LE IMPRONTE SONORE DELLE FORESTE DI GORGONIE

Relazione II della campagna 2020

Autori della relazione

Lucia Di Iorio & Lorezo Bramanti

lucia.diiorio@chorusacoustics.com
lorenzo.bramanti@obs-banyuls.fr

CHORUS

LECOB
UMR 8222 UPMC - CNRS

PARCO NAZIONALE DELLE CINQUE TERRE
Area Marina Protetta delle Cinque Terre

Indice

In breve 3
Contesto 4
Obbiettivi 5
Quantificazione del rumore nelle zone A e in zona C ..... **Error! Bookmark not defined.**
Quantificazione del rumore di diversi tipi di imbarcazioni ..... **Error! Bookmark not defined.**
Metodologia 6
Le campagne in cifre 6
Le registrazioni 8
Svolgimento ..... **Error! Bookmark not defined.**
Analisi 10
Frequentazione e quantificazione del rumore nelle zone A e C ..... **Error! Bookmark not defined.**
Quantificazione del rumore di diversi tipi di imbarcazioni ..... **Error! Bookmark not defined.**
Risultati 14
Frequentazione e quantificazione del rumore nelle zone A e C ..... **Error! Bookmark not defined.**
Quantificazione del rumore di diversi tipi di imbarcazioni ..... **Error! Bookmark not defined.**
Discussione ..... **Error! Bookmark not defined.**
Quantificazione del rumore nelle zone A e in zona C ..... **Error! Bookmark not defined.**
Quantificazione del rumore di diversi tipi di imbarcazioni ..... **Error! Bookmark not defined.**
Ringraziamenti 19

In breve

Il Parco Nazionale delle 5 Terre, l'Università della Sorbonne (F) e l'istituto Chorus (F) hanno sottoscritto una convenzione C20/0173 per svolgere dei progetti di ricerca e monitoraggio di habitat sensibili nell' area marina protetta (AMP) del Parco Nazionale che si sono svolti a maggio e a luglio del 2020. I progetti sono condotti dal Dr. Lorenzo Bramanti (LECB- CNRS) e la Dr. Lucia Di Iorio (Institut Chorus) in stretta collaborazione con la direzione del Parco.
I lavori si dividono in due parti principali:

1) Una ricerca innovativa per studiare la funzione delle foreste di gorgonie (aumento biodiversità) ascoltando le impronte sonore create dalle specie che vivono nelle foreste di gorgonie
2) La quantificazione del rumore antropico nell'AMP e la valutazione dei possibili effetti per sostenere la promozione di misure sulla riduzione dell'impatto del rumore antropico subacqueo su organismi e habitat sensibili.
3) *Extra: La valutazione dell'effetto lockdown sugli habitat dell'AMP.*

Nella prima relazione abbiamo tratto Questa relazione intermedia è relativa alla parte 2 e 3, cioè alla quantificazione della frequentazione dell'AMP e del livello di rumore antropico costituito dall'attività nautica motorizzata, al possibile impatto sulla fauna e alla valutazione dell'effetto lockdown e delle misure di riduzione dell'impatto acustico prese dal Parco. Questa relazione è relativa alla parte 1, e tratta l'impronta acustica delle foreste di gorgonie per valutarne la funzione di "rifugio" di biodiversità e attività biologica. Il progetto descritto in questo documento, si iscrive nella dinamica del Parco di promuovere una ricerca originale su habitat e biodiversità per promuoverne e aumentarne la conservazione.

Contesto

Le foreste di gorgonie

Le gorgonie sono caratterizzate da strutture arborescenti che, ad elevate densità, possono formare vere e proprie foreste (foreste animali, sensu (Rossi et al. 2017) che forniscono riparo per gli stadi giovanili di numerose specie (Fig. 1, © *R. Rinaldi*). All'interno delle foreste di gorgonie, inoltre, le condizioni fisico chimiche (corrente, sedimentazione, luce, etc.) vengono modificate, permettendo la presenza di un elevato numero di specie e contribuendo così all'aumento della biodiversità locale. Specie di questo tipo si definiscono "specie ingegnere" perché sono in grado di modificare l'ambiente e renderlo adatto ad un più alto numero di specie. Le foreste di gorgonie sono quindi un rifugio per un alto numero di specie e svolgono dunque un ruolo cruciale per gli habitat costieri. La loro conservazione determina anche la conservazione della biodiversità a loro associata.

Nel Mar Mediterraneo, le gorgonie sono vulnerabili ai fattori di stress ambientale e la distruzione delle loro popolazioni porta alla perdita di biodiversità. L'aumento della temperatura dell'acqua sta causando un notevole declino delle foreste di gorgonie (fino al 60% di perdita di biomassa) e della biodiversità ad esse associata attraverso eventi di mortalità di massa, epidemie e diffusione di specie invasive, con conseguenze a lungo termine sul funzionamento dell'ecosistema. L'IUCN ha evidenziato "*la necessità di comprendere le dinamiche demografiche delle popolazioni di gorgonie, lo stato di salute, e valutare l'efficacia delle azioni di conservazione nel quadro di futuri scenari di cambiamento climatico*". Nonostante questo, non esistono programmi di monitoraggio su larga scala. Il monitoraggio dei cambiamenti delle loro funzioni ecologiche è fondamentale per la conservazione della biodiversità e degli habitat ed è in linea con l'obiettivo dei piani di gestione moderni che si concentrano sulle funzioni ecosistemiche piuttosto che sulle specie. La funzione ecologica delle gorgonie dipende dalla densità e dalla struttura della foresta. Valutare il numero minimo di gorgonie necessario per formare una foresta permette di identificare un'unità minima di conservazione e fissare un obiettivo per la gestione e la conservazione.

