanica* meadows located in the seabed area between the mouth of the Bisagno river (Genoa Foce) and Genoa Nervi before the start of construction activities.

The ecological state of these meadows had already been defined in a 2005 study, making it possible to evaluate changes over time. Visual underwater surveys were conducted along horizontal Line Intercept Transects (LIT) in each meadow, during which visual estimates were made of the percentage coverage of living *P. oceanica*, dead matte, sand, and any substitutes. The collected data allowed for the calculation of several ecological indices indicative of the meadow's condition: Conservation Index, Substitution Index, and Phase Shift Index. In each of the five meadows, visual surveys and sampling were also conducted following the national monitoring protocol provided by ISPRA to calculate the PREI (*Posidonia oceanica* Rapid Easy Index).

In the Genoa Foce area, there is no longer a meadow, and the seabed is characterized solely by dead matte. The Genoa Sturla meadow still shows several sections in regression. All ecological indices consistently produced similar results. The PREI index defines a high ecological state in three (Genoa Quarto, Genoa Quinto, and Genoa Nervi) of the five investigated meadows. The values of the Conservation Index in the monitored stations in 2023 were consistently higher than the historical data from 2005, indicating an improvement in the health of the meadows in the urban area of Genoa. This positive trend is further evidenced by the observation of seabed recolonization by *P. oceanica* in several surveyed stations. The Substitution Index and Phase Shift Index described a very different situation in 2005 compared to the current state. The main differences between the two periods are related to the high coverage values of the invasive alga *C. cylindracea*, which in 2005 colonized almost all areas of dead matte with an average ground coverage consistently exceeding 50%. Nowadays, this invasive alga has almost totally disappeared in all surveyed areas, thus improving the replacement level of the meadows and the phase change that was occurring in 2005. In light of the expansion works planned for the breakwater of the Port of Genoa, it will be crucial to

continue these monitoring activities to verify the maintenance of the good health of Genoa's meadows, even following significant coastal interventions.

3. INTRODUZIONE

Nonostante siano state promulgate diverse leggi di tutela e conservazione per il paesaggio terrestre, il paesaggio sommerso è sempre stato più difficile da comprendere e da conoscere per l'uomo e soltanto in tempi recenti si è cercato di porre attenzione anche ad esso. Sebbene il problema fosse dovuto ad una mancata percezione dell'ambiente marino, da sempre esso è stato rappresentato nelle iconografie antiche come una distesa di acqua uniforme ("Giardino dell'Eden" Bibbia del 1536). Lo stesso paesaggio sommerso nell'800, senza le attuali attrezzature subacquee, poteva essere solo immaginato dall'uomo come ha fatto lo stesso Jules Verne nel suo libro " *Paysage sous-marin de l'île Crespo, Vingt mille lieues sous les mer: Jules Verne, 1871* ", descrivendo l'ambiente marino popolato oltre che da tantissime creature marine, anche da alcune fanerogame marine che a quell'epoca vedeva solamente spiaggiate sulla costa e che immaginava fluttuare e arrivare fino alla superficie in forma eretta (Fig.1).



Figura 1:Paesaggio sottomarino dell'isola Crespo tratto dal libro "Paysage sous-marin de L'île Crespo, Vingt mille lieues sous les mer" Jules Verne 1871

La ricerca scientifica subacquea in Italia nasce tra gli anni 70 e 80, ma grazie ad essa l'uomo ha potuto iniziare ad avere una maggiore percezione dell'ambiente marino, delle sue dinamiche e del suo cambiamento.

Lo sviluppo delle conoscenze dell'uomo e l'evoluzione delle tecnologie si verificano quindi a partire dalla Rivoluzione Industriale, che mise però in secondo piano l'attenzione e il rispetto per l'ambiente,

inteso come luogo al servizio dell'uomo, le cui risorse potevano essere sfruttate all'infinito (P. Hawken et al., 1999).

Le pressioni antropiche sempre più crescenti come l'urbanizzazione del litorale, l'inquinamento, la pesca intensiva e la distruzione di habitat, insieme all'introduzione di nuove specie e ai cambiamenti climatici, stanno conducendo ad una sempre più cospicua ed estensiva perdita di biodiversità (Cognetti & Curini-Galletti, 1993; Castilla, 1999; Connel & Glasby, 1999; Lejeusne et al., 2010).

In tutto il mondo il crescente utilizzo delle risorse naturali ha causato importanti alterazioni nella struttura e nel funzionamento degli ecosistemi (Costanza et al., 1997; Kubiszewski e Costanza, 2012); molti ecosistemi costieri sono stati irreversibilmente alterati nell'ultimo secolo (Schlesinger, 2006), considerando che attualmente circa due terzi della costa mediterranea è urbanizzata (UNEP, 1989) con porti che occupano 1250 km della costa mediterranea europea (Duarte, 2002).

Gli ecosistemi marini costieri sono particolarmente sensibili anche ai cambiamenti globali, compreso il riscaldamento climatico che ha rinforzato gli effetti dannosi dovuti allo sfruttamento antropico (Cerrano et al., 2000; Morri & Bianchi, 2001; Parravicini et al., 2010) spingendo la tolleranza di questi oltre i propri limiti (Walther et al., 2002).

La costruzione di porti, piste, ponti, strade, argini e terrapieni non solo frammenta e rimuove gli habitat naturali esistenti, ma sostituisce anche i substrati duri naturali e i sedimenti molli con strutture artificiali (Meinesz et al., 1991), in maniera evidente se si considera il Mar Mediterraneo, un bacino semichiuso con pesanti pressioni demografiche, urbane e industriali (Relini, 1990).

Nonostante la forte proliferazione di strutture urbane attorno alle città costiere negli ultimi secoli (UNEP, 1996), ci sono pochissime informazioni su come il biota marino risponde a questi cambiamenti (Connel e Glasby, 1999) e gli ecologi si trovano ad affrontare la sfida di proporre metodi per comprendere e prevedere questi cambiamenti (Elith e Leathwick 2009).

Le praterie di fanerogame marine sono ampiamente riconosciute come ecosistemi chiave nelle aree costiere sia temperate che tropicali (Hemminga e Duarte, 2000; Green and Short, 2003) ed in particolare le praterie di *Posidonia oceanica* svolgono un ruolo cruciale per il loro funzionamento e rappresentano un importante punto di riferimento per la ricerca e la conservazione (Koch et al., 2006).

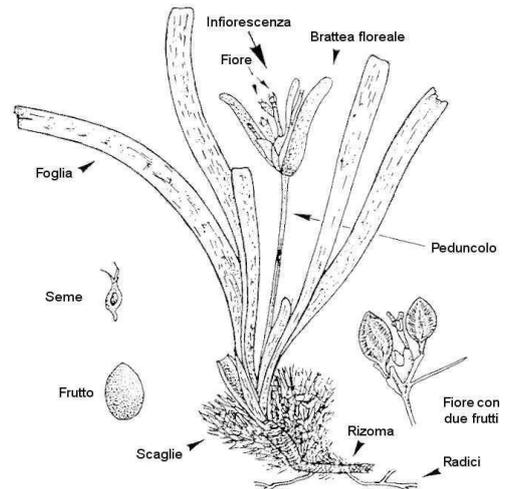
La perdita di fanerogame marine in tutto il mondo è stata segnalata quindi a causa della varietà di impatti umani sia diretti che indiretti (Short e Wyllie-Echeverria, 1996; Hemminga e Duarte, 2000).

3.1 Biologia e caratteristiche di *Posidonia oceanica*

Posidonia oceanica è una specie endemica nel Mediterraneo che ha una ampia distribuzione in tutto il bacino ed è un organismo sedentario che si raggruppa in praterie di notevole estensione; il suo ciclo vitale è molto produttivo e particolarmente longevo; infatti, può persistere per migliaia di anni (Bourlesque e Meinesz, 1982; Arata e Divacco, 1989) e può formare praterie fino ai 40 m di profondità (Pergent et al; 1995). Essa presenta un'organizzazione in radici, fusto e foglie (Fig. 2).



Figura 2: prateria di *Posidonia oceanica* con la relativa biodiversità associata (a sinistra) e caratteristiche anatomiche della pianta (a destra).



Le radici hanno una doppia funzione ovvero di ancoraggio al substrato e assimilazione delle sostanze nutritive che, attraverso il sistema vascolare vengono trasportate successivamente alle foglie (Kuo e McComb, 1989). Il rizoma ha la caratteristica di accrescersi sia in senso orizzontale (plagiotropo), che in senso verticale (ortotropo) (Cognetti et al., 1999). I primi hanno la funzione di ancorare la pianta al substrato; gli altri, crescendo in altezza, contrastano il progressivo insabbiamento dovuto al continuo processo di sedimentazione e permettono in tal modo di sfruttare la luce e lo spazio disponibili (Mazzella et al., 1986).

Questi due tipi di accrescimento sono all'origine della formazione delle cosiddette *mattes*, tipiche strutture a terrazzo costituite dall'intreccio di più strati di rizomi, di radici e di sedimento intrappolato; queste strutture possono innalzare anche di diversi metri il fondo del mare (Peres e Picard, 1964).

La *matte* è una struttura resistente, che rappresenta il risultato tra due forze opposte: l'accrescimento verticale della pianta e l'accumulo dei sedimenti; se quest'ultimo è troppo rapido si può verificare un progressivo insabbiamento della pianta, fino alla morte per soffocamento delle parti vegetative; al contrario una sedimentazione scarsa, porta allo scalzamento dei rizomi con

conseguente indebolimento della matre e progressiva distruzione della prateria (Boudouresque e Meisnez, 1982). Si è osservato che la velocità di crescita di queste strutture è strettamente correlata alle dinamiche dei processi di sedimentazione e quando l'accumulo di sedimento e l'accrescimento dei rizomi sono in equilibrio, la velocità di innalzamento della matre si stima intorno a 1m/secolo (Bourlesque e Jeudy de Grissac, 1983).

Le foglie hanno un aspetto nastriforme, di colore verde brillante e terminano con un apice arrotondato, sono organizzate in fasci, nella parte esterna si trovano le foglie più vecchie o adulte, caratterizzate dalla lamina fotosinteticamente attiva e da una base separata dal lembo da una linea concava detta ligula, mentre all'interno si trovano quelle più giovani di taglia inferiore e sprovviste di base (Giraud, 1977).

Le foglie intermedie, senza base, hanno una lunghezza maggiore di 5 cm; mentre le giovanili, anch'esse senza base, hanno una lunghezza inferiore a 5 cm (Giraud, 1979).

La pianta si riproduce sia sessualmente con fiori e frutti, che asessualmente per stolonizzazione (Molinier e Picard, 1952; Boudouresque e Meinesz, 1982).

Le foglie al culmine della senescenza si staccano prevalentemente in autunno (Romero et al., 1992; Chessa et al., 2000) mentre la loro base rimane attaccata al rizoma, prendendo così il nome di "scaglia" (Boudouresque et al., 1980). In alcune zone, particolarmente sulle spiagge sabbiose con lieve pendenza, gli accumuli di foglie chiamati *banquettes* (Boudouresque e Meinesz, 1982) possono raggiungere un'elevazione di 2 metri (Boudouresque et al., 2006; Guala et al., 2006; Mateo et al., 2003

Inoltre, le foglie sostengono lo sviluppo di una variegata comunità di micro e macro-epifite sulla loro superficie (Buia et al., 1989), che possono contribuire fino al 40% della biomassa fogliare di *Posidonia oceanica* (Mazzella et al., 1984) (Romero et al., 1989 a).

P. oceanica contribuisce all'equilibrio dei litorali, alla stabilizzazione del fondale al contenimento dell'erosione costiera mediante l'attenuazione dell'azione delle correnti e del moto ondoso (Gambi et al., 1989). Diversi studi hanno mostrato che la presenza di *P. oceanica* sui fondali marini determina una diminuzione della quantità di sedimenti sospesi per l'azione del moto ondoso e un conseguente aumento della ritenzione di sedimenti, riducendo quindi l'erosione della zona costiera (Gacia & Duarte, 2001): grazie all'azione frenante delle foglie, infatti, essa riduce l'impatto delle onde sul

fondale ed inoltre la compenetrazione delle sue radici e dei rizomi con il fondo sabbioso impedisce il trasporto solido (Boudouresque & Jeudy de Grissac, 1983; De Falco et al., 2003).

È stato , stimato che la regressione di un solo metro di prateria può provocare la perdita di 15- 18 metri di litorale sabbioso (Mazzella et al., 1986). Alcuni esperimenti di laboratorio hanno dimostrato anche che in acque basse la presenza di una prateria di *P. oceanica* determina un significativo smorzamento delle onde, soprattutto nel caso di piante aventi lunghezza comparabile con la profondità (Cavallaro et al., 2011). Inoltre, la riduzione dell'idrodinamica in prossimità del fondo generata dalla *P. oceanica* ha anche importanti implicazioni ecologiche, in quanto favorisce la presenza di varie specie animali e vegetali.

La presenza delle piante di *P. oceanica* amplifica la superficie disponibile e la complessità strutturale del fondo marino (Buia et al., 2000) le praterie, dunque, rivestono un ruolo fondamentale come rifugio e come luogo dove molte specie di pesci ed invertebrati si alimentano, si riproducono e crescono (Buia et al., 2000), svolgendo un ruolo fondamentale come area di nursery (Vassallo et al. 2013).

Le praterie sono caratterizzate da una elevata produzione di ossigeno, da una elevata biomassa vegetale e da una produzione primaria tra le più alte a livello mondiale per l'ambiente marino (Pergent et al., 1994; Pergent-Martini et al., 1994) (Fig.3).

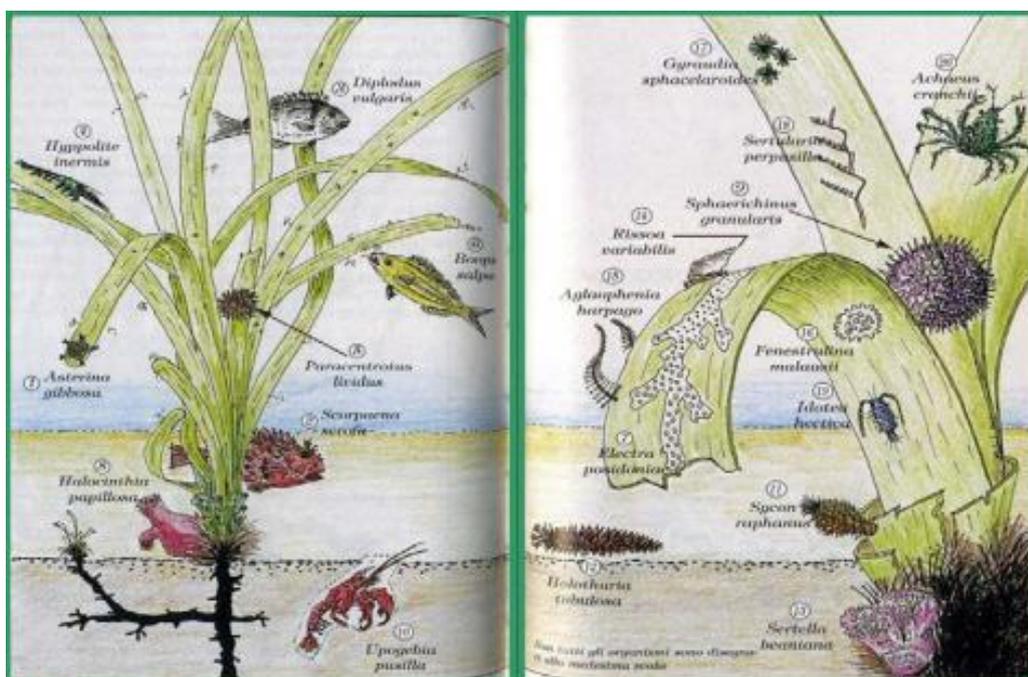


Figura 3: Schema dei rapporti trofici presenti all'interno di una prateria di *Posidonia oceanica*

3.2 Le praterie di *P. oceanica* nel Mediterraneo e in Mar Ligure

Nel bacino mediterraneo, *Posidonia oceanica* è presente in modo più o meno costante su tutta la costa occupando tra il 2 e il 4% dell'intero bacino (Den Hartog,1970; Boudouresque al., 1984; Semroud et al., 1993).



Figura 4: Distribuzione di *P. oceanica* lungo le coste del Mediterraneo evidenziata in verde (Procaccini et al.,2003).

Nel Mar Mediterraneo, le principali fonti di regressione delle fanerogame marine su larga scala includono l'inquinamento ambientale, l'eutrofizzazione, l'aumento della torbidità dell'acqua, la bioinvasione e i cambiamenti climatici (Duarte, 2002; Peirano et al., 2005; Bianchi, 2007; Montefalcone et al., 2007a; Occhipinti-Ambrogi, 2007).

A una scala spaziale relativamente più piccola (es. chilometri), lo sviluppo costiero può alterare l'ambiente marino attraverso la frammentazione di associazioni naturali e la loro conseguente sostituzione con strutture artificiali (Meinesz et al., 1991; Montefalcone et al., 2006a, 2007b), portando quindi a perdite di praterie su larga scala (Rasheed, 1999).

A scala più locale (cioè, centinaia di metri), i danni meccanici diretti causati dalla pesca a strascico e dall'ancoraggio delle imbarcazioni possono essere la causa di impatti significativi all'interno delle praterie di *P. oceanica* (Francour et al., 1999; ¹⁷Milazzo et al., 2004; Montefalcone et al., 2006b; Ceccherelli et al., 2007).

Altre cause di regressione delle praterie possono infine essere riconducibili all'introduzione di specie alloctone che possono entrare in competizione con *P. oceanica* (Montefalcone et al., 2007, 2010), come nel caso dell'espansione di specie di alghe verdi di origine tropicale appartenenti al genere *Caulerpa*, ovvero *C. prolifera*, *C. taxifolia* e *C. cylindracea*; la regressione di *P. oceanica* è spesso accompagnata dalla ricolonizzazione della matte morta da parte di altri sostituti come *Cymodocea*

nodosa che è una specie più tollerante di *P. oceanica* (Verlaque, 2010; Montefalcone et al., 2006) e che può portare a un “cambiamento di fase” (phase shift) nell’ecosistema (Montefalcone et al., 2007).

Seppure non tutti siano concordi nel parlare di declino a livello globale (González-Correa et al., 2007) in numerose aree del Mediterraneo è stata registrata una riduzione della densità (Pergent et al., 1995) e l’arretramento del limite inferiore di *P. oceanica*, in particolare nel settore nord-occidentale dove le praterie oltre i trenta metri di profondità risultano sempre più rare e dove alcune sono del tutto scomparse negli ultimi decenni (Ardizzone et al., 2006; Boudouresque et al., 2000; Marabà et al., 1996; Montefalcone et al., 2007a; Montefalcone et al., 2007b; Procaccini et al., 2003).

In Liguria, l’aggressione antropica costiera (urbanizzazione e sviluppo industriale e turistico) che ha caratterizzato l’ultimo secolo (Corradi, 1980; Bianchi, 1988; Ridolfi, 1990; UNEP, 1996) ha portato ad un massiccio declino delle praterie di *P. oceanica* (Peirano & Bianchi, 1997; Bianchi & Morri, 2000).

Questo declino è stato particolarmente evidente in prossimità di grandi città costiere importanti come Genova, il capoluogo ligure; infatti, è stato stimato che nel secolo scorso, le praterie di *P. oceanica* in Liguria si sono ridotte del 50% dalla loro estensione originale (Peirano & Bianchi 1997; Peirano et al, 2005, Burgos-Juan et al. 2016; Mancini et al, 2020). Per questo motivo, le praterie di *P. oceanica* sono state annesse tra gli habitat i prioritari nell’Annesso I della Direttiva “Habitat” 92/43/EEC del 21 maggio 1992 da inserire nei siti di interesse comunitario (SIC) dal 1992 (Relini, 2000) e per i quali devono essere designati appositi piani di gestione e conservazione (EEC, 1992). Dal 1991 è inclusa nella lista Rossa dell’Unione Internazionale per la Conservazione della Natura (IUCN) come specie minacciata del Mar Mediterraneo.

Nonostante il declino, come conseguenza delle politiche di conservazione attuate negli ultimi decenni, la regressione di *P. oceanica* nel Mar Ligure è forse cessata o almeno rallentata (Burgos et al., 2017; Bianchi et al., 2019) come in diverse località del Mediterraneo (De los Santos et al., 2019).

Secondo la Direttiva Quadro per le Acque (2000/60/CE) promulgata il 23 ottobre del 2000 che ha come scopo la protezione delle acque e la gestione delle risorse idriche dei paesi membri della CE, dichiara che le fanerogame marine sono da considerarsi degli elementi biologici di qualità che devono essere usate negli studi di monitoraggio ambientale per definire lo stato di salute delle acque costiere, poiché sono altamente sensibili ai disturbi antropici.

