MONITORAGGIO DEI DELFINI E CARTOGRAFIA DELL' AMP

Relazione finale della campagna 2021

Autore :

Dr. Lucia Di Iorio
CEFREM, Université de Perpignan
Con la partecipazione di
Dr. Cédric Gervaise
Institut Chorus, Grenoble

UNIVERSITÉ PERPIGNAN VIA DOMITIA

CEFREM

LECOB UMR 8222 UPMC - CNRS

PARCO NAZIONALE DELLE CINQUE TERRE
Area Marina Protetta delle Cinque Terre

Indice

Auteur du rapport 1
In breve 3
Contesto e obiettivi 4
Materiali e metodi 5
La campagna in cifre 5
Le registrazioni 5
Analisi 10
Risultati e discussione 13
Monitoraggio dei delfini 13
NUMERO DI RILEVAMENTI E PROBABILITÀ DI FALSI ALLARMI 13
AVVISTAMENTI SONORI DI DELFINI 13
..... 14
Cartografia sonora 15
DIVERSITÀ SONORA E CATEGORIE DI SUONI 15
ABBONDANZA RELATIVA DI SUONI DI PESCI 18
TRAFFICO MARITTIMO 20
Figura 12: Traffico marittimo medio all'ora nei siti di ascolto 21
Conclusione 21
Bibliografia 23

In breve

Il Parco Nazionale delle 5 Terre, l'Università della Sorbonne (F) e l'Università di Perpignan (F) hanno sottoscritto una convenzione per svolgere progetti di monitoraggio e ricerca nell' area marina protetta (AMP) del Parco Nazionale. I progetti, che si sono svolti nel mese di luglio 2021, sono condotti dal Dr. Lorenzo Bramanti (LECB- CNRS) e la Dr. Lucia Di Iorio (CEFREM - Università di Perpignan) in stretta collaborazione con la direzione del Parco.
I lavori si dividono in tre parti:

1) Il monitoraggio del traffico ed il livello di rumore antropico costituito dall'attività motonautica e la valutazione delle misure di riduzione dell'impatto prese dal Parco;
2) Il monitoraggio della presenza di delfini nell'AMP
3) La produzione di cartografia acustica dell'AMP che sovrappone rumore antropico con suoni della fauna (abbondanza, diversità etc.) per identificare zone potenzialmente sensibili e impattate dal rumore umano.

Questa relazione è relativa alle parti 2 e 3, cioè alla valutazione della biofonia (suoni biologici: cetacei e pesci) mediante una cartografia sonora dell'AMP e al rapporto tra biofonia e rumore antropico.

Contesto e obiettivi

Nel 2020, durante il periodo del lockdown legato alla pandemia di Covid19, è stata rilevata una presenza acustica regolare di delfini tursiopi, in particolar modo la notte. Dal tipo di suoni emessi, clics di ecolocalizzazione e "bray calls" (Pace et al. 2022), si assume che gli animali venissero principalmente nell' AMP per nutrirsi. I tursiopi (come altre specie di delfinidi) sono infatti noti per possedere un vasto repertorio di vocalizzazioni che adattano ai loro comportamenti e che ci permettono, talvolta, di attribuire un significato funzionale ai diversi tipi o le diverse combinazioni di suoni. Il repertorio consiste nei seguenti suoni (Fig. 1):