L'ecologia acustica

Il mare, in particolar modo il litorale, è ricco di suoni di origine biologica (emessi principalmente da invertebrati e pesci ma anche da cetacei), geofisica (onde, vento, pioggia, ecc.) ed umana (imbarcazioni, pesca, prospezione petrolifera, lavori, ecc.). L'insieme di questi suoni genera dei veri e propri paesaggi sonori sottomarini che costituiscono una preziosa fonte di informazione sull'ecosistema. L'ecologia acustica o eco-acustica, è una disciplina emergente che studia questi paesaggi sonori come parte integra di un ecosistema. E un ramo in crescita con promettenti possibilità di applicazioni pratiche per la ricerca e conservazione degli ecosistemi marini. I suoni di origine biologica riflettono le attività in cui sono coinvolti gli animali che li producono, come ad esempio la riproduzione, la difesa del territorio o di risorse, l'alimentazione, i movimenti ecc., ed il loro ascolto funziona come uno stetoscopio delle attività e/o comportamenti animali e strategie di vita, fornendo informazioni su funzioni vitali di diversi organismi marini. La diversità e l'abbondanza dei suoni emanati da un habitat forma un'impronta acustica che riflette la diversità e l'attività delle comunità animali (invertebrati e pesci). Lo studio delle caratteristiche dei paesaggi sonori, quindi, può dare informazioni sulla biodiversità di un ecosistema, la sua "vitalità", il suo stato di salute, senonché dei livelli di protezione di un habitat. L'acustica può fornire informazioni sulle specie invisibili e le loro attività 24 ore al giorno e a lungo termine e rappresenta un metodo adatto ed efficiente per conoscere la biodiversità nascosta.

L'aspetto innovativo del nostro progetto è l'uso dell'eco-acustica per lo studio degli hotspot di biodiversità, come le foreste di gorgonie nelle quali la quantificazione della diversità, dell'abbondanza e dell'attività degli animali che vivono all'interno delle foreste può essere tecnicamente difficile e richiedere molto tempo, specialmente in ambienti profondi.

Obbiettivi

Nell'ambito dell'ecologia della conservazione, negli ultimi decenni si è passati dal concetto di conservazione delle specie al concetto di conservazione delle funzioni, del ruolo ecologico nell'ecosistema. L'obiettivo della conservazione dovrebbe dunque essere quello di focalizzarsi sulla foresta più che sulla specie in sé stessa. Nel presente progetto i quesiti sono dunque i seguenti:

1. La ricchezza e diversità sonora degli invertebrati presenti in una determinata superficie presenta differenze in presenza o assenza di gorgonie?

2. Esiste una relazione tra struttura e densità delle foreste di gorgonie ed impronta acustica associata?
3. Esistono gradienti sonori di diversità e ricchezza capaci di informarci sullo stato di conservazione delle foreste di gorgonie?

Il primo quesito permette di identificare se le pareti con foreste di gorgonie mostrano più ricchezza sonora (diversità e attività acustica) di pareti senza o con poche gorgonie. Un esito positivo dimostrerebbe che la presenza di gorgonie arricchisce l'impronta acustica dimostrando un aumento della "vitalità" associata alle foreste.

Il secondo quesito permette di stabilire se c'è un nesso tra la demografia delle gorgonie e l'impronta sonora. Cioè se la densità e la struttura della foresta influisce sulla ricchezza sonora.

Nel caso i risultati confermassero i primi due quesiti, il terzo permetterebbe di identificare se l'impronta sonora puo' servire a individuare un'unità minia di conservazione per le gorgonie (i.e., quante gorgonie ci vogliono per fare una foresta) basata sul loro ruolo ecologico.

Metodologia

La campagna in cifre

Periodo	**22/07/19 – 02/08/20**
CHORUS	Lucia Di Iorio (responsabile)
LECOB-CNRS	Lorenzo Bramanti (responsabile) & Bruno Hesse
Parco Nazionale delle 5 Terre	Claudio Valerani, Beppe Rollandi & Massimo Andreoli
Numero e tipo di materiale acustico usato	6 EA-SDA14 (RTSYS®), 16 hydrophones HTI-92-WB (High Tech. Inc.)
Mezzi nautici usati	1 gommone del Parco
Numero di pareti ascoltate	4
Numero di gironi registrazioni gorgonie	20
Dati raccolti	1.5 To (terabites)

Svolgimento

CALENDIARIO E SITI DI ASCOLTO

La campagna sulle gorgonie è stata effettuata nella seconda metà di luglio del 2020.

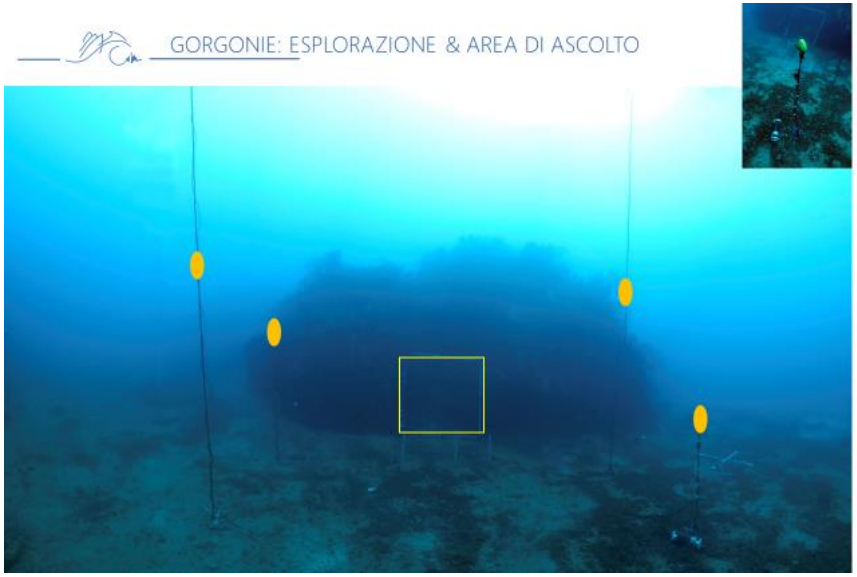
	21-Jul	22-Jul	23-Jul	24-Jul	25-Jul	26-Jul	27-Jul	28-Jul	29-Jul	30-Jul	31-Jul	01-Aug
	esplorazione											
Parete 1 - controllo		posa			recupero			posa			recupero	
Parete 2 - gorgonie			posa					recupero				
Parete 3 - controllo					posa			recupero				
Parete 4 - gorgonie								posa				recupero

Il primo giorno della campagna è stato dedicato al reperimento delle pareti rocciose, in base alla struttura e densità dei popolamenti di gorgonie. Poiché al Mesco (44.1328 N & 9.6352 E) è stata trovata a 28.6m una parete pressoché verticale con quadrati privi di gorgonie ed altri con gorgonie di diverse densità, si è deciso di usarla come "laboratorio" per il presente progetto (Fig 2). Su questa parete sono stati scelti 4 quadrati di 3mx3m, 2 con e 2 privi o quasi di gorgonie rosse (*Paramuricea clavata*), specie emblematica del Mediterraneo e particolarmente vulnerabile al riscaldamento climatico. Dovendo effettuare delle rotazioni con i registratori, gli ascolti venivano effettuati simultaneamente su due pareti, una con gorgonie, una di controllo. Per ogni parete sono stati raccolti dati per almeno 4 giorni di ascolto.