Più recentemente, la Direttiva quadro Marine Strategy dell'UE 2008/56/CE (MSFD) che ha introdotto il concetto di "integrità del fondale marino" per migliorare la valutazione della qualità ecologica (Bianchi et al., 2012) ha stabilito che le praterie di *P.oceanica* sono oggetto di valutazione della qualità ecologica.

Pertanto, l'uso di *P. oceanica* come indicatore biologico è diventata una pratica comune per la valutazione della qualità ambientale dei mari costieri (Pergent et al.,1995; Short & Wyllie-Escheverria 1996; Hemminga & Duarte 2000), visto che costituiscono i popolamenti più estesi e comuni dei fondali del piano infralitorale, dove l'impatto delle fonti inquinanti è più intenso, oltre ad essere una pianta longeva e sensibile all'inquinamento (Augier., 1986).

Questo studio si inserisce nell'ambito del Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA) previsto per la costruzione della nuova diga foranea del Porto di Genova, con lo scopo di valutare lo stato ecologico delle cinque praterie di *P. oceanica* presenti sui fondali compresi tra la foce del torrente Bisagno (Genova Foce) e Genova Nervi nella fase *ante-operam*, ovvero prima dell'inizio dei lavori di costruzione. Lo stato ecologico di queste praterie era già stato definito nel 2005 (Montefalcone et al., 2007). Grazie ai dati raccolti durante le attività previste dal presente monitoraggio, è stato pertanto possibile valutare il cambiamento nel tempo di questo habitat prioritario sul lungo termine (negli ultimi 18 anni).

4. MATERIALI E METODI

4.1 Area di studio

L'area oggetto del presente studio corrisponde alla zona di mare prospiciente il Comune di Genova, più precisamente tra la foce del Torrente Bisagno (Genova Foce) a Ovest e il quartiere di Genova Nervi a Est (Fig. 1). L'area si estende lungo costa per circa 7 km e comprende i fondali tra le batimetriche di 1 m e 40 m, inclusi in buona parte nel SIC marino IT 1332576 (Fondali Boccadasse-Nervi).

Le praterie di *P. oceanica* in esame sono state denominate come i quartieri della città di Genova, a seconda della loro collocazione:

- F in Foce di Genova (44°23' N; 008°57' E);
- S in Genova Sturla (44°23' N; 008°58' E);
- IV in Quarto dei Mille (44°22' N; 009°00' E);
- V a Quinto al Mare (44°22' N; 009°01' E);
- N a Genova Nervi (44°22' N; 009°02' E).

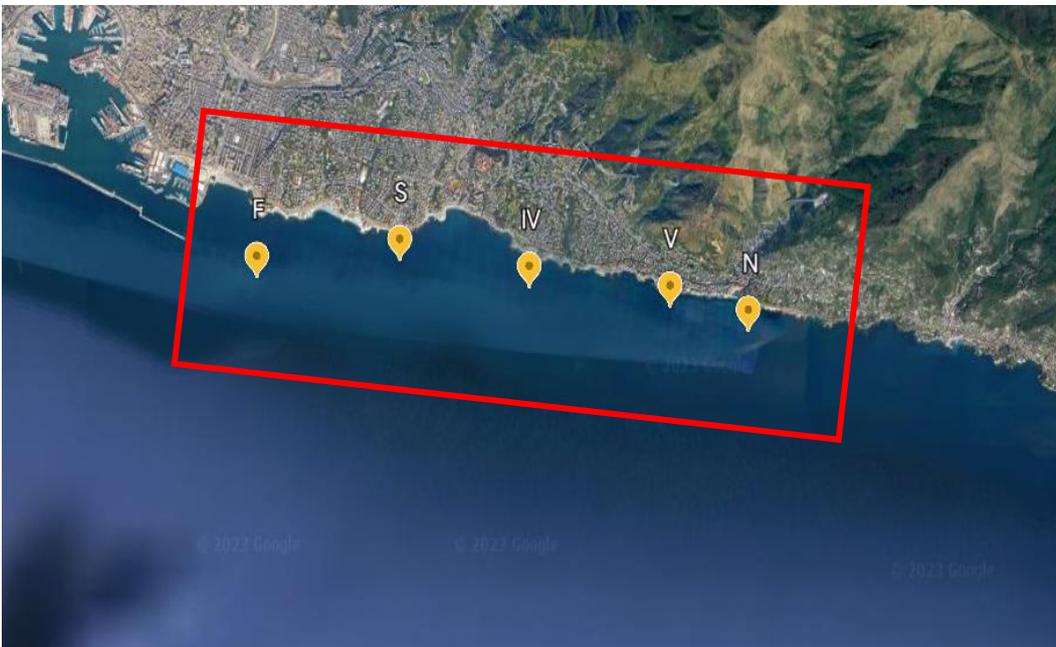


Figura 5: Aree di studio tra Genova Foce e Genova Nervi (box rosso) lungo la costa ligure di Levante e le relative praterie F (Foce), S (Genova Sturla), IV (Genova Quarto dei Mille), V (Quinto al Mare), N (Genova Nervi)

4.1.2 Le praterie di *Posidonia oceanica* alla Foce

La foce è un quartiere residenziale del comune di Genova che si affaccia sul mare a levante del porto, estendendosi nella piana del torrente Bisagno; infatti, proprio da quest'ultimo si è originato il nome del quartiere.

Attualmente la prateria in questo sito appare in uno stato di degradazione irreversibile a causa della vicinanza del porto (anche se considerato da Cattaneo-Vietti nel 1987 di importanza secondaria), ma soprattutto alle continue scariche di materiale di risulta effettuate negli ultimi decenni, e oramai solo da poco bandite. Quest'ultime, infatti, hanno provocato un aumento della torbidità delle acque e il deposito di limo sul fondo, soffocando i popolamenti.

Oltre a questi, si aggiunge il carico fognario riunito dal collettore di Punta Vagno che serve a circa 300000 abitanti e che solo dal 1981 è stato munito di impianti di depurazione a fanghi attivi. Mediante le analisi sedimentologiche condotte da Fanucci et al (1974), si è analizzato il contenuto di bitumi nel sedimento i cui valori arrivano a 1000 pm per poi abbassarsi in direzione levante, questo ha fatto sì che le folte praterie del 1957, che descrivevano Issel e Brian, sono ad oggi scomparse (Bianchi et al; 1995).

Dunque, la zona della Foce non è caratterizzata dalla presenza di formazioni attuali di fanerogame marine nella zona antistante il Porto di Genova; non a caso in questa area non si sono potuti effettuare i campionamenti dei fasci fogliari di *P. oceanica*, in quanto si è osservata solo matte morta e rizomi morti, ricoperti da fango e sabbia intorno alla profondità di 20-25 m (Balduzzi et al; 1984) (Fig.6).

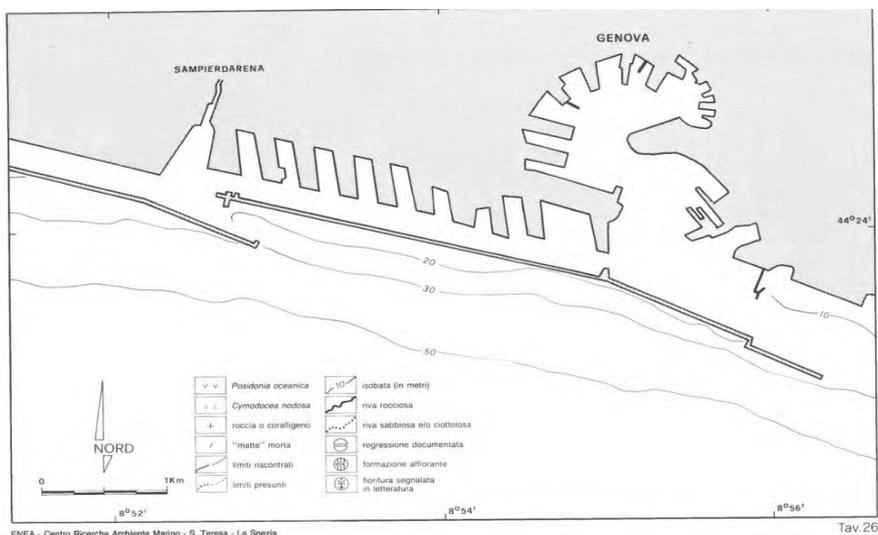


Figura 6: Praterie di *P. oceanica* antistanti la Foce (Atlante delle fanerogame marine della Liguria, 1995).

Anche secondo il Nuovo Atlante degli Habitat Marini della Liguria aggiornato al 2020, il tratto costiero tra Genova Voltri e la Foce del Torrente Bisagno è influenzato dal grande sviluppo portuale con l'assenza di fanerogame e la presenza di fondi mobili colonizzati da comunità indicatrici di processi di infangamento (Albertelli et al; 1985), dove all'esterno delle opere foranee portuali incontra un fondo a matrice sabbiosa che presenta differenti livelli di infangamento in cui le differenti biocenosi di fondo mobile si fondono e intercalano senza definire distribuzioni spaziali precise (AMGA, 1996) i cui aspetti bionomici sono riconducibili a Fanghi Terrigeni Costieri, Detritico Infangato e Sabbie Fini Ben Calibrate con la presenza di elementi grossolani come pietre e massi (Fig.7).

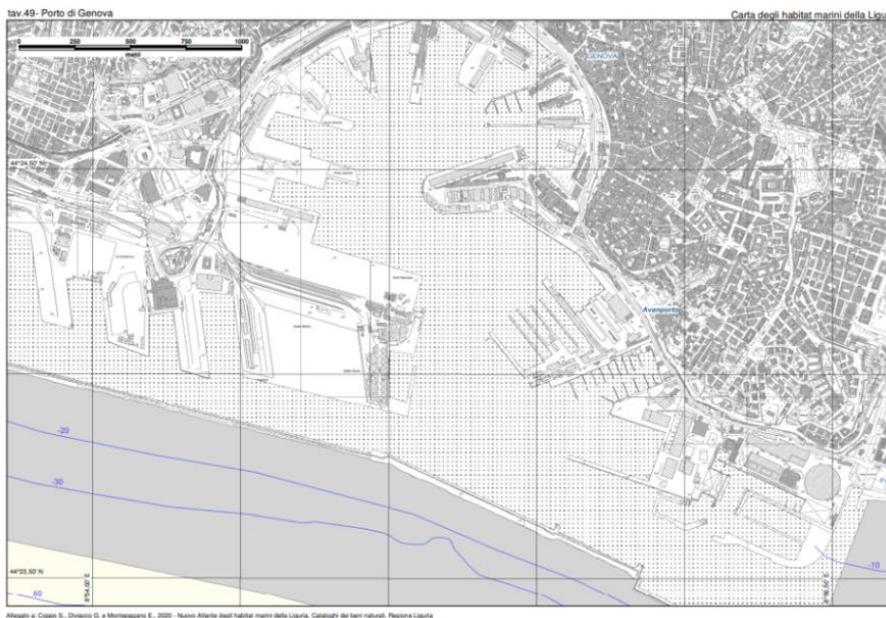


Figura 7: tav. 49-Porto di Genova, mancata presenza di *P. oceanica* (Atlante degli habitat marini della Liguria 2020).

4.1.3 Le praterie di *Posidonia oceanica* di Sturla, Quarto e Quinto e Nervi

Secondo l'Atlante degli habitat delle fanerogame marine della Liguria (Bianchi et al; 1995) tra il lido di Albaro e Sturla era presente una prateria di *Posidonia oceanica* di circa 160 ettari, costituita quasi completamente da matte morta, con sporadiche aiuole di *P. oceanica* viva nella zona di Boccadasse. Dopo un'ampia interruzione al largo di Sturla, la prateria riprendeva davanti a Quarto dei Mille e a Quinto al Mare, dove mostra condizioni migliori.

Le praterie di Quarto e di Quinto furono oggetto dell'attenzione di Issel nel 1918 nel laboratorio di Quarto dei Mille (Morri e Bianchi, 1988) che le descrisse come piccole praterie discontinue (Fig.8).

Brian nel 1957 studiando la comunità biologica sulle banchette di *P. oceanica* sulla spiaggia di Boccadasse, dimostrava l'esistenza di praterie cospicue sui fondali prospicienti.



Figura 8: Interno del laboratorio di Quarto dei Mille (Fondo Issel-Brian del Mus. Civ. di St. Nat. "G. Doria", dove lavorò Issel

Tra i primi lavori, ci fu quello di Balduzzi et al (1984) che prende in esame la distribuzione di *Posidonia oceanica* sui fondali antistanti il levante, dal quartiere Foce a Nervi. Mediante osservazioni in immersione subacquea nell'agosto 1981, gli studiosi a Sturla incontrarono ciuffi di fasci isolati a circa 10 m di profondità (Bianchi, C.N et al; 1995) (Fig.9).

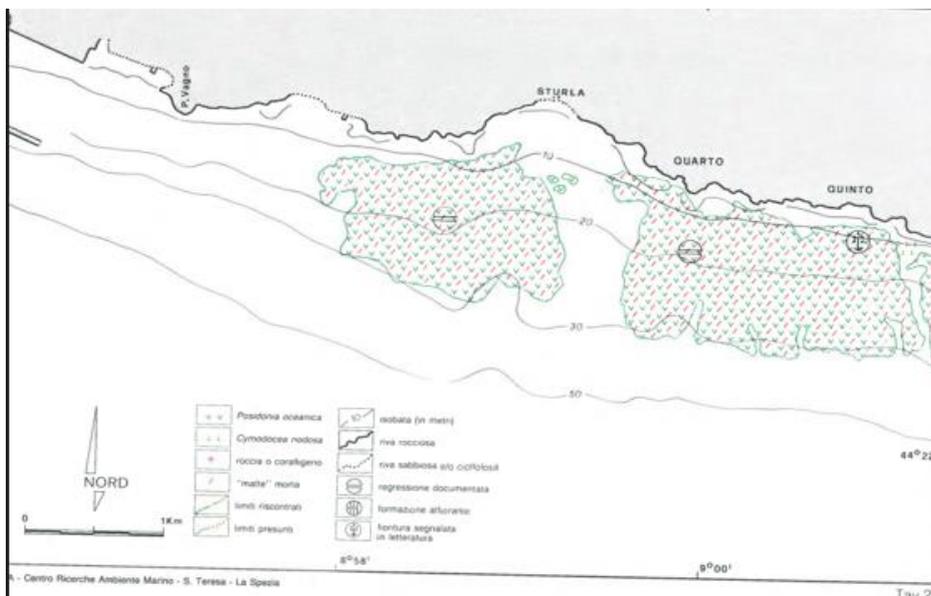


Figura 9: praterie di *P. oceanica* antistanti Sturla, Quarto e Quinto (Atlante delle fanerogame marine della Liguria, 1995)

Attualmente tra San Giuliano e Boccadasse compare *Posidonia oceanica* tra i 10 e i 24 m con ciuffi isolati e macchie di modesta estensione, tra sabbia grossolana e affioramenti rocciosi; dai 18 metri

si distingue lo strato di matte morta infangata che prosegue fin oltre i 30 m di profondità (Nuovo Atlante degli habitat marini della Liguria, 2020).

In corrispondenza di Boccadasse viene confermato un gradiente ovest-est di tendenza positiva dello stato di vitalità del posidonieto, in quanto la copertura della pianta aumenta tra i 18 m e i 24 m seppure siano presenti canali al suo interno; tra i 24 e i 27 m la sua presenza si riduce a pochi ciuffi isolati tra la matte morta (RSTA, 2003).

Ad oggi i fondali compresi Genova Boccadasse e Recco rappresentano il più ampio areale di sviluppo di *P. oceanica* nella Liguria di Levante, in quanto è presente un'estesa piattaforma continentale e limitati apporti fluviali che hanno permesso lo sviluppo del più grande posidonieto della Regione la cui costa è formata da scogliere di rocce calcaree disposte in strati che si distendono in mare anche per grandi distanze. In questo tratto di costa, rimangono solo pochi aspetti ridotti e degradati a causa dello sviluppo urbano e portuale. Nell'area è presente l'estremità occidentale della ZSC marina IT 1332576 (Fondali Boccadasse-Nervi).

Attualmente davanti al depuratore di Sturla-Vernazzola tra i 10 m e i 20 m ci sono piccole chiazze di matte ancora vitali intervallate da discontinuità sabbiose, proprio in corrispondenza dello sbocco di due condotte di scarico del depuratore.

Tra le cause di maggior impatto antropico si riporta l'inquinamento dei sedimenti (per la presenza di idrocarburi), la presenza della foce di un corso d'acqua (il Bisagno) inquinato, il notevole carico fognario veicolato dalle condotte sottomarine, i numerosi lavori di riempimento e discarica effettuati con materiali terrigeni (Fig.10).

Il degrado è dato dal porto e dall'urbanizzazione del litorale, oltre all'apporto dei torrenti Bisagno e Sturla che attraversano i quartieri più popolosi della città; il notevole carico fognario dei collettori di Punta Vagno serve a 300'000 abitanti, quello di Vernazzola a circa 50'000 abitanti e quello di Quinto serve a 60'000 abitanti. Questi, come nel caso della Foce, sono stati muniti di impianti di depurazione solo successivamente nel 1981. Questo ha determinato un processo di infangamento dei fondali che un tempo erano ricchi e diversificati, ad oggi solo con zone di matte morta, zone rocciose tra sabbie infangate (Nuovo Atlante degli habitat marini della Liguria, 2020).

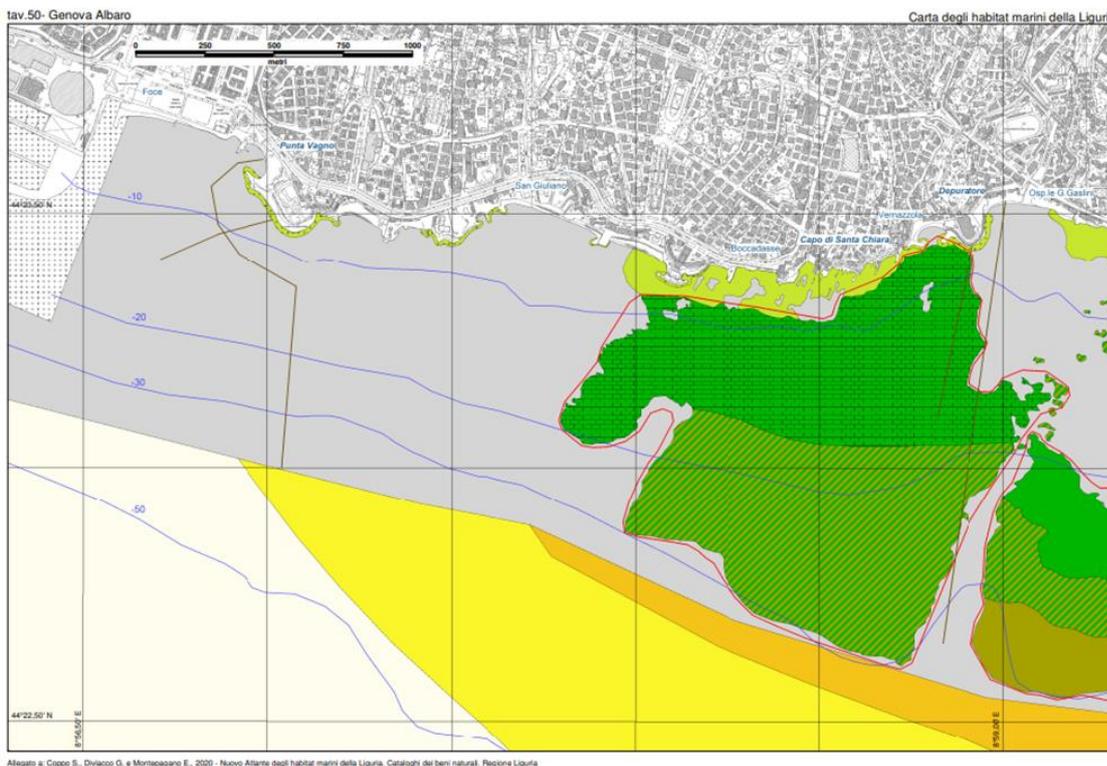


Figura 10: Tavola 50 praterie antistanti Genova Albaro (Nuovo Atlante degli habitat marini della Liguria, 2020)

Più recentemente Montefalcone et al; 2010 hanno riscontrato nelle aree di matte morta tra Punta Vagno e Boccadasse una colonizzazione da parte dell'alga tropicale invasiva *Caulerpa cylindracea*.

La prateria presente tra Quarto e Sori si estende attualmente per circa 11 km di lunghezza, con 100 ha a mosaico, 200 ha di posidonia su roccia e 130 ha di matte morta. Il posidonieto tra Genova Quarto e Sori occupa la fascia batimetrica tra i 5 m e i 35 m di profondità, con una distribuzione non omogenea con caratteristiche ripetitive: in corrispondenza delle foci dei piccoli corsi d'acqua e dei centri abitati il limite superiore, in genere molto vicino alla costa, arretra determinando lacune spesso occupate da formazioni di *Cymodocea nodosa*.