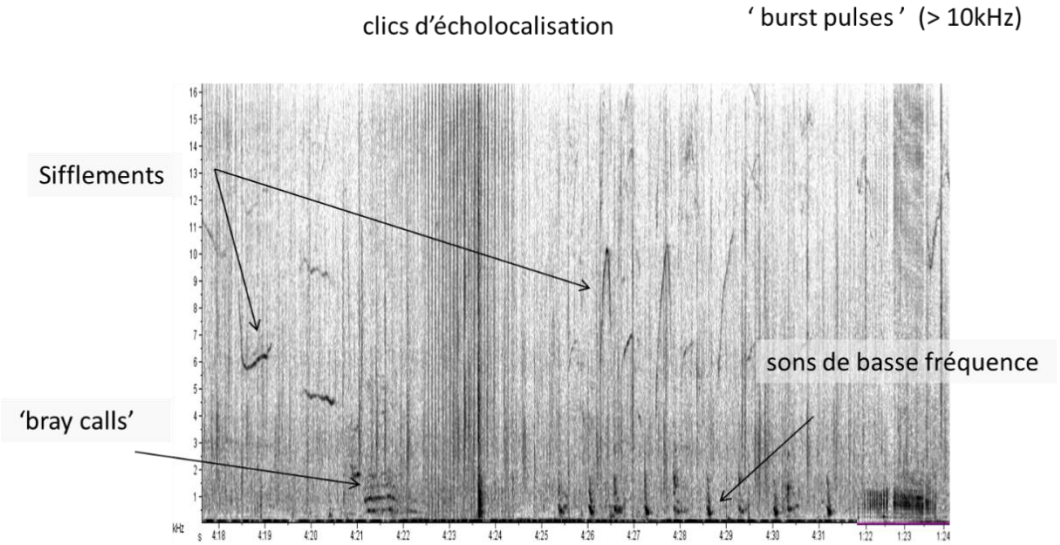


Figura 1 : Specttrogramma dei tipi di vocalizzazioni di tursiopi (registrazione fatta nel Parco naturale della Mer d'Iroise (Bretagna), progetto AcDau).

- *I Click di ecolocalizzazione vengono usati per la caccia e l'orientamento*
- *I "burst pulses", pulsi a raffica (>> 10kHz) vengono emessi durante le interazioni sociali (competizione)*
- *I "Bray alls", sono legati soprattutto a comportamenti di caccia (manipolazione del cibo?) e ad altri contesti sociali con suoni di bassa frequenza.*
- *I Suoni di bassa frequenza sono spesso udibili durante le interazioni sociali*
- *Il fischio (4 - 20kHz) emesso durante le separazioni tra individui e in qualsiasi altro contesto, è il tipo di vocalizzazione più frequente ed il più vario.*

La sottopopolazione mediterranea del tursiope (*Tursiops truncatus*) è classificata come "vulnerabile" nella lista rossa dell'IUCN ed è quindi oggetto di monitoraggi specifici nel bacino mediterraneo. Acquisire conoscenze sulla struttura della popolazione, la ripartizione, la frequentazione e la funzionalità (alimentazione, riposo, ecc.) dei siti di residenza o di passaggio è necessario per la protezione della specie.

Lo studio dei paesaggi sonori permette di seguire simultaneamente la biodiversità, lo stato dell'habitat e la pressione umana dovuta alle attività rumorose come ad esempio l'attività motonautica. Essendo un approccio non invasivo, l'acustica passiva permette di "spiare" gli habitat senza interferenze. Benché non tutti gli animali producano suoni, la diversità e ricchezza sonora sono correlate alla diversità e ricchezza tassonomica e allo stato di salute di un habitat (Rossi et al. 2017; Desiderà et al. 2019; Di Iorio et al. 2021). In zone molto turistiche come il Parco Nazionale delle 5 Terre, questo approccio è adatto al monitoraggio simultaneo della fauna e degli habitat sensibili e dell'impatto del turismo. Inoltre, l'applicazione a larga scala spaziale fornisce informazioni permette di stabilire una cartografia sonora di un'area, identificare siti sensibili (riproduzione), ricchi, con alta probabilità di impatto e identificare zone prioritarie di tutela ambientale.

L'**obiettivo** del progetto descritto in questo documento è quello di caratterizzare la frequentazione e studiare l'utilizzo funzionale del tursiope nei mesi estivi e autunnali e di stabilire una cartografia di biodiversità sonora da sovrapporre a quella del traffico e rumore antropico per ottenere delle metriche quantitative di stato e pressione.