Fig. 2: Schema della parete ascoltata con i quattro quadrati di 3x3m con (gorgo) e senza gorgonie (control).

CALCOLO DELLA GEOMETRIA DI ASCOLTO E TRIANGOLAZIONE

Per poter descrivere e quantificare l'importa sonora di un quadrato su una parete bisogna poter localizzare la posizione del suono emesso. Poiché in mare con un idrofono si ascolta il suono che proviene da ogni direzione e non esistono microfoni direzionali, si deve ricorrere alla triangolazione. In questo caso si basa sul tempo di arrivo di un suono a più idrofoni sistemati in una geometria predefinita che dipende dal tipo di suono da localizzare e il posizionamento di ognuno degli idrofoni. La geometria (posizionamento degli idrofoni, Fig. 2) si ottiene con simulazioni che permettono di variare la grandezza dell'area di ascolto, la distanza e altezze degli idrofoni ecc. Il confronto della precisione di localizzazione sulla superfice scelta viene poi utilizzato per scegliere la geometria più adatta alla parete che si vuole studiare. Il calcolo della geometria di ascolto è dunque fondamentale effettuarlo prima di effettuare le registrazioni ed è più preciso se la parete è già stata identificata e caratterizzata: pendenza, posizionamento delle gorgonie, grandezza ecc. (Fig. 3). Le descrizioni delle pareti in seguito all'immersione di esplorazione sono state usate per mettere a punto la geometria da applicare.



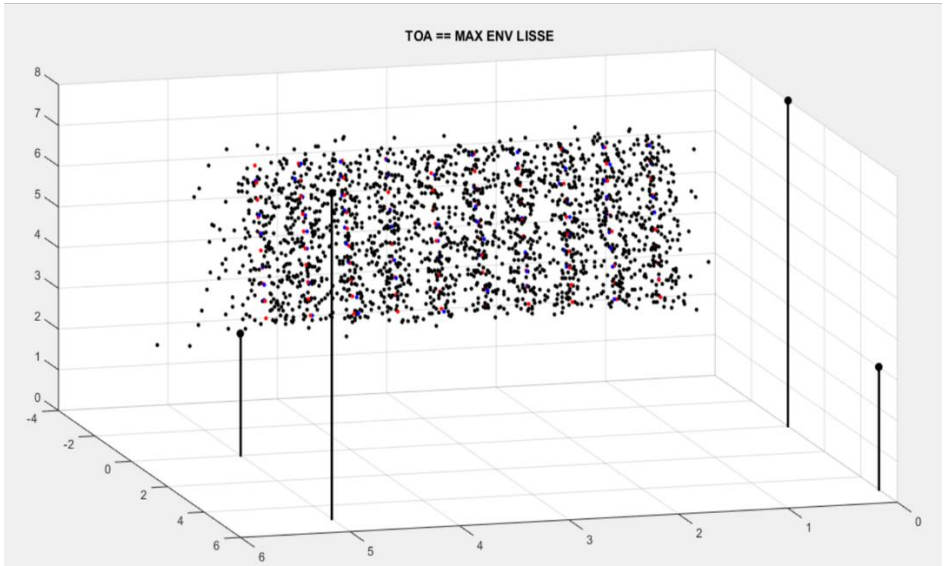


Fig. 3: Sinistra: parete di gorgonie con al centro l'area da studiare. In giallo, i 4 idrofoni posizionati intorno alla parete ad altezze diverse, tutti collegati allo stesso registratore. A sinistra: Simulazione delle localizzazioni (punti neri) su una griglia (punti rossi) all'interno della superfice da studiare. Me barre nere indicano la geometria degli idrofoni a distanze e altezze diverse dalla parete.

LE REGISTRAZIONI

Materiale acustico e sistema di fissazione

Dei registratori di tipo EA-SDA14 de RTSYS® (F) e 16 idrofoni HTI-92-WB (High-Tech Inc, USA), sistemi di alta qualità capaci di registrare lo stato 0 del moto ondoso, sono stati messi a disposizione da CHORUS con le caratteristiche seguenti:

EA-SDA14 (RTSYS) con HTI-92 : Sensibilità di -155 dB re 1 V/µPa, Amplificazione : 0 dB, bits : 24, Dinamica : 2.5V. La frequenza di campionamento per questo studio di 156 kHz. Il ciclo di registrazione era continuo o di 20 minuti con intervalli di 10 minuti. Per i sistemi a 4 idrofono usati per l'ascolto delle impronte acustiche delle pareti, i registratori sono stati fissati a blocchi di cemento di 25kg ca. Gli idrofoni invece sono stati collocati a una cima mantenuta alla verticale da una piccola boa di sub-superfice (non -comprimibile) di 1L ca. I 4 idrofoni, posizionati o a 1m o 4m dal fondo, formavano un quadrato. La geometria è stata scelta in base ai risultati della simulazione (Fig. 3). I cavi erano fissati a pesi di 10kg ciascuno (Fig. 4). Il materiale veniva preparato e programmato a terra e installato e recuperato in immersione.