Tra Quarto e Quinto le praterie di *Posidonia oceanica* sono in buone condizioni di vitalità, ma portano segni di degrado (Bianchi, C.N et al; 1995), ma per entrambe le zone sono in atto controllo periodici effettuati anche da ARPAL.

Attualmente a Quinto tra i 4 e i 12 m di profondità, il fondale si presenta sabbioso, da questa quota fino ai -20 m, il posidonieto costituito da aiuole e chiazze, assume la struttura di una vera e propria prateria pur solcata da canali sabbiosi e da zone di erosione, dove la matte risulta esposta; tra i -18 e i -20 m di profondità si riscontra il massimo rigoglio in termini di ricoprimento e densità.

Tra i -18 m e i -25 m, inoltre, all'interno della prateria è diffuso l'affioramento di substrati rocciosi colonizzati da popolamenti ascrivibili al Coralligeno, elemento che eleva ulteriormente la complessità e la biodiversità ambientale. A partire dai -26 m la prateria presenta un rapido diradamento, fino al margine inferiore, sito tra -28 m e -30 m, di tipo regressivo; qui i fondali presentano una forte componente pelitica, che rappresenta sicuramente elemento di stress nei confronti della posidonia. Lungo il percorso della vecchia condotta lo stato della prateria peggiora sensibilmente, sia in termini di sviluppo batimetrico che di copertura: la formazione risulta frammentata e non omogenea e solo tra i -15 m e i -23 m la percentuale di ricoprimento diventa significativa. (Nuovo Atlante degli habitat marini della Liguria, 2020) (Fig.12).

Questa situazione non sembra dissimile da quella descritta negli anni Ottanta del secolo scorso da Balduzzi et al. (1984) i cui autori riferiscono che *P. oceanica* era distribuita tra i 12 e 30 m di profondità, intervallata con formazioni di coralligeno, sottocosta tra i 2 e i 15 m il fondale è in larga parte sabbioso, ma nel complesso si ritiene che la prateria di Quinto si presenti ancora simile a come la descriveva Issel più di sessant'anni prima, nonostante il limite superiore appaia arretrato, rispetto ai tempi di Issel, e nonostante i rizomi della stazione più vicina allo sbocco del collettore fognario di Quinto costruito nel 1987 si presentavano quasi defogliati (Bianchi, C.N et al; 1995) (Fig.11).

Sul tratto di prateria davanti a Nervi si hanno informazioni grazie agli studi di Giammarino e Maifredi (1970) che notarono nelle zone antistanti il porticciolo di Nervi una prateria rigogliosa su un fondale grossolano e ghiaioso a 20 m davanti alla Torre Gropallo di Nervi (Bianchi et al; 1995).

Le osservazioni di Balduzzi et al. (1984) hanno evidenziato qualche segno di regressione, quali resti di matte morta su un fondale di 12 m, ma nel complesso è più elevata che davanti a Quarto e Quinto, anche se rimane variabile e risulta più omogenea a profondità maggiori (Bianchi, C.N et al; 1995).

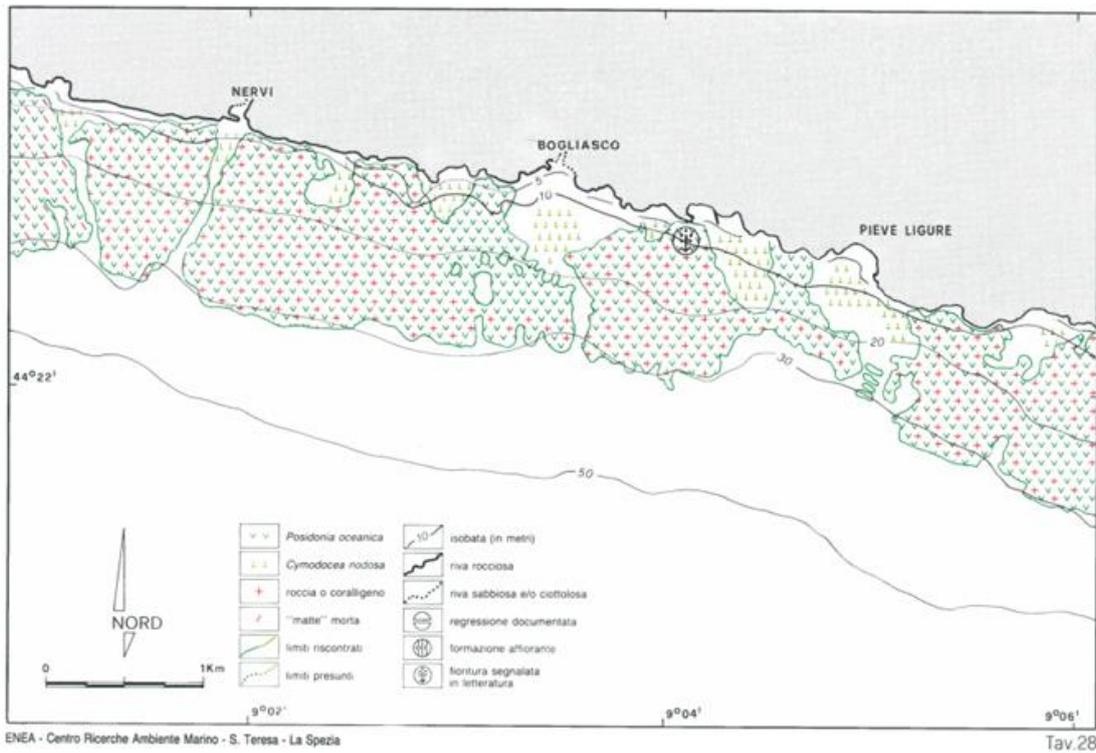


Figura 11: Praterie antistanti Nervi (Atlante delle fanerogame marine della Liguria 1995)

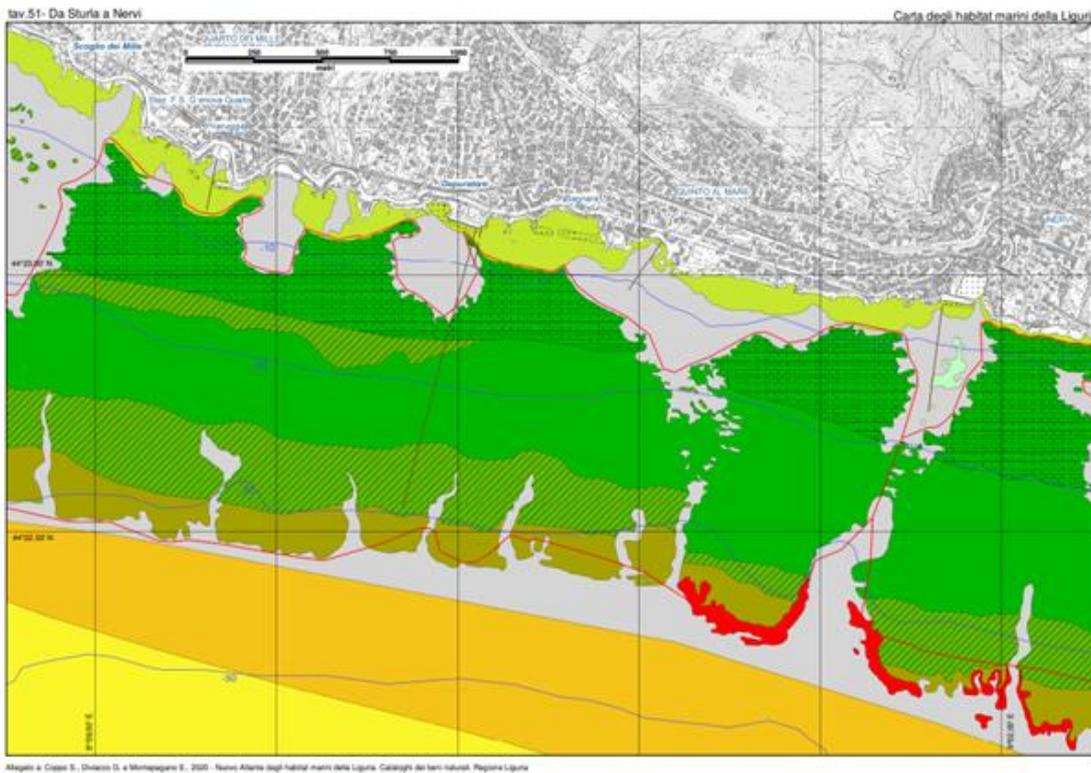


Figura 12: Tavola 50 praterie da Sturla a Nervi (Nuovo Atlante degli habitat marini della Liguria, 2020)

4.5 Attività di campo

La raccolta dei dati necessari al lavoro è stata svolta in diversi periodi compresi tra l'estate 2022 e l'inverno 2023 più precisamente a luglio, novembre, gennaio, febbraio e marzo, in condizioni metereologiche buone e sono state monitorate cinque praterie di *P.oceanica* presenti lungo 7 km di costa della città di Genova e localizzate a distanza crescente dal centro di Genova e dal suo porto, procedendo in direzione Est a partire dalla foce del Bisagno.

I rilevamenti sono stati effettuati tramite metodi di indagine visiva diretta, attraverso immersioni subacquee in ARA, utilizzando il codice di pratica dell'UNESCO come normativa di riferimento per l'immersione scientifica e adottando gli standard previsti dalla Comunità Europea, con transetti di profondità (Bianchi et al., 2003) grazie alla collaborazione con il diving *Sub Tribe Pro Secco* di Genova che ha fornito un mezzo nautico per lo studio.

Con l'utilizzo di un ricevitore GPS riferito all'ellissoide WGS 84 presente sulla barca di appoggio, si sono stabilite le stesse coordinate geografiche ed effettuati per transetti subacquei nelle stesse zone già studiate in precedenza, per ricreare una serie storica di dati.

Nelle giornate di attività di campo, sono state effettuate 25 immersioni scientifiche (Fig.16).



Figura 16: Gruppo di lavoro con la barca di appoggio presso SUB TRIBE by ASD Pro Secco Genova

4.5.1 Strategie di campionamento

È stato necessario definire la densità dei fasci fogliari delle praterie, essendo uno dei descrittori dello stato ecologico; quindi, sono stati campionati 18 fasci fogliari di *Posidonia oceanica* in ognuna delle quattro praterie investigate (ad eccezione della Foce), alla profondità di circa 15 m (secondo il Protocollo Nazionale di Monitoraggio ISPRA).

La strategia di rilevamento è stata gerarchizzata, ossia sono state definite tre aree di circa 400 m² ciascuna e distanziate di 10 m tra loro in ciascuna delle quali sono state realizzate tre repliche di conteggio di densità dei fasci fogliari e sei repliche per i prelievi ortotropi, per un totale di 9 misure di densità, al fine di ridurre la probabilità di includere errori di interpretazione dei dati dovuti alla variabilità naturale della prateria (Fig.17).

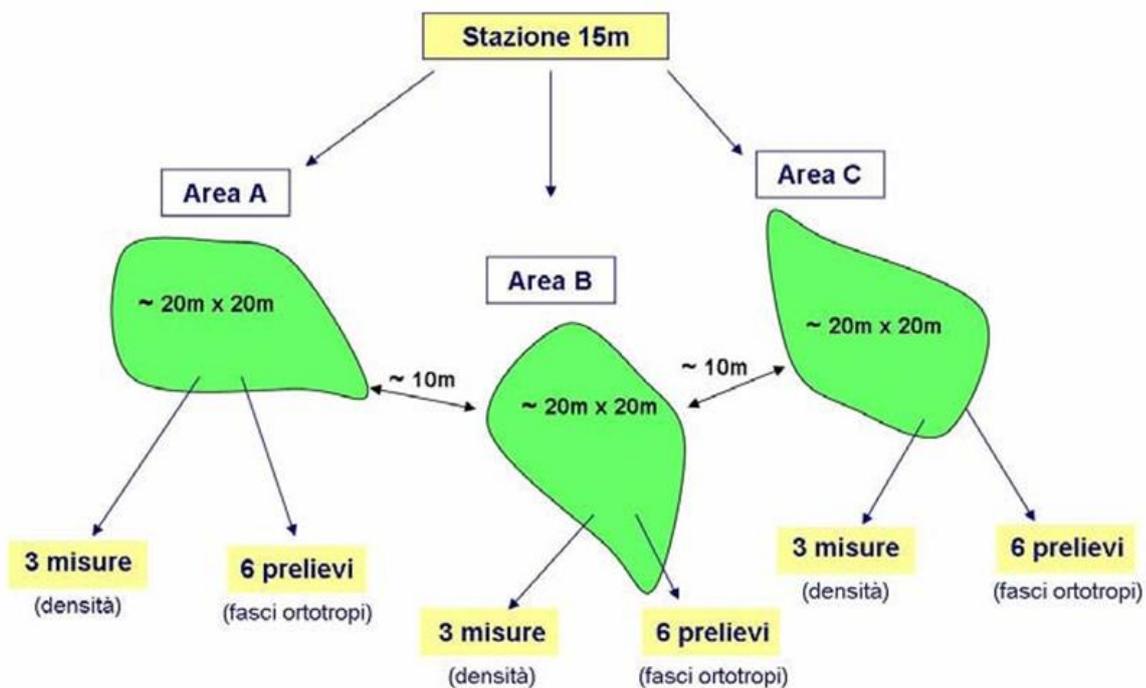


Figura 17: Strategia di campionamento gerarchica, richiesta per il monitoraggio di *P. oceanica* sulla stazione di 15 m

Dopo aver lasciato cadere in modo casuale sopra la prateria una cornice quadrata di superficie 20 cm × 20 cm, si è provveduto a contare i fasci fogliari presenti all'interno della cornice (Fig.17)

La densità assoluta è stata poi espressa come numero dei fasci presenti su ogni m² di fondo e i valori medi di densità assoluta per ciascuna stazione (nove valori) sono stati successivamente classificati secondo gli stadi previsti da UNEP/MAP-RAC/SPA (2011) (Tab.5).

Profondeur (en m)	High	Good	Moderate	Poor	Bad
1	> 1133	1133 to 930	930 to 727	727 to 524	< 524
2	> 1067	1067 to 863	863 to 659	659 to 456	< 456
3	> 1005	1005 to 808	808 to 612	612 to 415	< 415
4	> 947	947 to 757	757 to 567	567 to 377	< 377
5	> 892	892 to 709	709 to 526	526 to 343	< 343
6	> 841	841 to 665	665 to 489	489 to 312	< 312
7	> 792	792 to 623	623 to 454	454 to 284	< 284
8	> 746	746 to 584	584 to 421	421 to 259	< 259
9	> 703	703 to 547	547 to 391	391 to 235	< 235
10	> 662	662 to 513	513 to 364	364 to 214	< 214
11	> 624	624 to 481	481 to 338	338 to 195	< 195
12	> 588	588 to 451	451 to 314	314 to 177	< 177
13	> 554	554 to 423	423 to 292	292 to 161	< 161
14	> 522	522 to 397	397 to 272	272 to 147	< 147
15	> 492	492 to 372	372 to 253	253 to 134	< 134
16	> 463	463 to 349	349 to 236	236 to 122	< 122
17	> 436	436 to 328	328 to 219	219 to 111	< 111
18	> 411	411 to 308	308 to 204	204 to 101	< 101
19	> 387	387 to 289	289 to 190	190 to 92	< 92
20	> 365	365 to 271	271 to 177	177 to 83	< 83
21	> 344	344 to 255	255 to 165	165 to 76	< 76
22	> 324	324 to 239	239 to 154	154 to 69	< 69
23	> 305	305 to 224	224 to 144	144 to 63	< 63
24	> 288	288 to 211	211 to 134	134 to 57	< 57
25	> 271	271 to 198	198 to 125	125 to 52	< 52
26	> 255	255 to 186	186 to 117	117 to 47	< 47
27	> 240	240 to 175	175 to 109	109 to 43	< 43
28	> 227	227 to 164	164 to 102	102 to 39	< 39
29	> 213	213 to 154	154 to 95	95 to 36	< 36
30	> 201	201 to 145	145 to 89	89 to 32	< 32
31	> 189	189 to 136	136 to 83	83 to 30	< 30
32	> 179	179 to 128	128 to 77	77 to 27	< 27
33	> 168	168 to 120	120 to 72	72 to 24	< 24
34	> 158	158 to 113	113 to 68	68 to 22	< 22
35	> 149	149 to 106	106 to 63	< 63	
36	> 141	141 to 100	100 to 59	< 59	
37	> 133	133 to 94	94 to 55	< 55	
38	> 125	125 to 88	88 to 52	< 52	
39	> 118	118 to 83	83 to 48	< 48	
40	> 111	111 to 78	78 to 45	< 45	

Tabella 5: Classificazione delle praterie di *P.oceanica* in base alla densità dei fasci fogliari (UNEP MAP-RAC SPA 2011).

I fasci sono stati campionati seguendo anche in questo caso il protocollo di monitoraggio di ISPRA. Sono stati quindi selezionati e raccolti 6 fasci ortotropi in ognuna delle tre aree di campionamento (A, B, C), per un totale di 18 fasci di *P.oceanica* per le successive analisi in laboratorio.



Figura 17: conteggio densità dei fasci di *P.oceanica* mediante cornice subacquea in PVC

Per il calcolo degli indici ecologici di paesaggio (Indice di Conservazione, Indice di Sostituzione, Indice di Cambiamento di Fase; Montefalcone, 2009), è stata adottata la tecnica dei transetti orizzontali LIT (*Line Intercept Transect*) (Bianchi et al., 2004) dove le caratteristiche delle varie praterie sono state registrate lungo una cima metrata che viene stesa parallelamente alla linea di costa, nella stessa posizione dei transetti storici (Lasagna, 2004).

È stato utilizzato un disegno di campionamento gerarchico per valutare le differenze tra e all'interno delle praterie. In ciascuna delle quattro praterie (distanziati di circa 1,5 km l'uno dall'altro) sono state selezionate due stazioni (A e B), distanti circa 500 m l'uno dall'altro, a due differenti profondità ortogonali e fisse (10 m e 20 m), rispecchiando il piano di campionamento eseguito nel 2005 (Montefalcone et al., 2007) (Fig. 18).

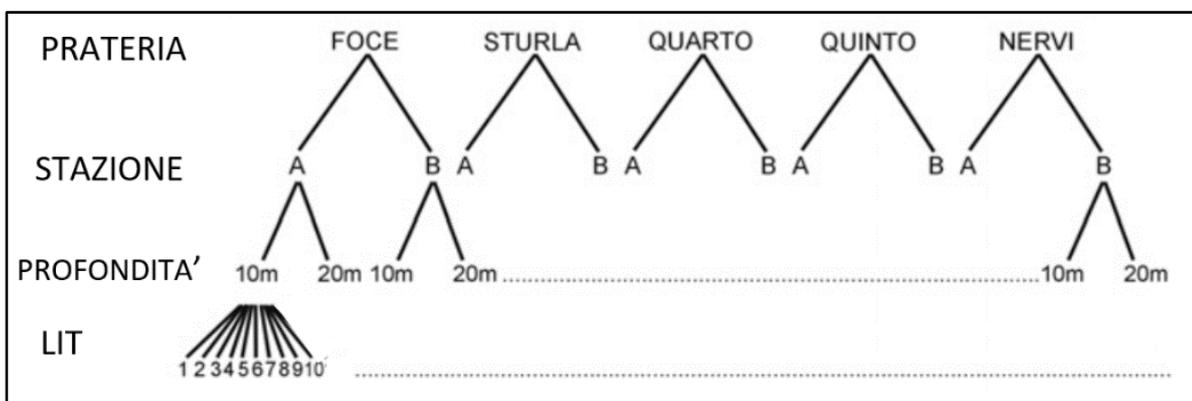


Figura 18: Piano di campionamento seguito per i LIT sia nel 2005 sia nel presente monitoraggio sulle cinque praterie studiate

In ogni stazione e profondità sono stati realizzati 10 LIT, ciascuno di 25 m di lunghezza, paralleli alla linea di costa e posizionati casualmente ad almeno 10 m l'una dall'altra, per un totale di 40 LIT per ogni prateria e 160 LIT per l'intera area di studio. La direzione dei transetti è stata mantenuta utilizzando una bussola subacquea.

La posizione geografica di ciascun sito è stata rilevata utilizzando un GPS con una precisione nominale di 10 m ed i dati sono stati annotati ogni 10 m su lavagnette apposite in PVC.

I dati rilevati, sempre in relazione alla distanza lungo la cima e la profondità, erano dati topografici, sedimentologici e bionomici. In particolare, venivano rilevati i seguenti descrittori della prateria (Pergent-Martini et al., 2005): profondità, tipologia del substrato di impianto (sabbia, roccia, matte), morfologia della prateria, presenza e percentuale (stimata visivamente) di fondo ricoperto da *P. oceanica* viva, da matte morta, da sabbia, da roccia, da strutture erosive (canali intermatte, gradini di matte), dall'altra fanerogama marina mediterranea *C. nodosa* e da eventuali specie algali

sostitutrici (come ad esempio *C. cylindracea* o *C. taxifolia*) (Buia et al., 2003; Montefalcone, 2009; Montefalcone et al., 2007) (Fig.19).