Materiali e metodi

La campagna in cifre

Date delle registrazioni	**17/07/21– 28/07/21**
Université de Perpignan	Lucia Di Iorio (responsabile)
LECOB-CNRS	Lorenzo Bramanti (responsabile)
Parco Nazionale delle 5 Terre	Claudio Valerani, Ilaria Lavarello, Alfonso Sabella, Silvia, Massimo Andreoli
Numero e tipo di materiale acustico usato	6 EA-SDA14 (RTSYS®), 16 hydrophones HTI-92-WB (High Tech. Inc.)
Numero totale di siti di ascolto	11
Numero totale di giorni di registrazione	27
Dati raccolti	2 Tb (terabites)

Le registrazioni

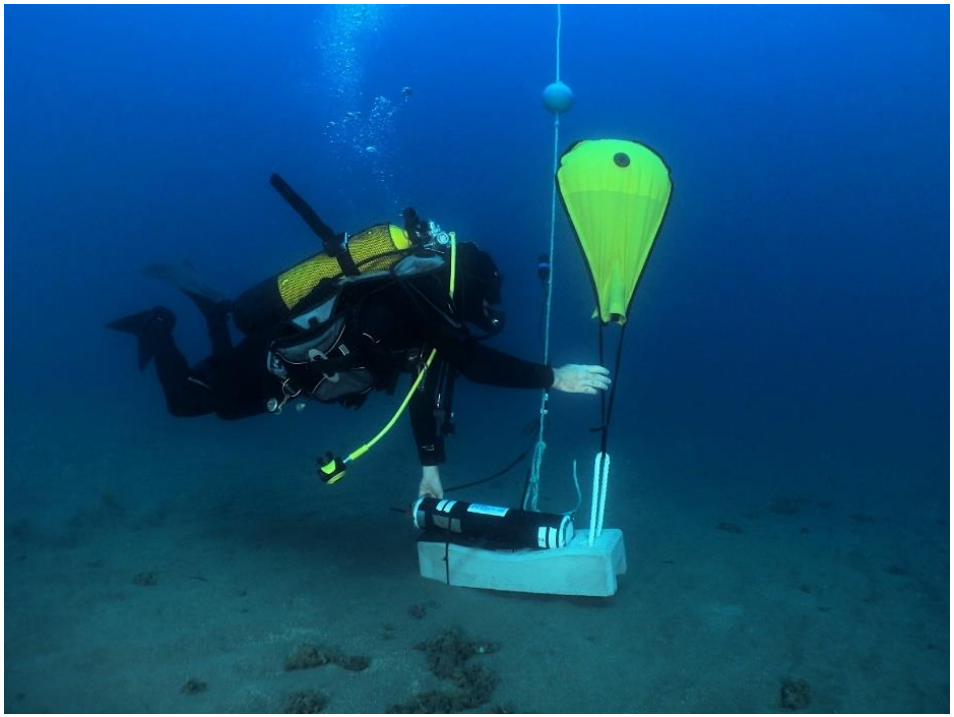
MATERIALE ACUSTICO

2 registratori di tipo EA-SDA14, 4 registratori di tipo SYLENCE della ditta RTSYS® (F) e 8 idrofoni HTI-92-WB (High-Tech Inc, USA) sono stati usati durante la campagna. Questi sistemi sono capaci di registrare lo stato 0 del moto ondoso e sono stati messi a disposizione dall'istituto CHORUS. Le caratteristiche sono le seguenti:

EA-SDA14 e SYLENCE con HTI-92 : Sensibilità di -155 dB re 1 V/µPa, Amplificazione : 0 dB, bits : 24, Dinamica : 2.5V. La frequenza di campionamento per lo studio sul rumore ambientale era di 78 kHz (EA-SDA14) o di 96 kHz (SYENCE). Il ciclo di registrazione era continuo.

Un registratore SYLENCE (RTSYS) con idrofono Colmar 1516 è stato acquistato e utilizzato a fine estate per il monitoraggio acustico su più mesi in zona A del Mesco.