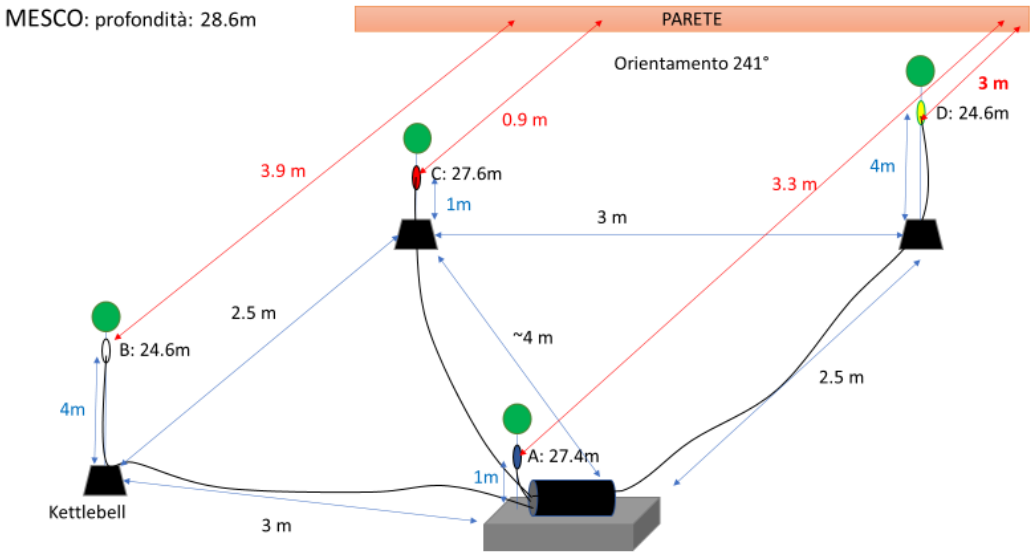


Figura 4: Foto del registratore sulla zavorra con un idrofono. Schema della geometria usata per caratterizzare le impronte acustiche sulla parete.

I DATI DEMOGRAFICI DELLE PARETI

La densità e struttura delle foreste di gorgonie è stata misurata sulla superficie di circa 3x3 metri all'interno della geometria di sensori. A questo proposito le misure (numero, taglia, specie, ecc.) sono state prese su quadrati di 1x1m all'interno della superfice per ottenere 9 quadrati in tutto come indicato nello schema seguente.

C3	C4	C9
C2	C5	C8
C1	C6	C7

Figura 5. Schema della zona d'intreresse sulla parate di 3m x 3m, nella quale per ognimetro quadro (C1 a C9) sono stati rilevati dati demografici delle foreste di gorgonie (quando presenti).

Sugli stessi quadrati saranno poi localizzate le fonti sonore (principalmente invertebrati) tramite la rete di idrofoni che permetterà di misurarne la diversità, abbondanza e energia acustica.

Analisi

Demografia delle foreste

Le pareti scelte per lo studio presentano diversi gradi di colonizzazione, con un gradiente che va dalla parete Gorgo2, con una densità di 26 gorgonie m^{-2} (± 7.3 SD) alla parete Vide1 in cui non ci sono gorgonie. Tra i due estremi abbiamo la parete Gorgo1 (19.4

gorgonie m^{-2} (± 7.4 SD) e la parete Vide2 (8 gorgonie m^{-2} (± 7.6 SD). La taglia media delle gorgonie è molto simile tra le pareti con 29.7 cm (± 2.5 SD) in Gorgo1, 27.6 cm (± 6.5 SD) in Gorgo2 e 28.8 cm (± 13.3 SD) in Vide2. (Fig 6)

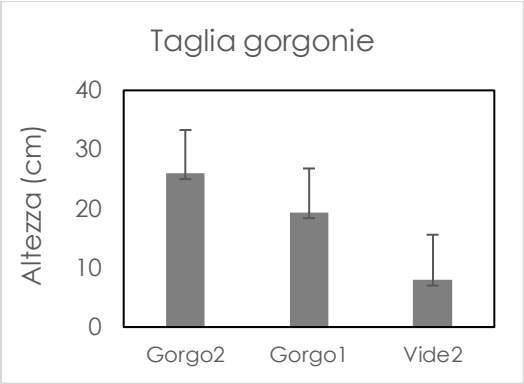


Figura 6. Altezza media delle gorgonie nelle diverse pareti

Le strutture demografiche delle tre pareti, invece, sono leggermente differente, con una maggiore frequenza di gorgonie di grandi dimensioni nella parete con più bassa densità (Vide2) ed una più alta densità di gorgonie di piccole dimensioni nella parete con la densità più alta (Gorgo2) (Fig 6).

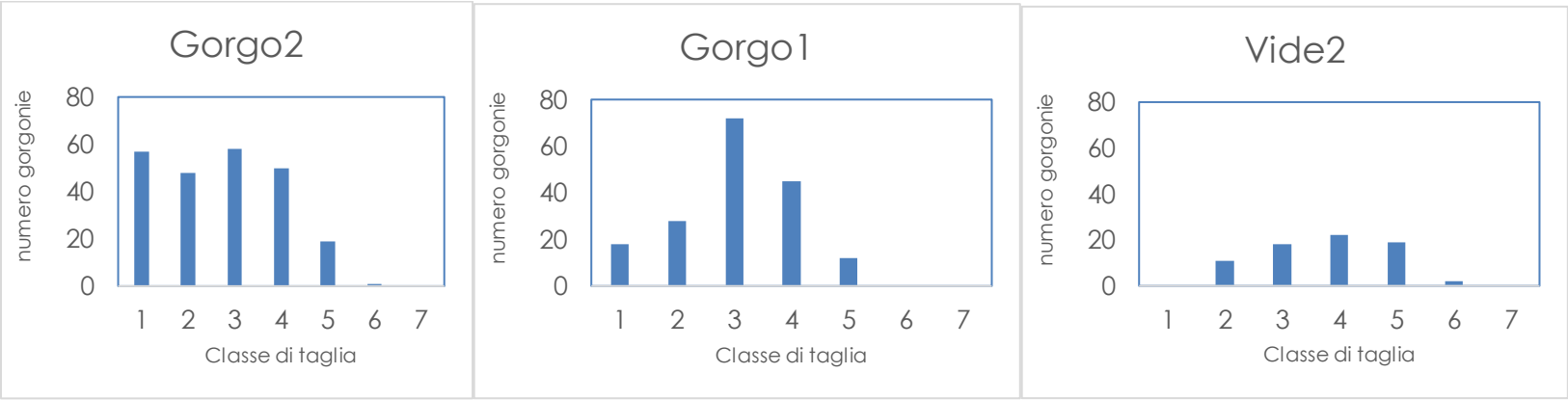


Figura 7. Struttura demografica delle 3 pareti oggetto del presente studio. La classi di taglia vanno dalla 1(<10 cm di altezza) fino alla 7 (> 70 cm di altezza).