Figura 19: transetto subacqueo e annotazioni sulle tavolette in PVC

Ogni immersione subacquea è stata documentata con riprese video utilizzando una “action-cam” GOPRO al fine di ridurre al minimo la soggettività delle osservazioni, in modo da poter avere un quadro generale per la valutazione anche successiva alle immersioni.

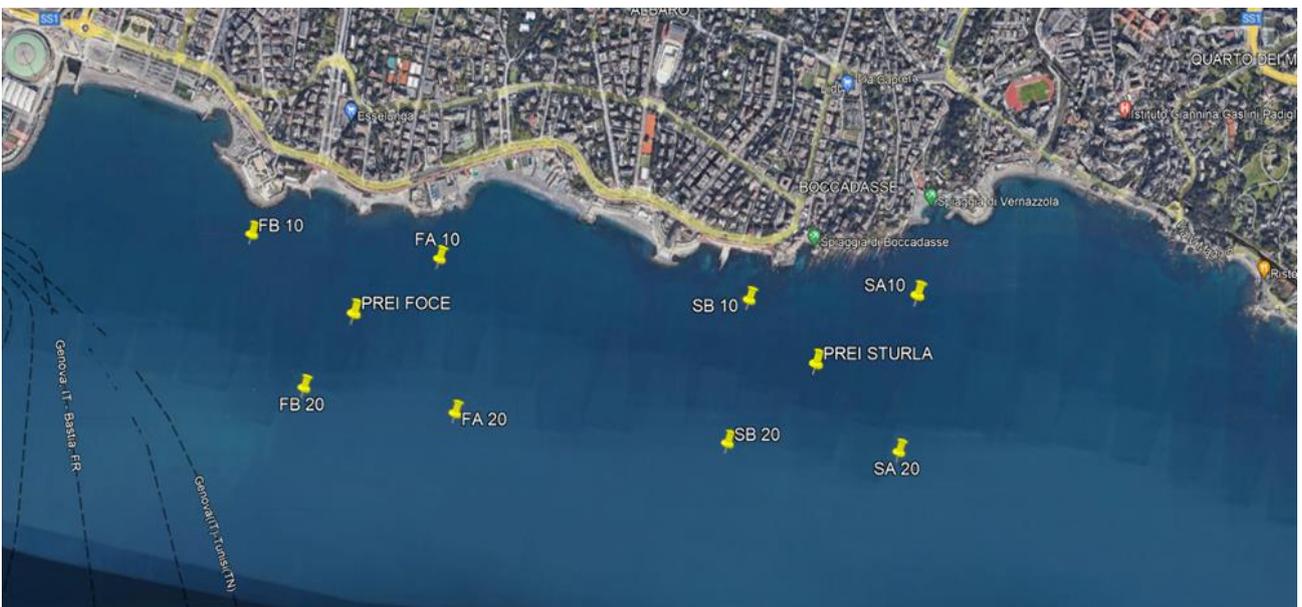


Figura 20: Localizzazione delle stazioni di campionamento nelle aree di Genova Foce e Genova Sturla



Figura 21: Localizzazione delle stazioni di campionamento nelle aree di Genova Quarto, Genova Quinto e Genova Nervi.

4.6 Attività di laboratorio

4.6.1 Analisi fenologica

I 72 fasci raccolti sono stati analizzati in laboratorio al fine di determinare una serie di parametri fenologici indicativi della morfometria della pianta. Ciascun fascio è stato scomposto nelle singole foglie, rispettando l'ordine distico d'inserzione. Le foglie sono state suddivise in classi di età (foglie adulte, foglie intermedie, foglie giovanili) (Pergent-Martini et al., 2005) e per ciascuna foglia sono state misurate:

- Larghezza
- Lunghezza totale
- Lunghezza della base per le sole foglie adulte
- Lunghezza del tessuto verde
- Lunghezza del tessuto bruno, se presente
- Lunghezza del tessuto bianco, se presente
- Stato dell'apice

Sulla base di questi dati è stato calcolato un parametro di sintesi della fenologia della pianta in ciascuna delle quattro stazioni, la superficie fogliare media per fascio ($\text{cm}^2 \text{ fascio}^{-1}$). I valori di superficie fogliare media per ciascuna stazione sono stati utilizzati per il calcolo dell'indice PREI (Fig. 22).



Figura 22: Analisi fenologica di laboratorio

Le misurazioni sulle foglie sono state effettuate con una riga graduata con precisione al mm; ogni osservazione è stata riportata nelle apposite tabelle per poter agevolare il lavoro in modo da compilare i dati utili allo studio (Fig.24).

ANALISI FENOLOGICA

STAZIONE: QUINTO DATA: 12-10-22 PROFONDITA': 15 FASCIO: 1

RILEVATORE: ELEONORA

(Lunghezza base) (Lunghezza lembo)

Foglia n°	A/G	Larghezza (cm)	Lunghezza (cm)	Base (cm)	Lembo (cm)	Verde (cm)	Bruno (cm)	Bianco (cm)	Apice (+/-) GRAZERS
1	A	0,9	80,3	4,6	45,7	70,4	5,3	/	+
2	I	1	97,1	/	/	/	5,3	/	+
3	I	0,9	98,2	/	/	/	3,2	/	+
4	I	1	36,8	/	/	/	/	/	+

Figura 24: Scheda di lavoro per l'analisi fenologica (Delfini D.).

Sulla base di questi dati, è stato calcolato un parametro di sintesi della fenologia della pianta in ciascuna delle quattro stazioni, la superficie fogliare media per fascio (cm² fascio⁻¹). I valori di superficie fogliare media per ciascuna stazione sono stati utilizzati per il calcolo dell'indice PREI.

4.6.2 Biomassa epifita

La determinazione della biomassa epifita è stata effettuata seguendo il protocollo di Kendrick & Lavery (2001). Per ogni fascio, gli epifiti presenti sono stati rimossi da entrambe le facce delle lamine fogliari utilizzando una lametta. Questa operazione è stata eseguita con molta attenzione al fine di rimuovere tutti gli organismi, senza rischiare di asportare anche porzioni di lamina fogliare. Gli epifiti ottenuti e le foglie "pulite" sono stati messi in stufa a una temperatura di 80°C per almeno 48 ore. Il peso degli epifiti è stato ricavato utilizzando una bilancia (Fig. 25) con una precisione di 10-4 g e la biomassa epifita è stata quindi espressa in milligrammi di peso secco per fascio (mgPS fascio-1).

Le misure di biomassa epifita e di biomassa fogliare sono state quindi utilizzate per il calcolo dell'indice PREI (Fig.25).

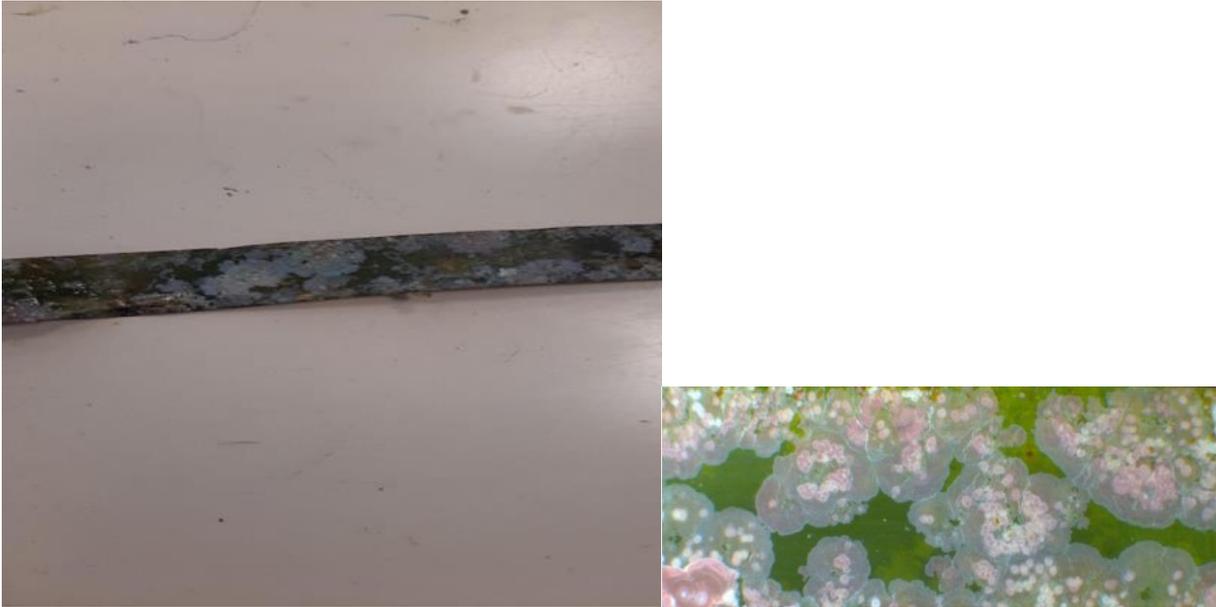


Figura 25: Epifiti sulla superficie fogliare di P. oceanica (destra e sinistra)



Figura 26: Analisi degli epifiti mediante la bilancia di precisione

4.3 Valutazione dello stato di salute delle praterie

Tra i descrittori che sono stati utilizzati per questo lavoro sono: il grado di ricoprimento e lo studio dei limiti, superiore e inferiore.

4.3.1 Ricoprimento

Il ricoprimento indica la percentuale di copertura del fondale da parte di *Posidonia oceanica* viva in rapporto alle zone non coperte (sabbia, matte morta, ecc). Nel caso di una prateria continua, sana, con un buon grado di vitalità, il ricoprimento può raggiungere valori intorno all'80-100%; solitamente questo si riscontra su substrati molli. Se invece le condizioni di sviluppo sono sfavorevoli il ricoprimento avrà valori molto bassi, raggiungendo anche lo 0% quando tutta la posidonia è scomparsa, lasciando il fondo ricoperto esclusivamente da matte morta. Il valore del ricoprimento della pianta tende a diminuire in corrispondenza del limite inferiore della prateria ed in concomitanza di aree sottoposte a regressione dovuta sia a cause naturali, come l'idrodinamismo e la sedimentazione, sia antropiche, come torbidità e distruzione meccanica.

4.3.2 Limiti superiori e inferiori

Ogni prateria è definita da due limiti: quello superiore, più vicino alla costa e quello inferiore che delimita la prateria in profondità e oscilla tra i 30-35 m giungendo eccezionalmente alla profondità di 40 m in caso di trasparenza delle acque. Pertanto, qualsiasi alterazione, come un intenso apporto di materiale in sospensione magari in prossimità di fiumi o scarichi urbani, fa risalire il limite verso la superficie.

La tipologia del limite inferiore è, dunque, uno dei parametri principali nella valutazione dello stato di salute della prateria, perché risponde velocemente ad aumenti di torbidità dell'acqua; per il limite inferiore è stata proposta la classificazione da Pergent et al. (1995) che prevede quattro diverse tipologie (Fig.14):

- a) *limite di tipo sfumato* è legato all'azione della luce caratterizzato da un ricoprimento che decresce in modo più o meno regolare, da maggiore del 65% a minore del 25% con ciuffi sparsi.
- b) *Limite netto* con un ricoprimento maggiore del 50% che si interrompe bruscamente, legato alla riduzione dell'intensità luminosa e dall'assenza di matte morta.
- c) *Limite eroso*, la cui prateria ha un ricoprimento maggiore del 50% che si interrompe con un gradino pronunciato di matte ed è dovuto alla presenza di correnti di fondo.

- d) *Limite regressivo* nel quale la prateria si interrompe per lasciare il posto alle matte morte, con qualche patch (chiazze) di *P. oceanica* ancora viva. Questo indica un aumento di torbidità dell'acqua.

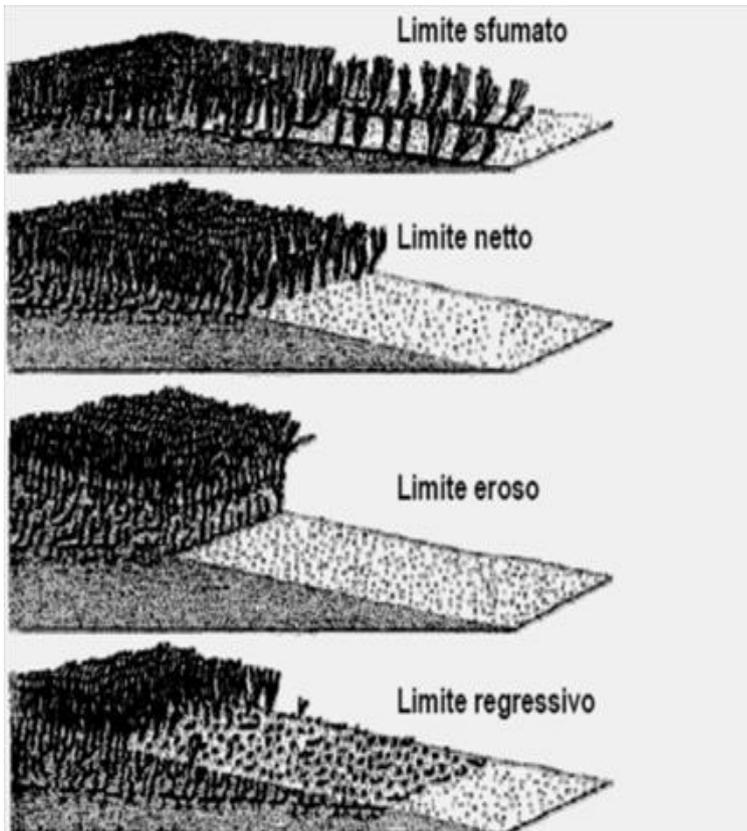


Figura 14: Tipologia di limiti inferiori

La valutazione dello stato di salute delle praterie di *P. oceanica* può procedere in diversi modi e su 4 diversi livelli di complessità biologica;

- *Livello di individuo*: con la fenologia e la biometria fogliare su base stagionale (Leoni et al., 2007);
- *Livello di popolazione*: tramite la classificazione della prateria in base alla morfologia e struttura della prateria (coperture, densità, presenza di matte morte o canali intermatte, profondità del limite inferiore, tipologia del limite inferiore) in modo da ottenere informazioni indirette sulle condizioni ambientali a cui la prateria è sottoposta (Pergent et al., 1995);
- *Livello di comunità*: attraverso l'analisi delle interazioni tra pianta, flora e fauna associata, in particolare la comunità epifita che essendo influenzata dalle alterazioni ambientali, fornisce informazioni rapide sui cambiamenti della qualità dell'acqua (Giovanetti et al., 2010);

- *Livello di paesaggio*: attraverso l'indice di Conservazione (CI), l'indice di sfasamento (PSI) e l'indice di sostituzione (SI) per valutare il cambiamento nel tempo della composizione della prateria (Moreno et al., 2001; Montefalcone., 2009).

I metodi utilizzati per lo studio possono essere distinti in “distruttivi” e “non distruttivi” (Buia et al., 2004). La maggior parte delle informazioni relative alla pianta (livello di individuo) così come la maggior parte delle informazioni riguardanti la fauna e la flora associate (livello comunità) vengono ottenute attraverso tecniche “distruttive” in quanto si ha la necessità di prelevare campioni con un numero di repliche rappresentativo per ciascuna stazione di campionamento. Al contrario le informazioni relative il livello di popolazione e alcune analisi a livello di comunità si possono ottenere mediante osservazioni in campo e per questo sono definite “non distruttive”.

4.4 Applicazione degli indici

Per valutare lo stato di salute delle praterie sono stati applicati tre indici ambientali: l'Indice di Conservazione (CI), l'Indice di Sostituzione (SI) e l'Indice di Cambiamento di Fase (PSI) (Montefalcone et al., 2007) per identificare i modelli di variabilità di questi indici e per identificare la scala alla quale mostrano variazioni significative, essendo un requisito fondamentale per il monitoraggio ambientale (Underwood, 1992; Benedetti-Cecchi et al., 2001).

4.4.1 *Indice di Conservazione*

L'Indice di Conservazione (CI) (Moreno et al., 2001) fornisce indicazioni riguardanti lo stato di degrado della prateria, misurando l'abbondanza relativa di matte morta rispetto a *Posidonia oceanica* viva, ed è espresso dalla formula:

$$CI = P/(P+M)$$

dove P è la percentuale di ricoprimento del fondo con *P. oceanica* viva e M è la percentuale di ricoprimento con matte morta. L'indice varia tra 0, massimo stato di alterazione o minimo stato di conservazione (100% matte morta) e 1, massimo stato di conservazione (100% *P. oceanica*). Il risultato ottenuto di CI è classificato secondo la scala assoluta proposta da Montefalcone (2009) (Tab. 4), che prevede cinque livelli di qualità ecologica per le praterie, in accordo con la Direttiva Quadro per le Acque (WFD) della Comunità Europea.

A seconda del valore calcolato, è possibile individuare lo stato ecologico che va da “elevato” a “cattivo”(Tab.1).

Tabella 1: Classi di qualità ecologica per l'indice di Conservazione (CI) (Montefalcone, 2009)

CI	STATO ECOLOGICO
≥ 0.9	ALTO
0.7-0.9	BUONO
0.5-0.7	MODERATO
0.3-0.5	SCARSO
<0.3	CATTIVO

4.4.2 Indice di Sostituzione

L'Indice di Sostituzione (SI) (Montefalcone, 2009) misura il grado di sostituzione di *P. oceanica* da parte delle specie sostitutrici, ed è espresso dalla formula:

$$SI = S/(P+S)$$

dove P è la percentuale di ricoprimento del fondo con *P. oceanica* mentre S è la percentuale di ricoprimento del fondo con i sostituti (e.g., *Cymodocea nodosa*, *Caulerpa cylindracea*, *Caulerpa taxifolia*). I valori di SI ottenuti per ciascuna stazione sono classificati secondo la scala assoluta proposta da Montefalcone (2009), che prevede cinque livelli di qualità ecologica (Tab.2).

Tabella 2: Classi di qualità ecologica per l'Indice di Sostituzione (SI) (Montefalcone,2009)

SI	STATO ECOLOGICO
< 0.1	ALTO
0.1-0.25	BUONO
0.25-0.4	MODERATO
0.4-0.7	SCARSO
≥ 0.7	CATTIVO

4.4.3 L'indice di Cambiamento di Fase

L'Indice di Cambiamento di Fase (*Phase Shift Index*, PSI) (Montefalcone, 2009) misura l'intensità del cambiamento di fase (*phase-shift*) in atto all'interno della prateria (Montefalcone et al., 2007a), ed è espresso dalla formula:

$$PSI = \{[D/(P+D) \times 1] + [Cn/(P+Cn) \times 2] + [Cp/(P+Cp) \times 3] + [Ct/(P+Ct) \times 4] + [Cc/(P+Cc) \times 5]\}/6$$

dove D è la percentuale di ricoprimento del fondo con matte morta, P è la percentuale di ricoprimento del fondo con *P. oceanica* viva, Cn con *C. nodosa*, Cp con *C. prolifera*, Ct con *C. taxifolia* e Cc con *C. cylindracea*. I valori di PSI sono stati classificati secondo la scala assoluta proposta da Montefalcone (2009), che prevede 5 livelli di qualità ecologica (Tab. 3):

Tabella 3: Classi di qualità ecologica per l'indice di Cambiamento di Fase (Montefalcone, 2009)

PSI	STATO ECOLOGICO
< 0.08	ALTO
0.08-0.16	BUONO
0.16-0.25	MODERATO
0.25-0.5	SCARSO
≥ 0.5	CATTIVO

4.4.4 Indice PREI

Infine, è stato applicato l'indice PREI (*Posidonia Rapid Easy Index*) (Gobert et al., 2009) che viene utilizzato dalle agenzie regionali dell'ambiente (Protocollo ISPRA). Si tratta di un indice che integra le informazioni di diversi descrittori differenti e comprende quindi più livelli ecologici:

- Densità dei fasci fogliari (n° fasci m⁻²);
- Superficie fogliare per fascio (cm² fascio⁻¹);
- Biomassa degli epifiti (mg_{PS} fascio⁻¹);
- Biomassa fogliare (mg_{PS} fascio⁻¹);
- Profondità (m) e tipologia del limite inferiore (stabile, progressivo, regressivo)

A seconda dei risultati ottenuti per ciascun indice, in maniera analoga agli indici e descrittori sopra elencati, i dati sono stati messi a confronto con i dati delle condizioni di riferimento relativi a una prateria ideale che presenta uno stato inalterato.

Si è perciò calcolato il Rapporto di Qualità Ecologica (Gobert et al., 2009; Montefalcone., 2009; UNEP/ MAP-RAC/SPA 2011-2015). L'EQR è il rapporto tra la qualità ecologica in una data area e le sue condizioni di riferimento e ha come risultato un valore compreso tra 0 e 1, dove 1 rappresenta la condizione ecologica ottimale e 0 la condizione ecologica peggiore (Fig. 15).

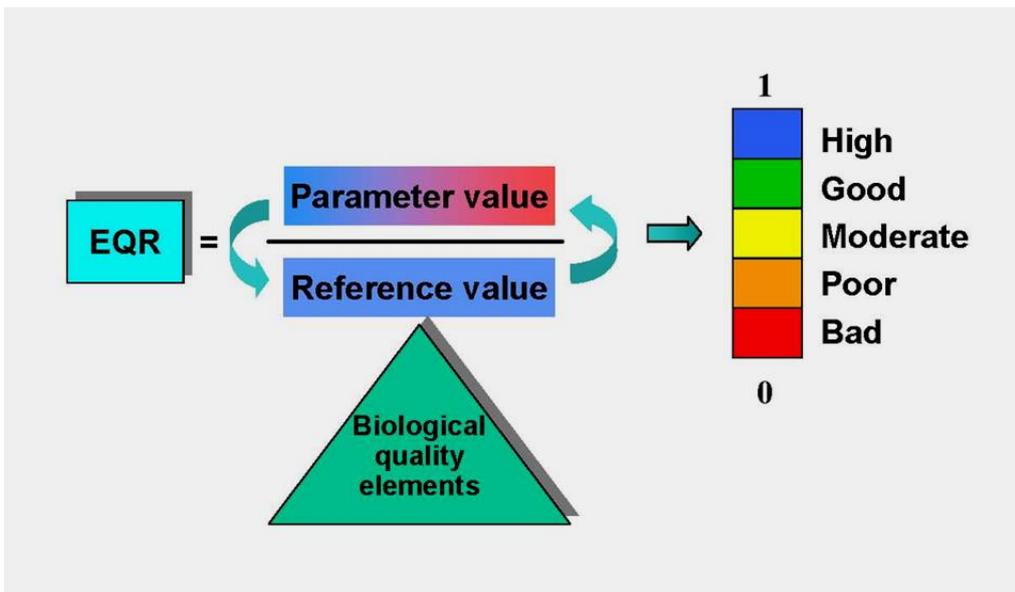


Figura 15: Calcolo dell'EQR e possibili classi di qualità ecologica

L'equazione da applicare per il calcolo del Rapporto di Qualità Ecologica (EQR) con l'indice PREI è la seguente:

$$EQR = \frac{EQR' + 0,11}{1 + 0,10}$$

dove:

$$EQR' = \frac{N \text{ densità} + N \text{ superficie fogliare fascio} + N \text{ rapporto tra biomasse} + N \text{ limite inferiore}}{3,5}$$

$$N \text{ densità} = \frac{\text{valore misurato} - 0}{\text{valore di riferimento} - 0}$$

$$N \text{ superficie fogliare fascio} = \frac{\text{valore misurato} - 0}{\text{valore di riferimento} - 0}$$

$$N \text{ rapporto tra biomasse} = \left(1 - \left(\frac{\text{biomassa epifiti}}{\text{biomassa fogliare}} \right) \right) \times 0,5$$

$$N \text{ limite inferiore} = \frac{N' - 17}{\text{valore di riferimento} - 17}$$

Nell'equazione "N densità" compare il valore 0, che è considerato il valore di densità indicativo di pessime condizioni; allo stesso modo nell'equazione "N superficie fogliare fascio", il valore 0 è considerato il valore del descrittore indicativo di pessime condizioni. Nell'equazione "N limite inferiore" il valore 17 è riferito alla profondità minima (in m) del limite inferiore indicativa di pessime condizioni; inoltre, N' nella stessa equazione è uguale a:

$$N' = \text{profondità limite inferiore misurata} + \lambda$$

Il valore λ si determina in base alla tipologia del limite inferiore, in particolare $\lambda = 0$ se il limite inferiore è stabile, $\lambda = 3$ se il limite inferiore è progressivo, $\lambda = -3$ se il limite inferiore è regressivo.

Il valore dell'indice PREI varia tra 0 e 1; il risultato finale fornisce direttamente l'EQR e va interpretato in base alla classificazione proposta da Gobert et al. (2009) (Tab.4).

Tabella 4: Classi di EQR per la classificazione dell'indice PREI (Gobert et al., 2009)

EQR	STATO ECOLOGICO
1 - 0,775	ALTO
0,774 - 0,550	BUONO
0,549 - 0,325	MODERATO
0,324 - 0,100	SCARSO
< 0,100	CATTIVO

5. RISULTATI

5.1 Caratterizzazione delle praterie

5.1.2 Le praterie antistanti Genova Foce

Attualmente la zona della Foce, che si trova adiacente l'imboccatura del porto, è caratterizzata da un fondale sabbioso dove solo occasionalmente sono stati rilevati affioramenti rocciosi e aree di matte morta ormai sepolte dal sedimento. Le folte praterie del 1957 che descriveva Issel, sono ad oggi scomparse come già anticipato in precedenza, a causa dell'elevato disturbo antropico e per la vicinanza alla Foce del torrente Bisagno.

La zona della Foce, quindi, non è caratterizzata dalla presenza di formazioni attuali di fanerogame marine; non a caso in questa area non si sono potuti effettuare i campionamenti dei fasci fogliari di *P. oceanica*, in quanto si è osservata solo matte morta e rizomi morti, ricoperti da fango e sabbia intorno alla profondità di 20-25 m, grazie ad immersioni subacquee si è potuto caratterizzare il fondale attraverso le seguenti coordinate geografiche:

- FOCE A 10 FA10 44° 23' 23" 08° 57' 30"
- FOCE A 20 FA20 44° 23' 10" 08° 57' 40"
- FOCE B 10 FB10 44° 23' 24" 08° 57' 14"
- FOCE B 20 FB20 44° 23' 12" 08° 57' 17"



Figure 26: Matte di *P. oceanica* e intrecci di rizomi morti sul fondale sabbioso di Genova Foce

5.1.3 Praterie antistanti Genova Sturla

Attualmente il fondale presente nell'area di Genova Sturla tra i 10 m e i 20 m di profondità è caratterizzato da formazioni tipiche del pre-coralligeno e da *P. oceanica* su sabbia. La prateria di *P. oceanica* si presenta piuttosto frammentata e discontinua, costituita da un insieme di patches. Non ci sono grandi differenze significative, in quanto in passato si erano riscontrati solo fasci isolati a 10 metri di profondità (Balduzzi et al; 1984)

Fino ai 15 m, *P. oceanica* cresce sopra la roccia, mentre in profondità si sviluppa prevalentemente su sabbia con ricoprimenti superiori al 75%. Sebbene sia piuttosto discontinua, il fondale ha una elevata biodiversità e fauna associata, infatti sono state osservate colonie di *Cladocora cespitosa*, polpi, aragoste e altri animali (Fig.27).

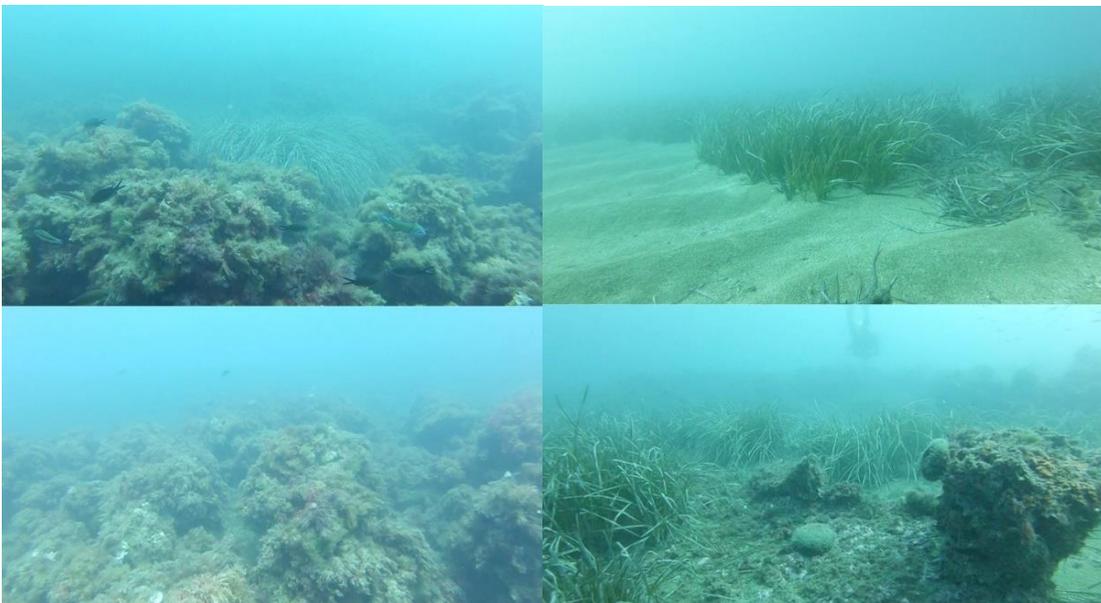


Figura 27: Fondale presente nell'area di Genova Sturla tra i 15 m e 20 m di profondità con formazioni di precoralligeno e *P. oceanica* su sabbia

Di seguito sono riportate le coordinate:

- STURLA A 10 SA10 44° 23' 17" 08° 58' 45"
- STURLA A 20 SA20 44° 23' 04" 08° 58' 44"
- STURLA B 10 SB10 44° 23' 16" 08° 58' 19"
- STURLA B 20 SB20 44° 23' 59" 08° 58' 09"

Facendo un confronto con i dati storici non si sono riscontrate differenze significative per la caratterizzazione.

5.1.4 Prateria di *P. oceanica* antistante Genova Quarto

La prateria di *P. oceanica* di Quarto si sviluppa a partire dalla profondità di circa 10 m, prevalentemente su roccia. Alla profondità di 15 m la prateria raggiunge il suo massimo sviluppo con ricoprimenti anche del 100% crescendo principalmente su sabbia. Solo occasionalmente si osservano affioramenti rocciosi di piccole dimensioni. Nel tratto più profondo indagato, intorno ai 20 m di profondità, *P. oceanica* cresce sia su sabbia sia su roccia. La prateria mantiene un ricoprimento medio elevato (circa 70%) ma viene talvolta interrotta da grandi formazioni rocciose di precoralligeno.

Anche questo tratto di fondale è risultato caratterizzato da un'elevata biodiversità, in particolare sono state osservate numerose colonie di *Cladocora caespitosa*, polpi, e scorfani (Fig.28).

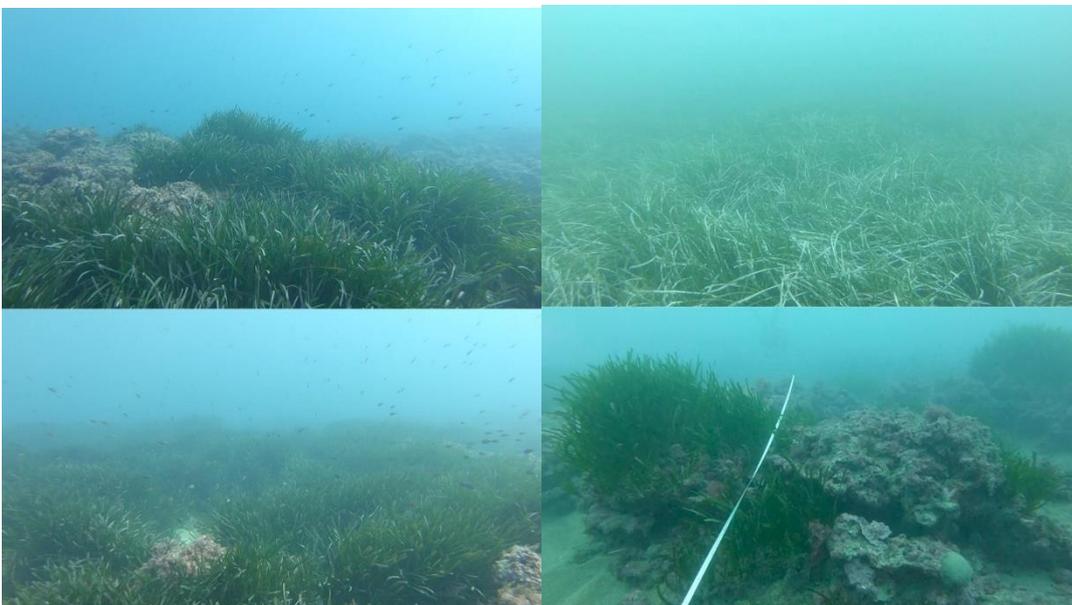


Figura 28: Ricoprimento di *P. oceanica* a 10 m di profondità, massimo sviluppo a 15 metri e a 20 metri *P. oceanica* cresce su roccia

Di seguito sono riportate le seguenti coordinate:

- QUARTO A 10 IVA10 44° 22' 59" 09° 00' 42"
- QUARTO A 20 IVA20 44° 23' 47" 09° 00' 37"
- QUARTO B 10 IVB10 44° 23' 02" 09° 00' 23"
- QUARTO B 20 IVB20 44° 23' 48" 09° 00' 18"

5.1.5 Prateria di *Posidonia oceanica* di Genova Quinto

Nell'area di Quinto il limite superiore della prateria di *P. oceanica* si sviluppa a partire da profondità superiori rispetto alle aree circostanti. A 10 m, infatti, il fondale è prevalentemente caratterizzato da sabbia grossolana. Verso costa si incontrano alcune formazioni rocciose dove sono presenti solo poche chiazze isolate di *P. oceanica* di piccole dimensioni anziché formare delle praterie continue come già descriveva Issel nel 1918 (Balduzzi et al 1984). In quest'area, tuttavia, sono state osservate diverse colonie di *Cladocora caespitosa* e un polpo.

Verso il largo, solo alla profondità di 15 m si incontra una formazione a mosaico di *P. oceanica* che si sviluppa principalmente su sabbia e matte con ricoprimenti che non superano il 70%. A 20 m inizia la vera prateria di *P. oceanica* che si sviluppa principalmente su sabbia e matte con ricoprimenti localmente anche molto elevati (100%). In alcuni punti la matte risulta esposta e forma un gradino che può raggiungere 1 m di altezza e in corrispondenza del quale è possibile vedere *P. oceanica* crescere per stoloni colonizzando nuove aree di fondale. L'area di prateria più orientale presenta un'elevata biodiversità ed è caratterizzata dalla presenza di piccole formazioni "a panettone" di precoralligeno che crescono in mezzo a *P. oceanica*. A 20 m sono stati osservati due esemplari di *Alicia mirabilis* sulle foglie di *P. oceanica* e anche in questa prateria è stata osservata un'elevata densità di infiorescenze (Fig.29) (Fig.30).



Figura 29: Polpo e colonie di *Cladocora caespitosa* alla profondità di 10 m. Prateria continua e compatta con ricoprimenti del 100%. Affioramenti rocciosi tra la prateria e gradino di matte e ricolonizzazione del fondale da parte di *P. oceanica*



Figura 30: Prateria su sabbia intervallata da "panettoni" di precoralligeno alla profondità di 20 m e *P. oceanica* che ricolonizza le aree sabbiose

Di seguito sono riportate le coordinate geografiche:

- QUINTO A 10 VA10 44° 22' 56" 09° 01' 18"
- QUINTO A 20 VA20 44° 22' 43" 09° 01' 13"
- QUINTO B 10 VB10 44° 22' 58" 09° 01' 53"
- QUINTO B 20 VB20 44° 22' 49" 09° 01' 52"

5.1.6 Prateria di *Posidonia oceanica* di Genova Nervi

Nell'area di Nervi, a 10 m di profondità, il fondale è caratterizzato principalmente dalla presenza di roccia e sabbia e solo occasionalmente si incontrano chiazze di *P. oceanica*, anziché formare praterie continue come già scriveva *Issel* nel 1918 (Balduzzi et al; 1984). Un esemplare del bivalve *Pinna rudis* è stato osservato in prossimità del fondale roccioso nella stazione superficiale. Nella stazione più orientale è stata rilevata la presenza di *Cymodocea nodosa* su sabbia con ricoprimenti inferiori al 10%. La prateria vera e propria di *P. oceanica* inizia più al largo: a 15 m raggiunge il massimo sviluppo con ricoprimenti del 100% su substrato sabbioso (Fig.31).

Nonostante in questo tratto del fondale la prateria si presenti continua e compatta, è possibile incontrare piccole radure sabbiose. A 20 m di profondità *P. oceanica* mantiene ricoprimenti abbastanza elevati (70%) ma è spesso intervallata da radure, canali sabbiosi e formazioni di precoralligeno di grandi dimensioni (Fig.32).



Figura 31: *Cymodocea nodosa* su sabbia e un esemplare di *Pinna rudis* sul fondale roccioso nelle stazioni a 10 m. Massimo ricoprimento della prateria di *P.oceanica* a 15 m e piccole radure sabbiose interne alla prateria.

Di seguito sono riportate le coordinate geografiche:

- NERVI A 10 NA10 44° 22' 32" 09° 01' 26"
- NERVI A 20 NA20 44° 22' 32" 09° 02' 27"
- NERVI B 10 NB10 44° 22' 39" 09° 01' 57"
- NERVI B 20 NB20 44° 22' 53" 09° 01' 58"



Figura 32: Prateria di *P.oceanica* su sabbia a 20 m intervallata da radure sabbiose e da formazioni rocciose tipiche del precoralligeno

5.2 Analisi dei dati

I dati ottenuti sono stati digitalizzati su un foglio Excel, annotando la stazione, la profondità del campionamento, i metri lineari, la categoria (tra *P. oceanica*, Matte morta, roccia e sabbia), la lunghezza (espressa come differenza tra la distanza lungo la cima e la percentuale del tematismo), la percentuale [espressa come $(\text{lunghezza} / 25) \times 100$] e l'eventuale presenza di *sostituti* (Fig.33).

TRANSETTO	NOTE	SIGLA	Prof.	m lineari	categoria	lunghezza	%	%p	%s	%r	%mm	%cn	%cr	tot	
1		SA20-1	17,7	0	P	1,2	4,8	59,6	40,4					100	
				1,2	S	7,1	28,4								
				8,3	P	2,2	8,8								
				10,5	S	1,5	6								
				12	P	9	36								
				21	S	1,5	6								
				22,5	P	2,5	10								
			25												
2		SA20-2	17,8	0	S	5	20	37,6	60	2,4					100
				5	P	5	20								
				10	S	10	40								
				20	P	2	8								
				22	R	0,6	2,4								
				22,6	P	2,4	9,6								
							25								

Figura 33: Compilazione dei dati su fogli Excel

Per ogni transetto si è calcolato l'indice di conservazione (CI), l'indice di sostituzione (SI) e l'indice di Cambiamento di Fase (PSI) con le relative deviazioni standard ed errori standard, al fine di effettuare un confronto tra le profondità e le varie stazioni mediante la creazione di istogrammi.

Infine, si è calcolato l'indice PREI per le varie stazioni.

5.2.1 Analisi PREI (*Posidonia oceanica* Rapid and Easy Index)

5.2.2 Genova Foce

Nell'area della Foce del torrente Bisagno non è stato possibile la raccolta dei campioni per il calcolo dell'indice PREI in quanto in questa zona, come descritto nel paragrafo relativo alla caratterizzazione delle aree, non esiste più una prateria vitale e il fondale è caratterizzato esclusivamente da sabbia e da matte morta.

5.2.3 Indice PREI per la prateria di Genova Sturla

Il valore di EQR calcolato per l'indice PREI definisce la prateria di Sturla, che risulta la più prossima al centro e al porto della città di Genova, in un buono stato ecologico, considerando i valori di riferimento (Tab.6).

Tabella 6: Calcolo dell'indice PREI per la prateria di Genova Sturla considerando la classificazione della qualità ecologica sensu Water Framework Directive (Gobert et al., 2009)

PARAMETRI	VALORE	PREI RC BIPO			
		N	EQR'	EQR	class EQR
Densità (fascio/m2)	533	0,89	0,695	0,732	BUONO
Superficie fogliare (cm2/fascio)	266,86	0,86			
Prof limite inf (m)	24	0,35			
Biomassa epifiti (E) (mg/fascio)	367,12	0,34			
Biomassa Fogliare (L) (mg/fascio)	1124				
Tipo di limite (λ) (*)	-3				

5.2.4 Analisi delle praterie di Quarto

Il valore di EQR calcolati per la stazione di Quarto, definisce un elevato stato di salute considerando i valori di riferimento; quindi, risulta in un ottimo stato di salute (Tab.7).