Detezione, localizzazione e quantificazione

L'obiettivo è quello di rilevare, datare, localizzare i singoli pulsi di invertebrati bentonici e calcolare le loro caratteristiche acustiche (Fig. 8). Il suono emesso dalla sorgente arriva a ogni idrofono del registratore ritardato dal tempo di propagazione del suono tra la posizione della sorgente e il ricevitore. Il primo livello è quello della detezione dei singoli suoni al di sopra del rumore ambientale. Il metodo utilizzato e la descrizione matematica della triangolazione e precisione di triangolazione è quello descritto da Gervaise et al. 2019 (in allegato).

Una sorgente con posizione {x, y, z} produce un suono con una direzione di arrivo rispetto agli idrofoni descritta da 2 angoli: l'azimut α che misura l'angolo tra l'est e la proiezione della direzione di arrivo sul piano orizzontale (positivo verso Nord), e l'elevazione θ che misura l'angolo tra questa tra questa proiezione e la direzione di arrivo sul piano piano verticale (positivo verso l'alto). Al fine di coprire tutto lo spazio, l'azimut varia tra 180 e +180 e l'elevazione tra 90 e +90. In questo modo, tutte le possibili direzioni di arrivo si trovano su una sfera intorno alla geometria di ascolto (Fig. 9). Quando i suoni provengono da una superficie come una parete di distanza e orientamento dai sensori conosciuti, si possono calcolare la posizione precisa della fonte sulla parete (fino a 20cm di precisione), il livello sonoro alla fonte (SL, dB re µPa a 1 m), il numero di suoni emessi (e localizzati) per unità di tempo all'interno dell'area di interesse (Fig. 9). **La metrica utilizzate per quantificare l'attività sonora della fauna nelle foreste di gorgonie è il numero di suoni localizzati per decimetro quadro per ora (N/dm²/h).** Inoltre a questa metrica, per ogni parete è stato usato un istogramma delle **frequenze picco** calcolate per ogni suono localizzato per definire delle **famiglie di suoni**, che rappresentano un proxy della diversità (Coquereau et al. 2016). Essendo questi pulsi molto abbondanti ma involontari, cioè non emessi per comunicare tra individui ma artefatti i movimenti o comportamenti (nutrizione), questi suoni non sono molto diversificati. E stato però dimostrato che le frequenze picco, se in grande numero, possono rispecchiare specie diverse (Di Iorio et al. 2012; Coquereau et al. 2016; Lossent et al. 2017).

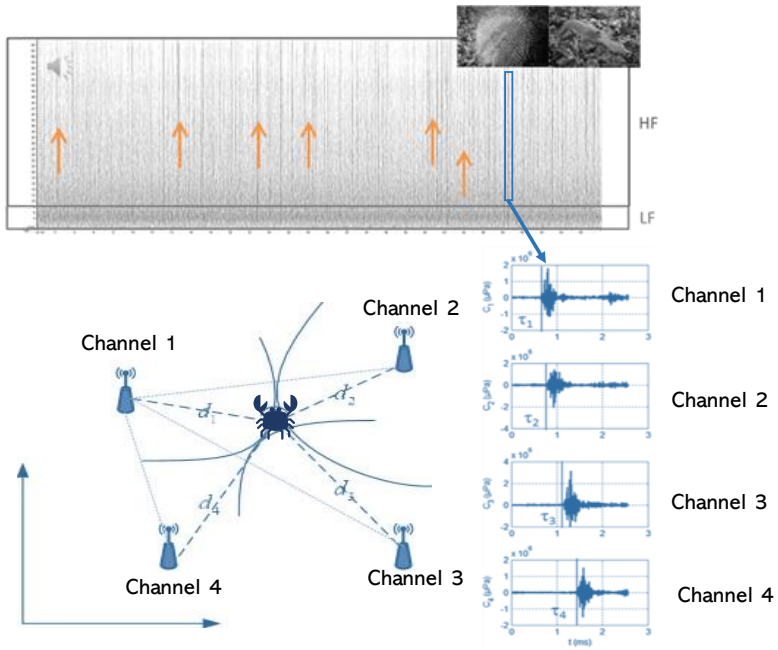


Figura 8. Schema rappresentante la triangolazione. In alto uno spettrogramma nel quale si vedono i suoni (pulsi) bentonici rappresentati dalle righe verticali e indicati dalle frecce. In basso a sinistra, quattro sensori con fonte sonora (granchio). Il suono emesso dal granchio arriva ai 4 sensori a istanti leggermente diversi (rappresentati nel diagramma di destra) perché a distanze diverse ($d_{1,2,3,4}$) dalla fonte.