Tabella 7: Calcolo dell'indice PREI per la prateria di Genova Quarto considerando la classificazione della qualità ecologica sensu Water Framework Directive (Gobert et al., 2009)

PARAMETRI	VALORE	PREI RC BIPO			
		N	EQR'	EQR	class EQR
Densità (fascio/m2)	575	0,96	0,852	0,874	ALTO
Superficie fogliare (cm2/fascio)	273,06	0,88			
Prof limite inf (m)	30	0,69			
Biomassa epifiti (E) (mg/fascio)	99,19	0,45			
Biomassa Fogliare (L) (mg/fascio)	959				
Tipo di limite (λ) (*)	0				

5.2.5 Analisi delle praterie di Quinto

Per le stazioni di Quinto il valore dell'indice PREI ha dato come risultato 0,824 che corrisponde, come nel caso delle praterie di Quarto, in un ottimo stato di salute (Tab.8).

Tabella 8: Calcolo dell'indice PREI per la prateria di Genova Quinto considerando la classificazione di qualità ecologica sensu Water Framework Directive (Gobert et al.,2009)

PARAMETRI	VALORE	PREI RC BIPO			
		N	EQR'	EQR	class EQR
Densità (fascio/m2)	575	0,9599	0,7969	0,824	ALTO
Superficie fogliare (cm2/fascio)	273,06	0,8808			
Prof limite inf (m)	25	0,5			
Biomassa epifiti (E) (mg/fascio)	99,19	0,4483			
Biomassa Fogliare (L) (mg/fascio)	959				
Tipo di limite (λ) (*)	0				

5.2.6 Analisi delle praterie di Nervi

Per le stazioni di Nervi, il valore dell'indice PREI ha dato come risultato 0,817 che corrisponde ugualmente alla classe "elevato", quindi anch'esso in un ottimo stato di salute, come nei casi precedenti (Tab.9).

Tabella 9: Calcolo dell'indice PREI per la prateria di Genova Nervi considerando la classificazione della qualità ecologica sensu Water Framework Directive (Gobert et al., 2009)

PARAMETRI	VALORE	PREI RC BIPO			
		N	EQR'	EQR	class EQR
Densità (fascio/m2)	488,89	0,8162	0,789	0,817	ALTO
Superficie fogliare (cm2/fascio)	246,15	0,794			
Prof limite inf (m)	32	0,7692			
Biomassa epifiti (E) (mg/fascio)	243,94	0,3819			
Biomassa Fogliare (L) (mg/fascio)	1033				
Tipo di limite (λ) (*)	0				

Una tendenza positiva dello stato di vitalità del posidonieto in direzione Est-Ovest era già stata segnalata da Diviacco & Coppo (2006). Non sembra, tuttavia, esistere un gradiente nei valori dell'indice PREI, in quanto il valore più alto dell'indice è stato registrato nella prateria di Genova Quarto (PREI = 0,874), ovvero quella più prossima alla prateria di Genova Sturla, seguita da Genova Quinto (PREI = 0,830) e da Genova Nervi (PREI = 0,811). Le differenze tra le tre praterie che mostrano un elevato stato ecologico sembrano essere trascurabili. L'elevato valore di EQR della prateria di Genova Quarto sembrerebbe dipendere dalla profondità del suo limite inferiore e dall'elevata

densità fogliare riscontrata in questa zona. I fondali compresi tra Genova Boccadasse e Genova Nervi rappresentano parte di quello che costituisce il più ampio areale di sviluppo di *Posidonia oceanica* nella Liguria di levante. La morfologia della costa e i limitati apporti fluviali in questo tratto costiero hanno, infatti, reso possibile lo sviluppo del più esteso posidonieto della regione (Coppo & Diviacco, 2006), che nonostante il contesto urbano in cui è inserito sembra mantenere elevate funzionalità per l'ambiente costiero.

5.2.7 Classificazione delle praterie tramite la densità fogliare

La densità fogliare media è risultata elevata in tutti le praterie indagate, con valori quasi sempre superiori ai 500 fasci al m². Il confronto con la classificazione di riferimento (UNP/MAP-RAC/SPA, 2011) ha restituito, come per l'indice multi-parametrico PREI, una qualità ecologica elevata, a eccezione della prateria di Genova Nervi, dove la qualità ecologica è risultata essere buona (Fig. 34). Anche in questo caso la differenza di classe può essere considerata trascurabile, in quanto il valore di densità fogliare rilevato a Nervi (489 fasci m⁻²) si trova al limite della soglia di classe (i.e., 492 fasci m⁻²) definita da UNEP/MAP-RAC/SPA (2011) per passare allo stato ecologico successivo (Tab. 2).

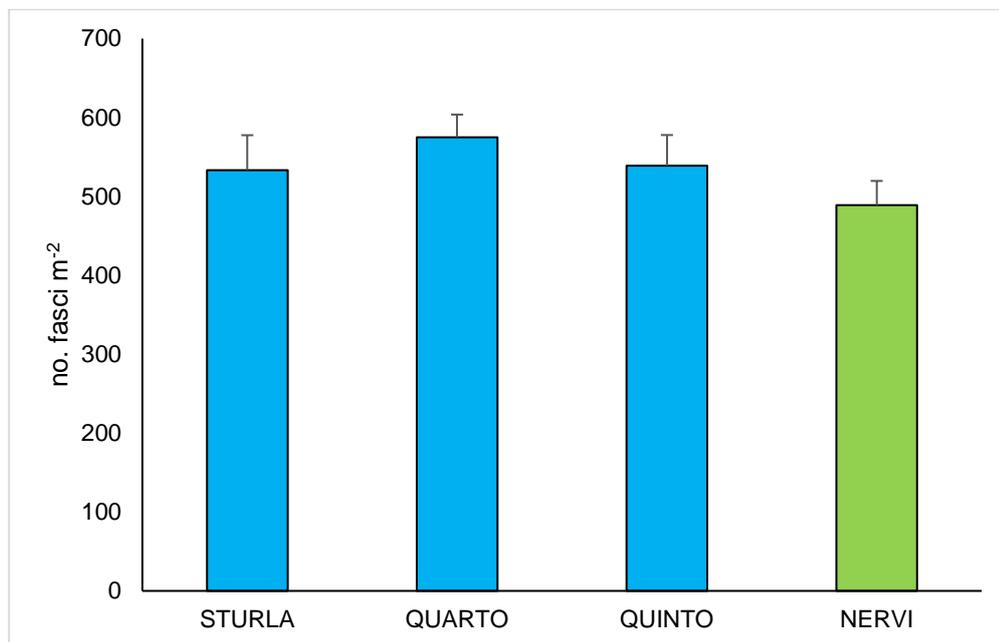


Figura 34: Andamento della densità fogliare media nelle quattro praterie alla profondità di 15 m. Il colore degli istogrammi è relativo alla scala cromatica di classificazione della qualità ecologica (UNEP/MAP-RAC/SPA,2011), dove il blu corrisponde a un'elevata qualità e il verde a una buona qualità

5.2.8 Indice di Conservazione (CI) nelle varie praterie

Ad eccezione dell'area di Genova Foce, nella maggior parte delle stazioni, l'indice di Conservazione restituisce una qualità ecologica elevata (Fig. 35, Tab. 10).

L'andamento del CI corrisponde a quello riscontrato per il PREI.

- *Genova Foce*

Nell'area di Genova Foce i valori dell'indice di Conservazione (CI) sono risultati pari a zero in tutte le praterie indagate in quanto tutte le stazioni sono risultate in un cattivo stato ecologico a causa della sola presenza di matte morta nell'area.

- *Genova Sturla*

La prateria di Genova Sturla è quella che ha mostrato in generale un minor stato di conservazione dove 2 stazioni su 4 sono risultate in uno stato ecologico sufficiente. Il generale minore stato ecologico della prateria di Genova Sturla e la variabilità tra le diverse stazioni sembra essere legata alla presenza di pressioni antropiche che agiscono localmente sulla prateria, come ad esempio l'ancoraggio di piccole imbarcazioni, vista la vicinanza con i borghi di Boccadasse e Vernazzola.

- *Genova Quarto*

La prateria di Genova Quarto risulta quella con la minore variabilità e i valori più elevati di CI, compresi tra 0,94 e 1 (elevato stato ecologico).

- *Genova Quinto*

La prateria di Genova Quinto riporta un valore di qualità ecologica buono in una delle stazioni profonde (A20), mentre le restanti stazioni mostrano una qualità ecologica elevata. Nelle praterie di Quinto, la differenza di qualità riscontrate nelle stazioni profonde potrebbe essere verosimilmente legata alla variabilità naturale delle aree e a fattori ambientali locali, come la presenza di correnti di fondo.

- *Genova Nervi*

La prateria di Genova Nervi mostra valori di CI pari a 1 (elevato stato ecologico), in 3 delle 4 stazioni indagate e solo in una delle stazioni profonde (B20) la qualità ecologica è risultata buona. Nelle praterie di Nervi, la differenza di qualità riscontrate nelle stazioni profonde potrebbe essere

verosimilmente legata alla variabilità naturale delle aree e a fattori ambientali locali, come la presenza di correnti di fondo, in maniera analoga a quelle di Quinto.

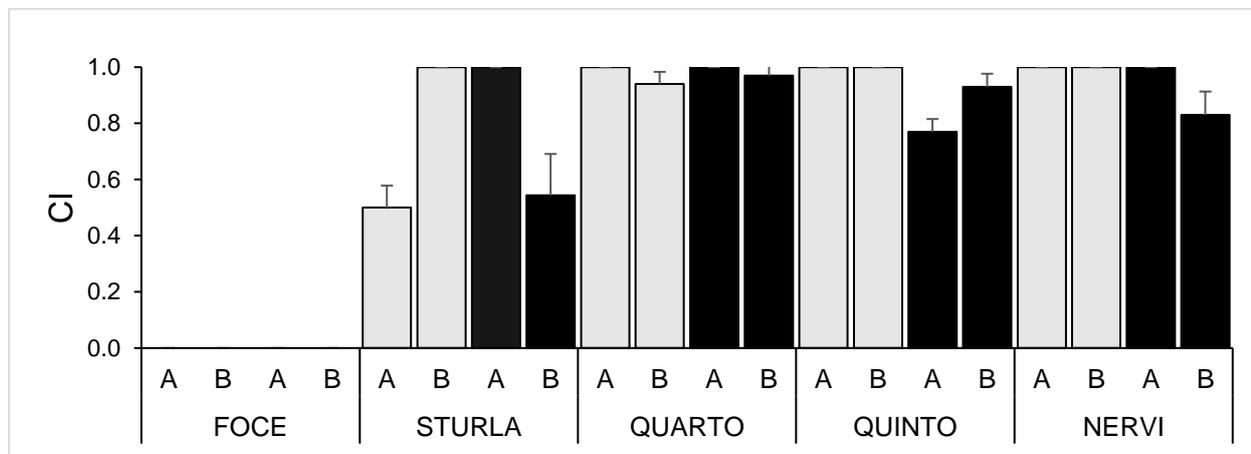


Figura 35: Valori medi dell'indice di Conservazione (CI) nelle due stazioni (A e B) delle cinque praterie. Le barre grigie si riferiscono alla profondità di 10 m, le barre nere alla profondità di 20 m.

Tabella 10: Valori dell'indice di Conservazione (CI) in funzione della profondità (10 e 20 m) nelle due stazioni (A e B) delle cinque praterie. Il colore delle celle è riferito alla scala cromatica di classificazione della qualità ecologica sensu Water Framework Directive (Montefalcone 2009), dove il blu corrisponde a una buona qualità, il giallo a una sufficiente qualità e il rosso a una cattiva qualità.

CI	FOCE	STURLA	QUARTO	QUINTO	NERVI
A10	0	0,50	1	1	1
B10	0	1	0,94	1	1
A20	0	1	1	0,77	1
B20	0	0,54	0,97	0,93	0,83

Confronto del CI con i dati storici

Facendo un confronto tra i valori del CI del 2005 e quelli a distanza di 18 anni alla stessa profondità di 10 metri si può concludere che è avvenuto un miglioramento del valore di CI in quanto si è passati da uno stato ecologico “cattivo” a “buono” per la prateria di Genova Sturla.

Anche nel caso di Genova Quarto, alla profondità di 10 m, il valore di CI è migliorato passando dallo stato “buono” nel 2005 allo stato “ottimo” nel 2023 ed in maniera analoga anche per la prateria di Genova Quinto. Il valore di CI a Genova Quinto a 20 metri è rimasto “buono” dal 2005.

Per la prateria di Genova Nervi, il valore di CI a 10 metri è rimasto in uno stato “ottimo” dal 2005.

L'indice di Conservazione (CI) durante gli ultimi 18 anni si è mantenuto costante, con risultati più alti rispetto ai dati storici del 2005 e questo indica un miglioramento dello stato di salute delle praterie.

Una tale tendenza positiva sembra verosimile dal momento che in diverse stazioni indagate sono stati osservati fenomeni di ricolonizzazione del fondale da parte di *P. oceanica* (Fig.36).

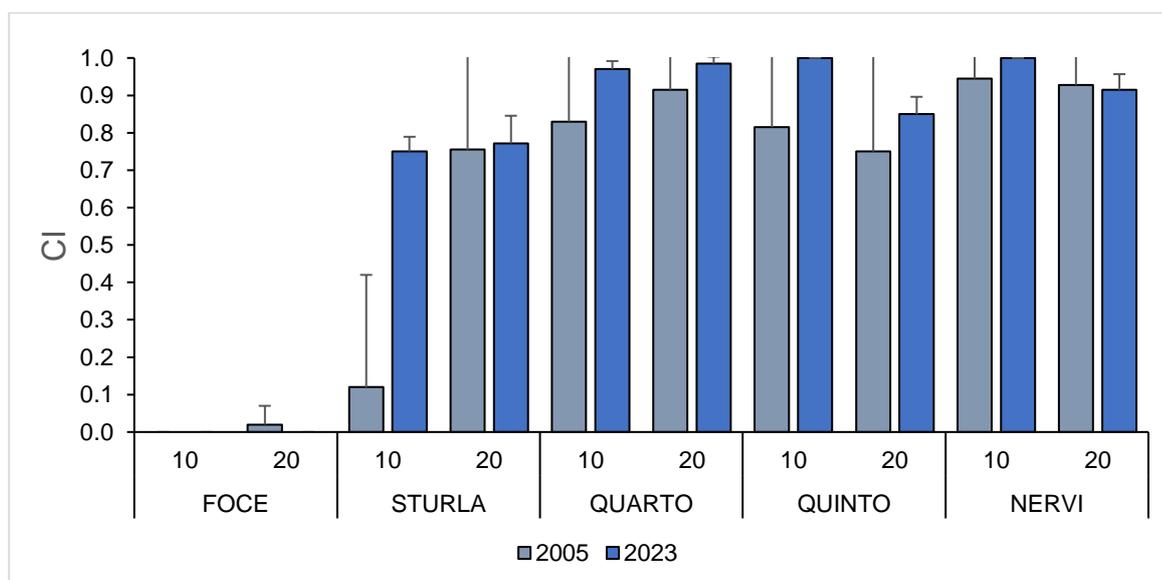


Figura 36: Confronto dell'indice di Conservazione (CI) (media delle due stazioni A e B) tra il 2005 (Montefalcone et al.,2007) e il 2023, a 10 m e 20 m.

5.2.9 Indice di sostituzione (SI) nelle varie praterie

L'indice di sostituzione è risultato pari a zero in quasi la totalità delle aree indagate ad eccezione della stazione a 10 m della prateria di Genova Nervi, dove la presenza della fanerogama endemica del Mediterraneo *Cymodocea nodosa* ha determinato un locale peggioramento dello stato ecologico che è risultato scarso. In tutte le altre stazioni lo stato ecologico è risultato elevato (Fig.37, Tab 11).



Figura 37: Valori medi dell'indice di Sostituzione (SI) nelle due stazioni (A e B) delle cinque praterie monitorate. Le barre grigie si riferiscono alla profondità di 10 m, le barre nere alla profondità di 20 m.

Tabella 11: Valori dell'indice di Sostituzione (SI) in funzione della profondità (10 m e 20 m) nelle due stazioni (A e B) delle cinque praterie monitorate. Il colore delle celle è relativo alla scala cromatica di classificazione delle qualità ecologica sensu Water Framework Directive (Montefalcone 2009), dove il blu corrisponde a un'elevata qualità e l'arancione a una scarsa qualità ecologica.

SI	FOCE	STURLA	QUARTO	QUINTO	NERVI
A10	0	0	0	0	0,57
B10	0	0	0	0	0
A20	0	0	0	0	0
B20	0	0	0	0	0

Confronto del SI con i dati storici

Facendo un confronto con i valori di SI delle varie praterie nel 2005, in tutte le praterie alle diverse profondità è stata osservata *C. cylindracea*, tranne nelle stazioni di Nervi (Fig. 29); si tratta di una specie sostitutiva di *P. oceanica* rivenuta maggiormente nelle stazioni di Genova Foce.

Durante i rilevamenti effettuati quest'anno (2022-2023) non si sono trovati tanti sostituti se non nella stazione di Nervi a 10 metri di profondità, nella quale si è riscontrata la presenza di *C. nodosa*; poiché

si tratta di alga con ciclo stagionale, non è possibile sapere con esattezza se nelle stazioni non sono state trovati sostituti perché effettivamente non erano presenti, oppure il periodo esatto del campionamento e quindi la stagione ha condizionato il rilevamento, anche se durante i transetti si è provveduto a scavare al fine di verificare che i semi delle alghe, che in genere perdurano nella matre morta, non fossero presenti.

Considerando ciò, il fatto di non aver trovato sostituti, se non in quel caso, è sicuramente da considerare un fattore positivo.

Sia CI che SI sono risultati coerenti nel mostrare lo stato delle cinque praterie indagate; tuttavia, i due indici sono complementari. È stato dimostrato che le praterie regredite, con uno stato di conservazione scadente, sono più soggette all'invasione di sostituti rispetto alle praterie sane (Ceccherelli et al., 2000; Montefalcone et al., 2006) (Fig.38).

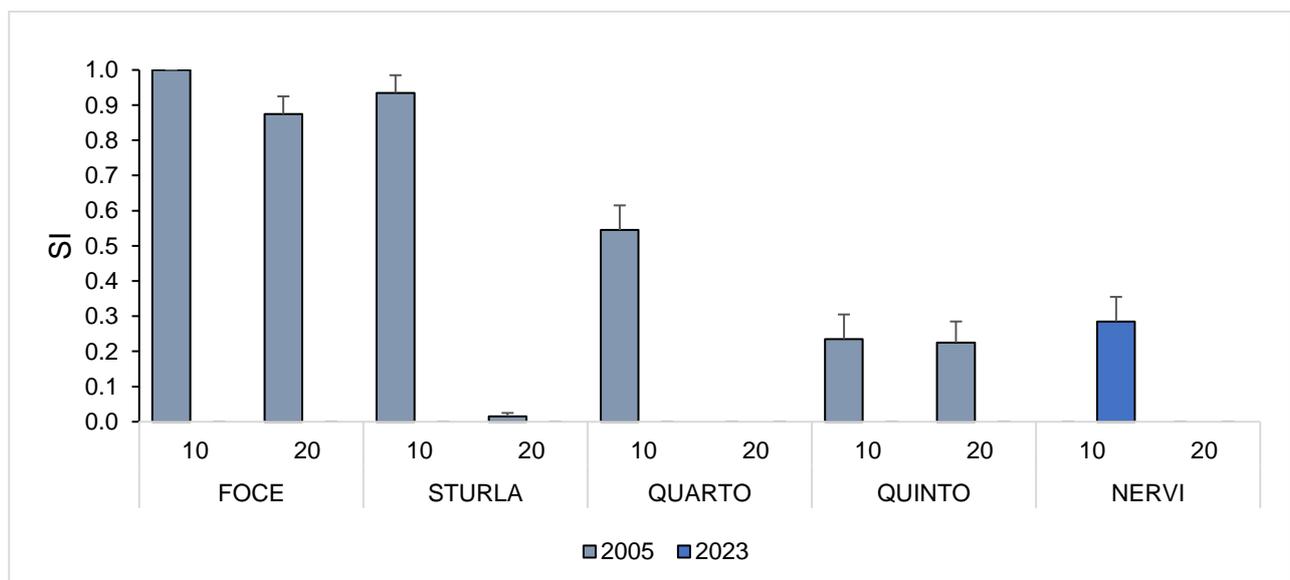


Figure 38: Confronto dell'indice di Sostituzione (SI) (media delle due stazioni A e B) tra il 2005 (Montefalcone et al., 2007) e il 2023, a 10 m e 20 m.

5.2.10 Indice di Cambiamento di Fase (PSI)

L'indice di Cambiamento di Fase (PSI) nell'area di Genova Foce e alla stazione di Genova Nervi a 10 m ha rilevato uno stato ecologico moderato (Tab. 12 in giallo) dove è stata riscontrata la presenza di *C. nodosa*. La maggior parte delle stazioni, anche con l'indice PSI, ha mostrato uno stato ecologico ottimo, a parte una delle due stazioni della prateria di Genova Sturla a 10 m, che è risultata in uno stato ecologico buono (Fig. 39, Tab.12).

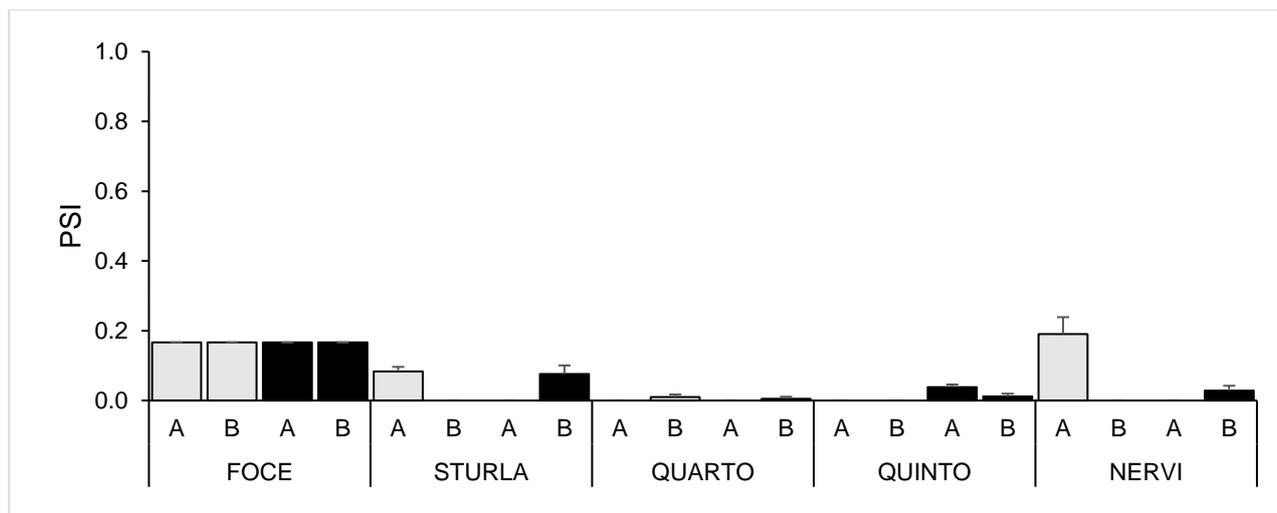


Figura 39: Valori medi dell'indice di sfasamento (PSI) nelle due stazioni (A e B) delle cinque praterie monitorate. Le barre grigie si riferiscono alla profondità di 10 m, le barre nere alla profondità di 20 m.

Tabella 12: Valori dell'indice di sfasamento (PSI) in funzione della profondità (10 m e 20 m) nelle due stazioni (A e B) delle cinque praterie monitorate. Il colore delle celle è relativo alla scala cromatica di classificazione della qualità ecologica sensu Water Framework Directive (Montefalcone 2009), dove il blu corrisponde a un'elevata qualità ecologica, il verde a una buona qualità e il giallo a una sufficiente qualità ecologica.

PSI	FOCE	STURLA	QUARTO	QUINTO	NERVI
A10	0,17	0,083	0	0	0,19
B10	0,17	0	0,01	0	0
A20	0,17	0	0	0,04	0
B20	0,17	0,076	0,01	0,01	0,03

Confronto del PSI con i dati storici

L'indice di Cambiamento di Fase (PSI) nel 2005, come l'indice di Sostituzione (SI) descrivevano una situazione molto diversa da quella odierna (Fig.30). Le principali differenze tra i due periodi sono legate agli elevati valori di ricoprimento dell'alga aliena *C. cylindracea* che nel 2005 costituiva la quasi totalità dei sostituti presenti nell'area indagata, con una copertura media del fondo sempre superiore al 50% (Fig.40).

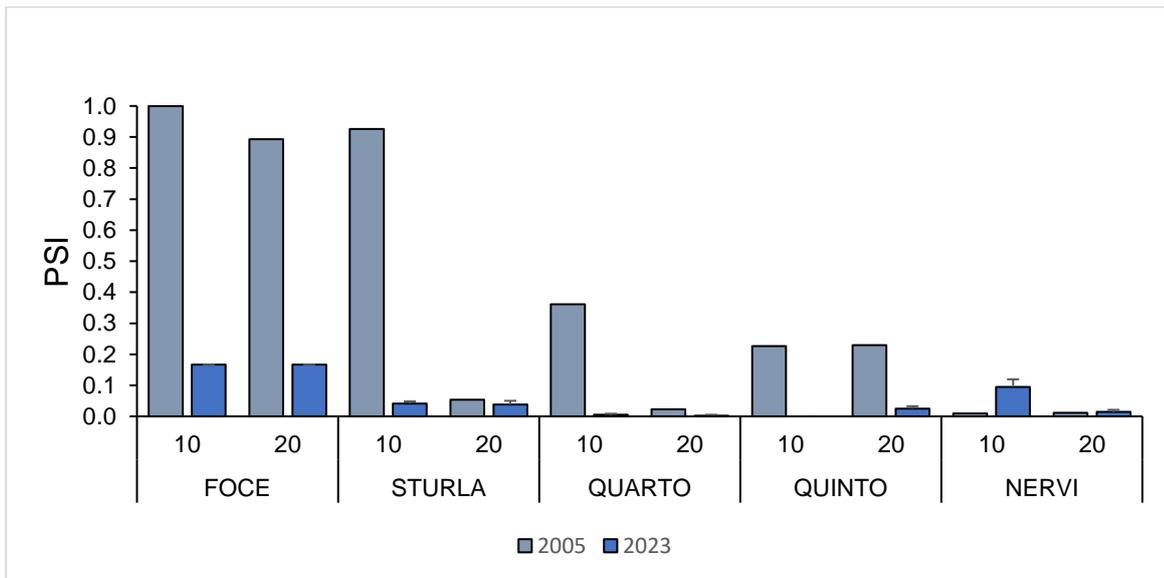


Figura 40: Confronto dell'Indice di sfasamento (PSI) (media delle due stazioni A e B) tra il 2005 (Montefalcone et al.,2007) e il 2023, a 10 m e 20 m.

6. CONSIDERAZIONI E CONCLUSIONI

Tutti gli indici ecologici utilizzati per definire la qualità ecologica dell'habitat "Praterie di *Posidonia oceanica*" sono concordi nell'identificare l'area di Genova Foce quella a minore qualità ecologica, dove la scomparsa totale di posidonia viva ha causato uno stato ecologico estremamente basso, indicativo quindi di una perdita significativa di integrità del fondale. La matte morta, oggi ancora presente sotto la sabbia, è una testimonianza della passata presenza di una prateria di posidonia continua lungo tutta la zona costiera della città di Genova (Burgos et al., 2017), ma la sua scomparsa è sicuramente da attribuire alla costruzione del Porto di Genova e allo sviluppo costiero della città, iniziati quasi due secoli fa. Pertanto, le rigogliose praterie esistenti negli anni '50 sono da considerarsi irreversibilmente perdute.

L'Indice di Sostituzione (SI) e l'Indice di Cambiamento di Fase (PSI) nel 2005 descrivevano una situazione molto diversa da quella odierna. Le principali differenze tra i due periodi sono legate agli elevati valori di ricoprimento dell'alga aliena *C. cylindracea* che nel 2005 costituiva la quasi totalità dei sostituti presenti nell'area indagata, con una copertura media del fondo sempre superiore al 50%. Attualmente *C. cylindracea* è stata osservata, grazie ai transetti video ROV, solo in corrispondenza delle aree di matte morta e sui fondali biodetritici presenti oltre i limiti inferiori delle praterie indagate, a profondità superiori i 30 m, e sempre con valori di ricoprimento del fondo significativamente inferiori rispetto al passato (< 5%). La tendenza a regredire di *C. cylindracea* è stata recentemente osservata anche in altre aree del Mar Ligure e del Mediterraneo e potrebbe dipendere dalla natura opportunistica e imprevedibile di questa specie che spesso mostra fluttuazioni naturali nella demografia della sua popolazione.

Gli indici e i descrittori utilizzati hanno permesso di valutare efficacemente lo stato ecologico delle praterie di *Posidonia oceanica* di Sturla, Quarto, Quinto e Nervi, che nel complesso hanno riportato una qualità ecologica elevata. Inoltre, la mancanza di sostituti con elevato potere invasivo (e.g., *Caulerpa cylindracea*) e la ricolonizzazione da parte di *P. oceanica* di aree sabbiose di fondale, costituiscono tutti importanti segnali che confermano il buono stato di salute dell'ecosistema e la sua capacità di recupero nel tempo. Il confronto con i dati storici ha dimostrato, infatti, che negli ultimi 18 anni c'è stato un miglioramento delle condizioni delle praterie di *P. oceanica* nell'area di studio.

Non sembra essere presente un gradiente nella qualità ecologica procedendo in direzione Ovest-Est, che ricalca il gradiente di antropizzazione della costa, anche se la prateria di Genova Sturla, la più vicina all'area urbana e al Porto di Genova, è quella che ha presentato più criticità legate alle pressioni locali.

Una delle situazioni di maggiore criticità potenziale per le praterie di fanerogame marine, in particolare per *Posidonia oceanica*, è la movimentazione in mare di materiali che possono determinare la risospensione di sedimenti fini, o di particolato, in grado di alterare la trasparenza delle acque nell'area di distribuzione delle fanerogame (andando quindi a interferire con le capacità fotosintetiche della pianta), arrivando anche a causare, in condizioni di intensa sedimentazione, fenomeni di seppellimento delle praterie. I dati del monitoraggio in questa fase *ante-operam* sembrano dimostrare che, in mancanza di importanti perturbazioni esterne, le praterie indagate siano in grado di mantenersi in equilibrio. Un elemento che ha giocato sicuramente a favore di questa condizione riguarda l'idrodinamismo: la corrente dominante in Mar Ligure tende a spostarsi in direzione Est-Ovest, allontanando dalle praterie oggetto di studio eventuali fonti di impatto provenienti dalla zona più urbanizzata della città e dal suo porto. In vista degli imminenti interventi di ampliamento della diga foranea del Porto di Genova, sarà quindi necessario portare avanti le attività di monitoraggio, in quanto queste rappresentano l'unico mezzo in grado di verificare il buon funzionamento della prateria e il mantenimento del suo buono stato di salute, anche a seguito di importanti interventi costieri (Fig.41).



Figura 41: Lo stato attuale della diga del Porto di Genova (*ante-operam*) (a sinistra) e lo stato del progetto alla fine dei lavori (*post-operam*) (a destra).

7. BIBLIOGRAFIA

Ardizzone, G., Belluscio, A., & Maiorano, L. (2006). Long-term change in the structure of a *Posidonia oceanica* landscape and its reference for a monitoring plan. *Marine Ecology*, 27(4), 299-309.

Augier, H. (1985). L'herbier à *Posidonia oceanica*, son importance pour le littoral méditerranéen, sa valeur comme indicateur biologique de l'état de santé de la mer, son utilisation dans la surveillance du milieu, les bilans écologiques et les études d'impact. *Vie marine (Six-Fours-les-Plages)*, 7, 85-113.

Balduzzi, A., Bavestrello, G., Belloni, S., Boero, F., Cattaneo, R., Pansini, M., & Pronzato, R. (1984). Valutazione dello stato di alcune praterie di *Posidonia* del mar Ligure sottoposte a diverse condizioni di inquinamento. In *International Workshop on Posidonia oceanica Beds* (eds Boudouresque CF, Jeudy De Grissac A, Olivier J) (Vol. 1, pp. 73-78).

Bay, D. (1978). *Etude "in situ" de la production primaire d'un herbier de posidonies (Posidonia oceanica (L.) Delile) de la Baie de Calvi-Corse* (Doctoral dissertation).

Benedetti-Cecchi, L., Pannacciulli, F., Bulleri, F., Moschella, P. S., Airoidi, L., Relini, G., & Cinelli, F. (2001). Predicting the consequences of anthropogenic disturbance: large-scale effects of loss of canopy algae on rocky shores. *Marine Ecology Progress Series*, 214, 137-150.

Bianchi, C. N. (1988). L'inquinamento in Mar Ligure. *Liguria viva. Consulta Ligure, Genova*, 61-65.

Bianchi, C. N., & Peirano, A. (1995). Atlante delle fanerogame marine della Liguria. *Posidonia oceanica*, 1-146.

Bianchi, C. N., & Morri, C. (2000). Marine biodiversity of the Mediterranean Sea: situation, problems and prospects for future research. *Marine pollution bulletin*, 40(5), 367-376.

Bianchi, C. N., Pronzato, R., Cattaneo-Vietti, R., Benedetti Cecchi, L., Morri, C., Pansini, M., ... & Bavestrello, G. (2003). I fondi duri. *Manuale di metodologie di campionamento e studio del benthos marino mediterraneo. Biologia Marina Mediterranea*, 10, 199-232.

Bianchi, C.N., Pronzato, R., Cattaneo-Vietti, R., Benedetti Cecchi, L., Morri, C., Pansini, M., Chemello, R., Milazzo, M., Frascchetti, S., Terlizzi, A., Peirano, A., Salvati, E., Benzoni, F., Calcinaï, B., Cerrano, C., Bavestrello, G. (2004). Hard bottoms. *Biologia Marina Mediterranea* 11 (suppl. 1), 185–215

- Bianchi, C. N.** (2007). Biodiversity issues for the forthcoming tropical Mediterranean Sea. *Hydrobiologia*, 580, 7-21.
- Bianchi, C. N., Parravicini, V., Montefalcone, M., Rovere, A., & Morri, C.** (2012). The challenge of managing marine biodiversity: a practical toolkit for a cartographic, territorial approach. *Diversity*, 4(4), 419-452.
- Bianchi, C. N., Azzola, A., Bertolino, M., Betti, F., Bo, M., Cattaneo-Vietti, R., ... & Bavestrello, G.** (2019). Consequences of the marine climate and ecosystem shift of the 1980-90s on the Ligurian Sea biodiversity (NW Mediterranean). *The European Zoological Journal*, 86(1), 458-487.
- Borum, J., Greve, T. M., Binzer, T., & Santos, R.** (2004). What can be done to prevent seagrass loss. *European seagrasses: an introduction to monitoring and management*, Ed. The M&MS project, 67-71.
- Boudouresque c.f., Meinesz a.** (1982). Découverte de l'herbier de Posidonie. Parc National de Port-Cros., France 4, 1-79.
- Boudouresque, C. F.** (1983). L'herbier à *Posidonia oceanica* en Méditerranée: les interactions entre la plante et le sédiment. *Recherche Océanographique*, 8, 99-122.
- Boudouresque, C. F., & Meinesz, A.** (1982). Découverte de l'herbier de Posidonie. Parc national de Port-Cros. *Cahier*, 4, 1-80.
- Boudouresque C.F., Bernard G., Bonhomme P., Charbonnel E., Diviacco G., Meinesz A., Pergent G., Pergent-Martini C., Ruitton S., Tunesi L.** (2006) - Préservation et Conservation des herbiers à *Posidonia oceanica*. *Ramoge*, 1-202
- Boudouresque, C. F., Bernard, G., Bonhomme, P., Charbonnel, E., Diviacco, G., Meinesz, A., ... & Tunesi, L.** (2012). *Protection and conservation of Posidonia oceanica meadows* (p. 202). RAMOGE and RAC/SPA.
- Buia, M. C., & Mazzella, L.** (2000). Diversity in seagrass ecosystems: biological descriptors at different temporal scale. *Biologia marina mediterranea*, 7(2), 203-206.
- Buia, M. C., Gambi, M. C., & Dappiano, M.** (2004). Seagrass systems. *Biologia Marina Mediterranea*, 10(suppl.), 133-183.

- Burgos-Juan, E., Montefalcone, M., Ferrari, M., Morri, C., & Bianchi, C. N.** (2016). A century of change in seagrass meadows of Liguria. *Biologia Marina Mediterranea*, 23(1), 78.
- Burgos, E., Montefalcone, M., Ferrari, M., Paoli, C., Vassallo, P., Morri, C., & Bianchi, C. N.** (2017). Ecosystem functions and economic wealth: Trajectories of change in seagrass meadows. *Journal of cleaner production*, 168, 1108-1119.
- Calumpang, H. P., & Fonseca, M. S.** (2001). Seagrass transplantation and other seagrass. *Global Seagrass Res. Methods*, 33(425), 50023-2.
- Cancemi, G., De Falco, G., & Pergent, G.** (2000). Impact of a fish farming facility on a *Posidonia oceanica* meadow. *Biologia Marina Mediterranea*, 7(2), 341-344.
- Castilla, J. C.** (1999). Coastal marine communities: trends and perspectives from human-exclusion experiments. *Trends in Ecology & Evolution*, 14(7), 280-283.
- Cavallaro, L., Re, C. L., Paratore, G., Viviano, A., & Foti, E.** (2011). Response of *Posidonia oceanica* to wave motion in shallow-waters-preliminary experimental results. *Coastal Engineering Proceedings*, (32), 49-49.
- Ceccherelli, G., Campo, D., & Milazzo, M.** (2007). Short-term response of the slow growing seagrass *Posidonia oceanica* to simulated anchor impact. *Marine Environmental Research*, 63(4), 341-349.
- Cerrano, C., Bavestrello, G., Bianchi, C. N., Cattaneo-vietti, R., Bava, S., Morganti, C., ... & Sponga, F.** (2000). A catastrophic mass-mortality episode of gorgonians and other organisms in the Ligurian Sea (North-western Mediterranean), summer 1999. *Ecology letters*, 3(4), 284-293.
- Cognetti, G., & Curini-Galletti, M.** (1993). Biodiversity conservation problems in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 26(4), 179-183.
- Cognetti, G., Sarà, M., & Magazzù, G.** (1999). *Biología marina*, 301-310.
- Connell, S. D., & Glasby, T. M.** (1999). Do urban structures influence local abundance and diversity of subtidal epibiota? A case study from Sydney Harbour, Australia. *Marine Environmental Research*, 47(4), 373-387.
- Corradi N.**, 1980. Alcuni esempi di problemi connessi con l'antropizzazione delle coste della Liguria. Pubblicazione Università di Genova, Istituto di Geologia, Genova, Italia.

- Costanza, R., d'Arge, R., De Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., ... & Van Den Belt, M.** (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *nature*, 387(6630), 253-260.
- De Falco, G., Molinaroli, E., Baroli, M., & Bellacicco, S.** (2003). Grain size and compositional trends of sediments from *Posidonia oceanica* meadows to beach shore, Sardinia, western Mediterranean. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 58(2), 299-309.
- De Falco, G., Baroli, M., Murru, E., Piergallini, G., & Cancemi, G.** (2006). Sediment analysis evidences two different depositional phenomena influencing seagrass distribution in the Gulf of Oristano (Sardinia, Western Mediterranean). *Journal of coastal research*, 22(5), 1043-1050.
- De Los Santos, C. B., Krause-Jensen, D., Alcoverro, T., Marbà, N., Duarte, C. M., Van Katwijk, M. M., Santos, R.** (2019). Recent trend reversal for declining European seagrass meadows. *Nature communications*, 10(1), 3356.
- Den Hartog.** (1970.) The seagrass of the world. Verhandelingen der Koninklijke Nederlandsche Akademie van Wetenschappen. Afdeling Natuurkunde, Sectie 2. Amsterdam, 59 (1) 275.
- Di Carlo, G., Badalamenti, F., Jensen, A. C., Koch, E. W., & Riggio, S.** (2005). Colonisation process of vegetative fragments of *Posidonia oceanica* (L.) Delile on rubble mounds. *Marine Biology*, 147, 1261-1270.
- Duarte, C. M.** (2002). The future of seagrass meadows. *Environmental conservation*, 29(2), 192-206.
- Directive, H.** (1992). Council Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora. *Official Journal of the European Union*, 206(7), 50.
- Elith, J., & Leathwick, J. R.** (2009). Species distribution models: ecological explanation and prediction across space and time. *Annual review of ecology, evolution, and systematics*, 40, 677-697.
- Foden, J., & Brazier, D. P.** (2007). Angiosperms (seagrass) within the EU water framework directive: a UK perspective. *Marine Pollution Bulletin*, 55(1-6), 181-195.
- Francour, P., Ganteaume, A., & Poulain, M.** (1999). Effects of boat anchoring in *Posidonia oceanica* seagrass beds in the Port-Cros National Park (north-western Mediterranean Sea). *Aquatic conservation: marine and freshwater ecosystems*, 9(4), 391-400.