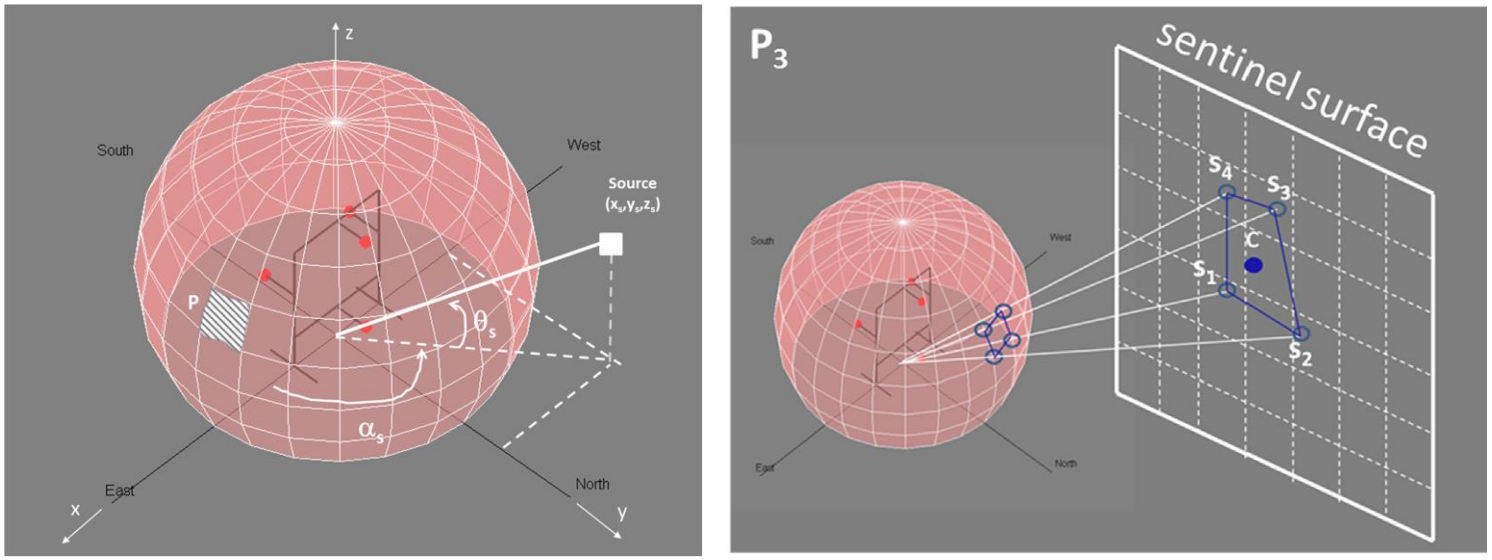


Figura 9. Rappresenazione di tutte le direzioni possibili di arrivo (sinistra) in base all'azimut e l'elevazione. {xs, ys, zs} sono le coordinate cartesiane della posizione della sorgente sonora. α_s rappresenta l'azimut e θ_s l'elevazione della posizione della sorgente sonora. Conoscendo la distanza e orientamnento conosciuti, si ottiene la posizione sulla parete (punto blu). Preso da Gervaise et al. 2019.

Cartografia acustica dell'area d'interesse sulla parete

L'area di interesse della parete è costituita dai 9 quadrati di 1m x 1m nei quali sono stati prelevati i dati demografici delle gorgonie. Le metriche calcolate in base alle localizzazioni che rispecchiano la ricchezza e l'attività della fauna associata alle foreste, sono le seguenti:

1) Cartografia della probabilità di localizzare un suono sull'area di interesse e quindi dell'attività "acustica" della fauna
2) Cartografia dell'abbondanza/densità globale di suoni per dm^2 per ora su tutta l'area di 3m x 3m
3) Diversità sonora: Per ogni famiglia di frequenza (stabilite dagli istogrammi di ogni parete (Fig. 10)), la cartografia su tutta l'area e la densità di suoni per quadrato di 1 m^2 (C1 a C9, Fig. 5)
4) Altre metriche quantitative come la densità e la percentuale di suoni per ogni famiglia per m^2 per parete da correlare con i dati di demografia

Risultati

Cartografia acustica delle pareti e metriche estratte

1) CARTOGRAFIA DELLA PROBABILITÀ DI ATTIVITÀ ACUSTICA

Dopo aver ponderato per i cicli di registrazioni diversi, è stata stimata le visualizzata a probabilità di attività acustica per ogni parete (Fig. 10). Da questa analisi si osserva che la probabilità di attività acustica minore si riscontra nella parete control 1 e la maggiore nella parte Gorgo 2. L'La probabilità di attività acustica della fauna aumenta quindi con il numero e densità di gorgonie. Ciò indica che le foreste di gorgonie influiscono sull'attività della fauna associata.

GORGO 2 (higher dens, bigger gorgonians)	GORGO 1 (low dens)	CONTROL 2	CONTROL 1

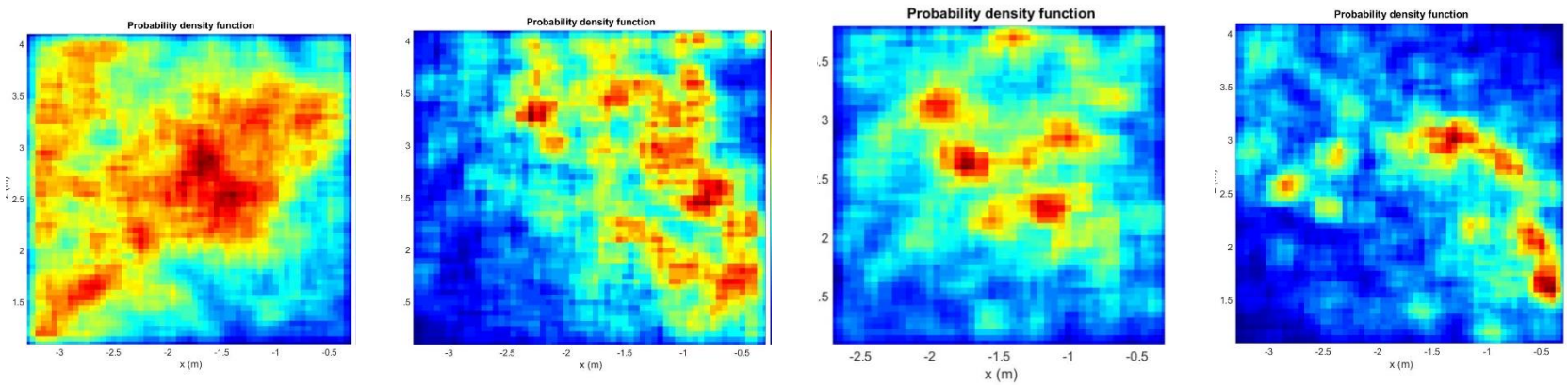


Figura 10. Cartografie acustiche (probabilità di attività sonora) delle 4 pareti studiate. Più il colore è rosso, maggiore è la probabilità di attività acustica.

Dalla sovrapposizione delle carte acustiche alle pareti, si nota che le zone di attività spesso coincidono con strutture esistenti (Fig. 11).

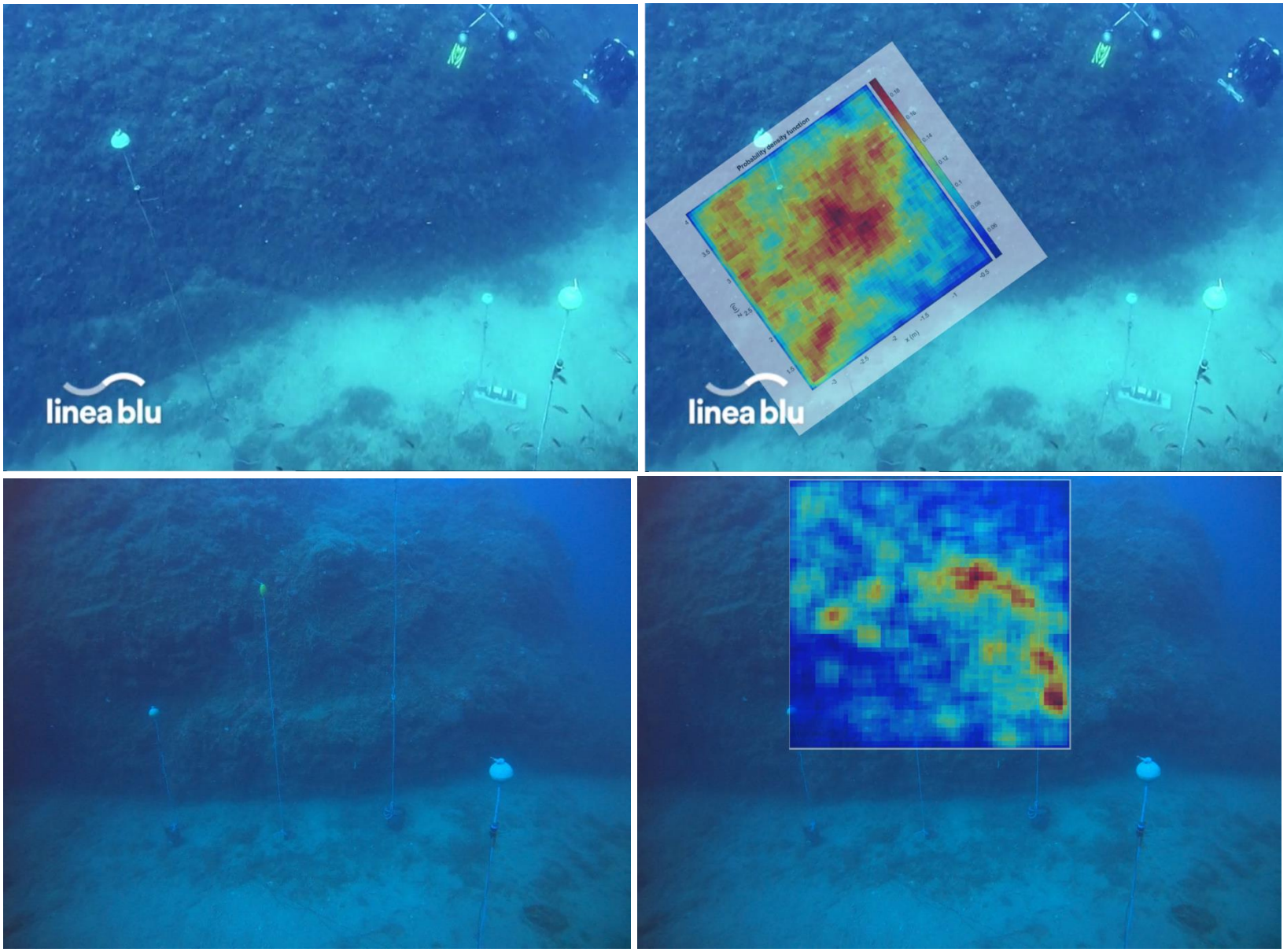


Figura 11. A sinistra, geometria di ascolto con il quadrato formato dagli idrofoni e la parete di ascolto. A destra, sovrapposizione della cartografia acustica con la parete sottostante. In alto Gorgo 2, in basse, Control 1.

2) CARTOGRAFIA DEL NUMERO DI SUONI/DM²/ORA SU TUTTA L'AREA DI ASCOLTO

L'abbondanza di suoni si è dimostrata anche essa evidenziare differenze tra pareti (Fig12). L'abbondanza, o piuttosto la densità sonora globale rappresentata dal numero di suoni/dm²/ora era di 4752 per Control 1, 11221 per Control 2, 4664 per Gorgo1 e 19094 per Gorgo 2. C'è da sottolineare che la registrazione della parete Gorgo 1 prenotava un'anomalia di livello di livello sonoro, con cali di sensibilità in due tracce che possono aver influenzato la detezione dei suoni in maniera negativa. Bisogna dunque trattare con cautela i risultati di densità sonora della parete Gorgo 1. Sarà necessario ripetere le misure.
Escludendo Gorgo 1, la parete con le densità più elevate, è Gorgo 2 seguita da Control 1 e da Control 2. Gorgo 2 ha dunque una densità sonora più elevata delle pareti controllo, che va da un fattore 2 a un fattore 4! Ciò indica che le gorgonie influiscono positivamente sull'attività o abbondanza delle specie associate.