- Gacia, E., & Duarte, C. M.** (2001). Sediment retention by a Mediterranean *Posidonia oceanica* meadow: the balance between deposition and resuspension. *Estuarine, coastal and shelf science*, 52(4), 505-514.
- Gambi, M. C., Buia, M. C., Casola, E., & Scardi, M.** (1989). Estimates of water movement in *Posidonia oceanica* beds: a first approach. In *International workshop on Posidonia beds* (Vol. 2, pp. 101-112). Marseille: GIS Posidonie.
- Gambi, M. C., Lorenti, M., Russo, G. F., Scipione, M. B., & Zupo, V.** (1992). Depth and seasonal distribution of some groups of the vagile fauna of the *Posidonia oceanica* leaf stratum: structural and trophic analyses. *Marine Ecology*, 13(1), 17-39.
- Giovannetti, E., Montefalcone, M., Morri, C., Bianchi, C. N., & Albertelli, G.** (2010). Early warning response of *Posidonia oceanica* epiphyte community to environmental alterations (Ligurian Sea, NW Mediterranean). *Marine Pollution Bulletin*, 60(7), 1031-1039.
- Giraud, G.** (1977 a). Contribution à la description et à la phénologie quantitative des herbiers à *Posidonia oceanica* (L.) Delile. Tesi di Dottorato, Université Aix-Marseille II, France, 150.
- Giraud, G.** (1977 b). Essai de classement des herbiers de *Posidonia oceanica* (Linné) Delile. *Botanica Marina* 20, 487 - 491.
- Giraud, G.** (1979). Sur une méthode de mesure et de comptage des structures foliaires de *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile. *Bull. Mus. Hist. Nat. Marseille*, 39, 33-39.
- Glasby, T., & Connell, S.** (1999). Urban structures as marine habitats.
- Gobert, S., Sartoretto, S., Rico-Raimondino, V., Andral, B., Chery, A., Lejeune, P., & Boissery, P.** (2009). Assessment of the ecological status of Mediterranean French coastal waters as required by the Water Framework Directive using the *Posidonia oceanica* Rapid Easy Index: PREI. *Marine Pollution Bulletin*, 58(11), 1727-1733.
- Green, E.P., Short, F.T.** (2003). *World Atlas of Seagrasses*. University of California Press, Berkeley, 298
- Hawken P., Lovins A., Hunter Lovins L. *Natural Capitalism. Creating the Next Industrial Revolution*, 199.
- Hemminga, M. A., & Duarte, C. M.** (2000). *Seagrass ecology*. Cambridge University Press, 298.

- Jedy de Grissac, A.** (1984). Effets des herbiers à *Posidonia oceanica* sur la dynamique marine et la sédimentologie littorale. In *International workshop on Posidonia oceanica beds* (Vol. 1, pp. 437-443).
- Kendrick, G. A., & Lavery, P. S.** (2001). Assessing biomass, assemblage structure and productivity of algal epiphytes on seagrasses. *Global Seagrass Research Methods*. Elsevier, Amsterdam, 199-222.
- Kirkman, H., & Young, P. C.** (1981). Measurement of health, and echinoderm grazing on *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *Aquatic Botany*, 10, 329-338.
- Larkum, A. W., Orth, R. J., Duarte, C. M., Koch, E. W., Ackerman, J. D., Verduin, J., & Keulen, M. V.** (2006). Fluid dynamics in seagrass ecology—from molecules to ecosystems. *Seagrasses: biology, ecology and conservation*, 193-225.
- Kubiszewski, I., & Costanza, R.** (2012). Ecosystem services for sustainable prosperity. *State of the World 2012: moving toward sustainable prosperity*, 177-182.
- Kuo, J.** (1989). Seagrass taxonomy, structure and function. In *Biology of Seagrasses*. (Eds AWD Larkum, AJ McComb and SA Shepherd, 6-73).
- Lasagna, R.** (2004). *Cartografia mediante tecniche di rilevamento subacqueo della prateria di Posidonia oceanica (L.) Delile, 1813 della Baia di Prelo (Rapallo, Genova): morfologia, stato di salute e granulometria dei sedimenti superficiali* (Doctoral dissertation, Thesis, University of Genoa Italy, 156).
- Lejeune, C., Chevaldonné, P., Pergent-Martini, C., Boudouresque, C. F., & Pérez, T.** (2010). Climate change effects on a miniature ocean: the highly diverse, highly impacted Mediterranean Sea. *Trends in ecology & evolution*, 25(4), 250-260.
- Leoni, V., Pasqualini, V., Pergent-Martini, C., Vela, A., & Pergent, G.** (2006). Morphological responses of *Posidonia oceanica* to experimental nutrient enrichment of the canopy water. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 339(1), 1-14.
- Leoni, V., Pasqualini, V., Pergent-Martini, C., Vela, A., & Pergent, G.** (2007). Physiological responses of *Posidonia oceanica* to experimental nutrient enrichment of the canopy water. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 349(1), 73-83.

- Mancini, I., Rigo, I., Oprandi, A., Montefalcone, M., Morri, C., Peirano, A. & Bianchi, C. N.** (2020). What biotic indices tell us about ecosystem change: Lessons from the seagrass *Posidonia oceanica*. *Vie et Milieu/Life & Environment*, 70.
- Marbà, N., Santiago, R., Díaz-Almela, E., Álvarez, E., & Duarte, C. M.** (2006). Seagrass (*Posidonia oceanica*) vertical growth as an early indicator of fish farm-derived stress. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 67(3), 475-483.
- Mazzella, L., Scipione, B., Gambi, M. C., Fresi, E., Buia, M. C., Russo, G. F., ... & Rando, A.** (1986). Le praterie sommerse del Mediterraneo. *Stazione Zoologica, Napoli, Pubblicazione a cura del laboratorio di Ecologia del Benthos*.
- Mazzella, L.** (1992). Plant-animal trophic relationships in the *Posidonia oceanica* ecosystem of the Mediterranean Sea. *Plant-animal Interactions in the Marine Benthos: Systematics Association*, 46, 165-187.
- Mazzella, L., & Zupo, V.** (1995). Reti trofiche e flussi di energia nei sistemi a fanerogame marine. *Plant Biosystem*, 129(1), 337-350.
- Meinesz, A., Lefevre, J. R., & Astier, J. M.** (1991). Impact of coastal development on the infralittoral zone along the southeastern Mediterranean shore of continental France. *Marine Pollution Bulletin*, 23, 343-347.
- Meinesz, A., Caye, G., Loques, F., & Molenaar, H.** (1991). Restoration of damaged areas with transplantation of seaweeds and seagrasses in the Mediterranean: review and perspectives. *Oebalia. Taranto*, 17.
- Meinesz, A., Molenaar, H., Bellone, E., & Loques, F.** (1992). Vegetative reproduction in *Posidonia oceanica*: I. Effects of rhizome length and transplantation season in orthotopic shoots. *Marine ecology*, 13(2), 163-174.
- Meinesz, A., Caye, G., Loques, F., & Molenaar, H.** (1993). Polymorphism and development of *Posidonia oceanica* transplanted from different parts of the Mediterranean into the National Park of Port-Cros.
- Meinesz, A., Cirik, Ş., Akcali, B., Javel, F., Migliaccio, M., Thibaut, T., ... & Procaccini, G.** (2009). *Posidonia oceanica* in the Marmara Sea. *Aquatic Botany*, 90(1), 18-22.

- Milazzo, M., Badalamenti, F., Ceccherelli, G., & Chemello, R.** (2004). Boat anchoring on *Posidonia oceanica* beds in a marine protected area (Italy, western Mediterranean): effect of anchor types in different anchoring stages. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 299(1), 51-62.
- Molenaar, H., Meinesz, A., & Caye, G.** (1993). Vegetative reproduction in *Posidonia oceanica*. Survival and development in different morphological types of transplanted cuttings.
- Molenaar, H., & Meinesz, A.** (1995). Vegetative reproduction in *Posidonia oceanica*: survival and development of transplanted cuttings according to different spacings, arrangements and substrates.
- Moliner, R., & Picard, J.** (1952). Recherches sur les herbiers des phanerogames marines du littoral mediterraneen francaise. *Ann Inst Oceanogr*, 27, 157-235.
- Montefalcone, M., Albertelli, G., Nike Bianchi, C., Mariani, M., & Morri, C.** (2006). A new synthetic index and a protocol for monitoring the status of *Posidonia oceanica* meadows: a case study at Sanremo (Ligurian Sea, NW Mediterranean). *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 16(1), 29-42.
- Montefalcone, M., Lasagna, R., Bianchi, C. N., Morri, C., & Albertelli, G.** (2006). Anchoring damage on *Posidonia oceanica* meadow cover: a case study in Prelo Cove (Ligurian Sea, NW Mediterranean). *Chemistry and Ecology*, 22(sup1), S207-S217.
- Montefalcone, M., Morri, C., Peirano, A., Albertelli, G., & Bianchi, C. N.** (2007). Substitution and phase shift within the *Posidonia oceanica* seagrass meadows of NW Mediterranean Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 75(1-2), 63-71.
- Montefalcone, M., Albertelli, G., Morri, C., & Bianchi, C. N.** (2007). Urban seagrass: status of *Posidonia oceanica* facing the Genoa city waterfront (Italy) and implications for management. *Marine Pollution Bulletin*, 54(2), 206-213.
- Montefalcone, M., Chiantore, M., Lanzone, A., Morri, C., Albertelli, G., & Bianchi, C. N.** (2008). BACI design reveals the decline of the seagrass *Posidonia oceanica* induced by anchoring. *Marine Pollution Bulletin*, 56(9), 1637-1645.
- Montefalcone, M., Albertelli, G., Morri, C., Parravicini, V., & Bianchi, C. N.** (2009). Legal protection is not enough: *Posidonia oceanica* meadows in marine protected areas are not healthier than those in unprotected areas of the northwest Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 58(4), 515-519.

- Montefalcone, M., Albertelli, G., Morri, C., & Bianchi, C. N.** (2010). Patterns of wide-scale substitution within meadows of the seagrass *Posidonia oceanica* in NW Mediterranean Sea: invaders are stronger than natives. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 20(5), 507-515.
- 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.
- Morri, C. C. N. B., & Bianchi, C. N.** (2001). Recent changes in biodiversity in the Ligurian Sea (NW Mediterranean): is there a climatic forcing? In *Mediterranean ecosystems: structures and processes* (pp. 375-384). Milano: Springer Milan.
- Occhipinti-Ambrogi, A.** (2007). Global change and marine communities: alien species and climate change. *Marine pollution bulletin*, 55(7-9), 342-352.
- Orth, R. J., & Moore, K. A.** (1988). Submerged aquatic vegetation in the Chesapeake Bay: a barometer of bay health. *Understanding the estuary: advances in Chesapeake Bay research. Proceeding of Chesapeake Res. Consort. Publ.*, 129, 619-629.
- Panayotidis, P., & Giraud, G.** (1981). Sur un cycle de renouvellement des feuilles de *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile dans le golfe de Marseille. *Vie et Milieu/Life & Environment*, 31, 129-136.
- Parravicini, V., Guidetti, P., Morri, C., Montefalcone, M., Donato, M., & Bianchi, C. N.** (2010). Consequences of sea water temperature anomalies on a Mediterranean submarine cave ecosystem. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 86(2), 276-282.
- Pasqualini, V., Pergent-Martini, C., Clabaut, P., & Pergent, G.** (1998). Mapping of *Posidonia oceanica* causing aerial photographs and side scan sonar: Application off the island of Corsica (France). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 47(3), 359-367.
- Peirano, A., & Bianchi, C. N.** (1997). Decline of the seagrass *Posidonia oceanica* in response to environmental disturbance: a simulation-like approach off Liguria (NW Mediterranean Sea). *The response of marine organisms to their environments*, 87-95.
- Peirano, A., Dalmaso, V., Montefalcone, M., Morri, C., Bianchi, C. N.** (2005). Growth of the seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile in Liguria (NW Italy, Mediterranean Sea): relations with climate, alien species invasion and anthropogenic impacts. *Marine Pollution Bulletin* 50, 817-822.

Pérès, J. M., & Picard, J. (1964). *Nouveau manuel de bionomie benthique de la mer Méditerranée*. Station Marine d'Endoume, 31 (47), 1-137

Pergent, G., Romero, J., Pergent-Martini, C., Mateo, M. A., & Boudouresque, C. F. (1994). Primary production, stocks and fluxes in the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*. *Marine Ecology Progress Series*, 139-146.

Pergent G., Pergent- Martini C., Boudouresque C.F. (1995). Utilisation de l'herbiera a *Posidonia oceanica* comme indicateur biologique de la qualité du milieu littoral en Méditerranée: etat des connaissances. *Mésogée* 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.

Procaccini G., Buia M.C., Gambi M.C., Perez M., Pergent G., Pergent-Mertini C., Romero J. (2003). The Seagrasses of the western Mediterranean. In: Green E.P., Short F.T. *World Atlas of Seagrasses*. University of California (eds). Berkeley, USA, 48-58.

R., Shembri P., Shili A., Tomasello A., Velimirov B. (2005). Descriptors of *Posidonia oceanica* meadows: use and application. *Ecological Indicators*, 5, 213-230.

Rasheed, M. A. (1999). Recovery of experimentally created gaps within a tropical *Zostera capricorni* (Aschers.) seagrass meadow, Queensland Australia. *Journal of experimental marine biology and ecology*, 235(2), 183-200.

Relini, G. (1990). Impoverishment and protection of Italian marine fauna. *Boll Mus Ist Biol Univ Genova*, 56-57.

Relini, G. (2000). Nuovi contributi per la conservazione della biodiversità marina in Mediterraneo. *Biologia Marina Mediterranea*, 7(3), 173-211.

Ridolfi G. (1990). Il Mar Ligure: usi e loro implicazioni. In *Il governo dei mari semichiusi: modello globale emergente e caso ligure* (ed. H.D. Smith, A. Vallega). IGU-CMG e Regione Liguria, Genova, 233- 271

Romero, J. (1988). Epífitos de las hojas de *Posidonia oceanica*: variaciones estacionales y batimétricas de biomasa en la pradera de las islas Medes (Girona). *Oecologia aquatica*, 9(9), 19-25.

- Schlesinger, W.H.** (2006). Global change ecology. *Trends in Ecology and Evolution* 21 (6), 348–351.
- Semroud R.** (1993). Données sur la floraison ancienne de *Posidonia oceanica* (L.) Delile dans la région d'Alger (Algerine). *Posidonia Newslette* 4 (2): 31-35.
- Short, F. T., & Wyllie-Echeverria, S.** (1996). Natural and human-induced disturbance of seagrasses. *Environmental conservation*, 23(1), 17-27.
- Underwood, A. J.** (1992). Beyond BACI: the detection of environmental impacts on populations in the real, but variable, world. *Journal of experimental marine biology and ecology*, 161(2), 145-178.
- UNEP, M. A. P.** (1989). State of the Mediterranean Marine Environment. *UNEP, Athens, Technical Report Series*, (28) 1-172
- UNEP** (1996). Etat du milieu marin et littoral de la région méditerranéenne. *UNEP MAP Technical Report* 101, 1–148
- UNEP/MAP-RAC/SPA** (2011-2015). Draft guidelines for the standardization of mapping and monitoring methods of marine Magnoliophyta in the Mediterranean. *Tenth Meeting of Focal Points for SPAs. Marseilles, France*, 17-20
- Vacchi, M., De Falco, G., Simeone, S., Montefalcone, M., Morri, C., Ferrari, M., & Bianchi, C. N.** (2017). Biogeomorphology of the Mediterranean *Posidonia oceanica* seagrass meadows. *Earth Surface Processes and Landforms*, 42(1), 42-54.
- Vassallo, P., Paoli, C., Rovere, A., Montefalcone, M., Morri, C., & Bianchi, C. N.** (2013). The value of the seagrass *Posidonia oceanica*: A natural capital assessment. *Marine pollution bulletin*, 75(1-2), 157-167.
- Velimirov, B.** (1984). Grazing of *Sarpa salpa* L. on *Posidonia oceanica* and utilization of soluble compounds. In *International Workshop on Posidonia oceanica beds* (Vol. 1, pp. 381-387). GIS Posidonie Publication Marseille.
- Verlaque, M., Durand, C., Huisman, J. M., Boudouresque, C. F., & Le Parco, Y.** (2003). On the identity and origin of the Mediterranean invasive *Caulerpa racemosa* (Caulerpales, Chlorophyta). *European Journal of Phycology*, 38(4), 325-339.

Waycott, M., Duarte, C. M., Carruthers, T. J., Orth, R. J., Dennison, W. C., Olyarnik, S., ... & Williams, S. L. (2009). Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems. *Proceedings of the national academy of sciences*, 106(30), 12377-12381.

Link e siti web

<https://it.wikipedia.org/wiki/Foce>

<https://www.portsofgenoa.com/it/strategia-sviluppo/mappa-di-geolocalizzazione-degli-interventi-infrastrutturali/1211-programma-straordinario/2925-p-3062.html>

<https://www.commissario.digaforanea.genova.it/>

RINGRAZIAMENTI

Il più grande aiuto morale e non solo, che mi ha permesso di diventare Biologa Marina, lo devo alla mia famiglia, in particolare ai miei genitori che mi hanno sempre sostenuta nelle mie passioni, incoraggiata nei momenti più difficili e appoggiata in ogni momento, affinché io potessi raggiungere questo obiettivo, che fin da bambina aspiravo e ambivo. Non è stato facile, tra rinunce e sforzi, ma loro sono stati fondamentali e per questo non potrò mai ringraziarli abbastanza.

Ringrazio me stessa di aver inseguito questo sogno e di averlo portato a termine sempre con entusiasmo e dedizione; di essere riuscita a seguire le mie passioni, non solo sul campo con la subacquea, ma anche in ambito di studio. Il bagaglio culturale che ho acquisito con questa Laurea mi ha permesso di dare valore a ciò che amo, il mondo marino e le sue creature, con una maggior consapevolezza della sua fragilità. Ringrazio me stessa di non aver ascoltato il giudizio delle persone intorno a me che mi dicevano che non ce l'avrei mai fatta, che non sarei diventata ciò che sono, a coloro che mi hanno ostacolato con le loro idee riguardo alle difficoltà future, ma di essere riuscita sempre a portare avanti con convinzione ciò in cui credevo, come dice Pascal "al cuor non si comanda". Nonostante tanta fatica e tanti problemi, non ho mai smesso di crederci anche quando per un istante "tutto" mi sembrava perduto con un sogno troppo "lontano", ma la mia forza e la mia caparbia mi hanno permesso di diventare ciò che volevo essere e di accorciare la distanza dei miei sogni. Nonostante una pandemia in corso, ho avuto poche occasioni di conoscere bene i miei colleghi di corso con lezioni a distanza e mascherina, ma posso dire di aver incontrato persone speciali che mi hanno fatto sentire alla loro pari e che, nel momento del bisogno, mi hanno sempre dato una mano quando era possibile e viceversa, senza farmi pesare niente. Non mi sono mai sentita inferiore a loro, ma mi sono sentita parte di un gruppo che voleva raggiungere un obiettivo comune. Nonostante sia stato un periodo lungo, questo mi ha permesso di capire quanto fosse importante per me raggiungere questo obiettivo.

Ringrazio le mie ex compagne di Triennale che mi hanno sempre sostenuta nelle mie scelte future, rivelandosi persone importanti per me.

Ringrazio mia cugina Cecilia che, nonostante la lontananza, è sempre stata pronta ad incoraggiarmi, a farmi i complimenti per il superamento dei miei esami e a sostenermi nelle mie

passioni attraverso semplici gesti come una videochiamata e un semplice messaggio, a Lei devo molto i suoi preziosi consigli.

Ringrazio i miei professori che mi hanno fatto appassionare alle loro materie e che hanno creduto in me, loro sono stati fondamentali in questo, sarebbe lungo citarli tutti perché sono tanti, ma ricordo volentieri con affetto e professionalità il Prof. Giorgio Bavestrello e la Prof. essa Monica Montefalcone, che hanno reso molto interessanti e meravigliose le loro lezioni, a cui si aggiungono il Prof. Federico Betti e la Prof. essa Marzia Bo, sempre pronti ad ascoltare gli studenti e ad esigere il meglio per loro.

Un grazie speciale va anche alla Dott. Ilaria Mancini e alle sue colleghe che mi ha assistito e accompagnato durante il tirocinio e fino alla stesura della Tesi, per concludere al meglio il mio percorso, facendomi sentire parte di loro.

Ringrazio il mio correlatore di tesi Prof. Marco Capello che si è prestato per l'incarico e per i suoi consigli per una migliore stesura di questa tesi.

Ringrazio l'autorità di sistema portuale di Genova per la preziosa collaborazione per le attività di campo e campionamento.

Ringrazio i miei amici di sempre, dai miei compagni di scuola fino ai compagni del liceo.

Non ultime per importanza, ringrazio tutte le persone che, anche con un gesto, hanno dimostrato di essermi vicine, nonostante tutto, anche solo con il pensiero; non posso dimenticare coloro che, nonostante abbiano preso strade diverse, hanno avuto sempre una buona parola per me; ed infine anche a tutte quelle che sono state una parte fondamentale della mia vita con le quali ho condiviso i momenti più belli e più brutti, ma che rimangono e rimarranno sempre nel mio cuore.