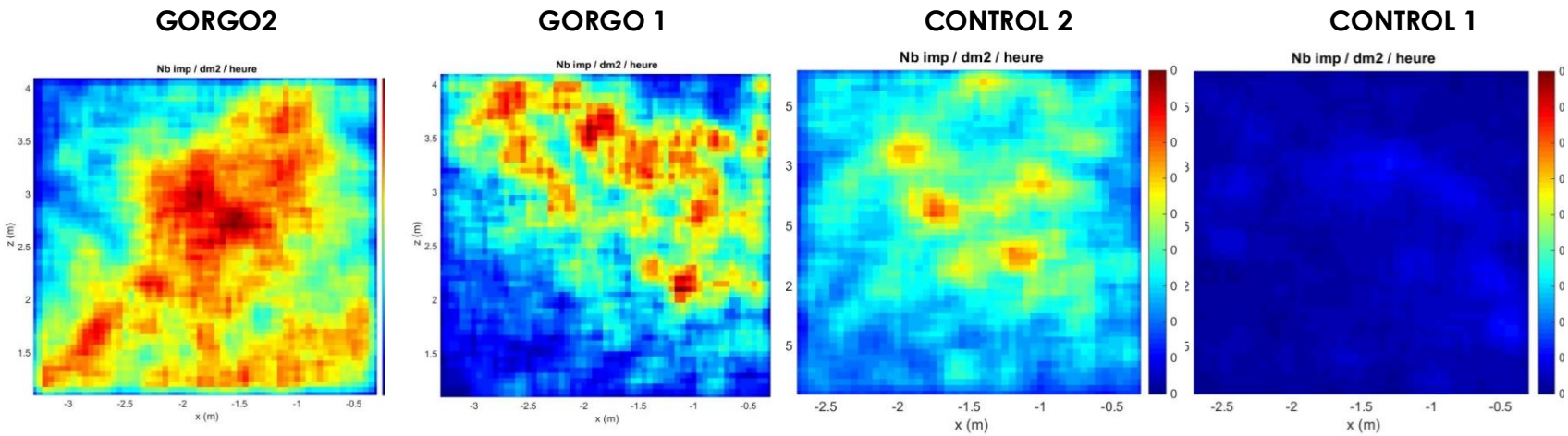


Figura 12. Cartografie acustiche del numero di suoni per dm² all'ora delle 4 pareti studiate. Più il colore è rosso, maggiore è la densità di suoni.

3)DIVERSITÀ SONORA- CARTOGRAFIA E DENSITÀ PER M²

Il numero di famiglie di frequenze che rapprendano un proxy della biodiversità, risulta maggiore sulle pareti con le foreste piuttosto che sulle pareti di controllo. Infatti, in Gorgo 2 si contano 11 famiglie, in Gorgo 1 10 famiglie, in Control 1 7 famiglie e in Control 2 8 famiglie. Le foreste di gorgonie sembrano dunque influire anche sulla diversità. Alcune famiglie sono comuni a tutte le pareti, come ad esempio la famiglia tra i 3000 e gli 8000Hz che corrisponde ai gamberi pistola, specie presente in tutte le zone rocciose.

Relazione tra demografia e diversità acustica

L'obiettivo del progetto era quello di verificare l'esistenza di una relazione tra la densità di suoni e demografia delle gorgonie. La densità di suoni può essere considerata cioè una approssimazione della diversità biologica, cioè del numero di specie associate alla foresta di gorgonie.

Estrapolando il dato dalle singole pareti, le analisi dei dati dimostrano una chiara relazione tra la densità di gorgonie (gorgonie m^{-2}) e la densità sonora indicando quindi una relazione positiva tra funzione (diversità biologica) e demografia (densità della foresta) (Fig 13). E' importante notare come la relazione tra funzione e demografia è rappresentata da una curva di potenza (Fig 13), che suggerisce che la biodiversità associata tende ad un valore soglia che dovrebbe rappresentare la massima biodiversità sostenibile da una foresta di gorgonie.

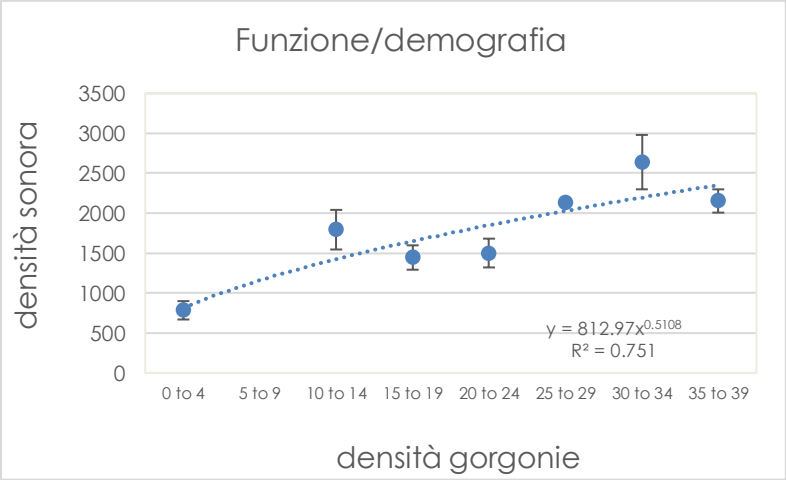


Figura 13. Relazione tra densità di gorgonie e densità sonora. La relazione positiva tra questi due valori indica che al crescere della popolazione di gorgonie, cresce anche la biodiversità associata e quindi la funzione ecologica della foresta di gorgonie è legata alla sua struttura demografica.

La curva in Fig 13 mostra inoltre che un certo livello di biodiversità è presente anche su pareti prive di gorgonie. Sarebbe quindi interessante analizzare i dati più in profondità per capire se le specie presenti all'interno delle foreste di gorgonie sono le stesse che si trovano all'esterno o se sono completamente diverse. Un'ulteriore analisi dei dati diurno e notturni potrebbe inoltre aiutare a comprendere se la frequentazione della foresta di gorgonie da parte delle diverse specie è regolare o catemerale.

In conclusione, i dati a nostra disposizione non ci permettono di individuare il valore soglia della densità di gorgonie oltre il quale la biodiversità associata non aumenterebbe ma l'andamento della curva suggerisce che ci troviamo ancora lontano dalla massima biodiversità e che quindi la conservazione dovrebbe avere come obiettivo foreste di gorgonie con densità superiori alle 40 unità per metro quadro.

Ringraziamenti

Ringraziamo tutta la direzione del Parco Nazionale delle 5 Terre ed il team! Un grazie particolare a Beppe e Massimo per la loro disponibilità, professionalità e aiuto logistico in mare e a terra. La raccolta di dati non sarebbe stata possibile senza il prezioso aiuto di Bruno Hesse dell'Observatoire Oceanologique di Banyuls-sur-mer che insieme a Lorenzo Bramanti ha assicurato lo svolgimento delle operazioni subacquee. Ringraziamo anche l'Hotel Marina Piccola per aver messo a disposizione i propri locali ad uso deposito per il materiale subacqueo e scientifico. Si ringraziano inoltre tutti i proprietari/conducenti delle imbarcazioni che hanno partecipato alle misurazioni del rumore.