I registratori sono stati fissati a blocchi di cemento di 25kg ca. L'idrofono invece era fissato a una cima mantenuta verticale da una piccola boa di sub-superfice (non -comprimibile) di 1L ca. In questo modo, l'idrofono si posizionava tra 1 e 2 m dal fondo (Fig. 1). Il materiale veniva preparato e programmato a terra e installato e repertato in immersione. Un sistema di posizionamento senza intervento di subacquei è stato usato per le misure in zona C.



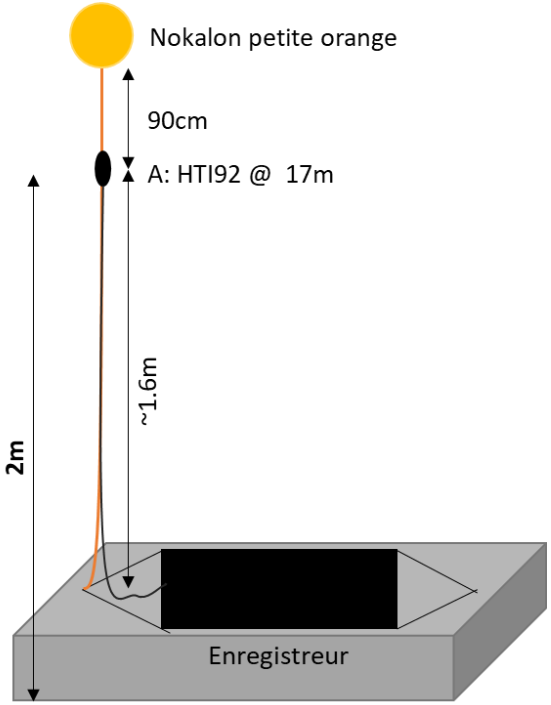


Figura 1: Foto e schema del sistema con il registratore sul blocco e l'idrofono sul cavo verticale. Foto: Alfonso Sablella.

CRONOPROGRAMMA DELLE MISURE SONORE

	17/07/2021	18/07/2021	19/07/2021	20/07/2021	21/07/2021	22/07/2021	23/07/2021	24/07/2021	25/07/2021	26/07/2021	27/07/2021	28/07/2021
Montenero (A)	posa		recupero		posa			recupero - previsioni maltempo	maltempo	maltempo	maltempo	**traghetti**
Cartografia	posa "**Canneto**" e Montenero zona B		recupero & posa **Via dell'Amore** & Corniglia		recupero & posa **Vernazza** e Monterosso		recupero & posa Monterosso (B) & Mesco (B)	recupero - previsioni maltempo	maltempo	maltempo	maltempo	
Mesco (A, Gorgonie)		posa		rotazione		rotazione		recupero - previsioni maltempo	maltempo	maltempo	maltempo	posa monitoraggio
In grasso i siti usati per stimare il traffico ed il rumore associato in zona C per il confronto con le zone A del Mesco e Montenero												

SITI DI ASCOLTO

Le registrazioni sono state effettuate in 11 siti distinti lungo la costa dell'AMP (Fig. 2, Tabella). I siti in zona A del Mesco e di Montenero sono stati monitorati per tutta la durata della campagna mentre per la cartografia, gli idrofoni venivano spostati dopo 48h. Per poter confrontare la frequentazione e i livelli di rumore con quelli del 2020, i registratori sono stati posizionati negli stessi siti delle zone A monitorati nel 2020. I siti dedicati alla cartografia, sono stati scelti in base alla natura dei fondali (principalmente roccia), ai censimenti visivi effettuati dalla SZN - Anton Dohrn (Guidetti, Bava, Desiderà) nel mese di giugno del 2021 e in base alle conoscenze dell'habitat dei membri del Parco. La mappa seguente (Fig. 2) indica le posizioni di ascolto. Per il monitoraggio dei delfini, alla fine della campagna estiva, il 28 luglio 2021, un idrofono (SYLENCE LP 440 con idrofono Colmar 1516) è stato posizionato al Mesco per ca. 3 mesi in modalità registrazione continua e una frequenza di campionamento di 128kHz.

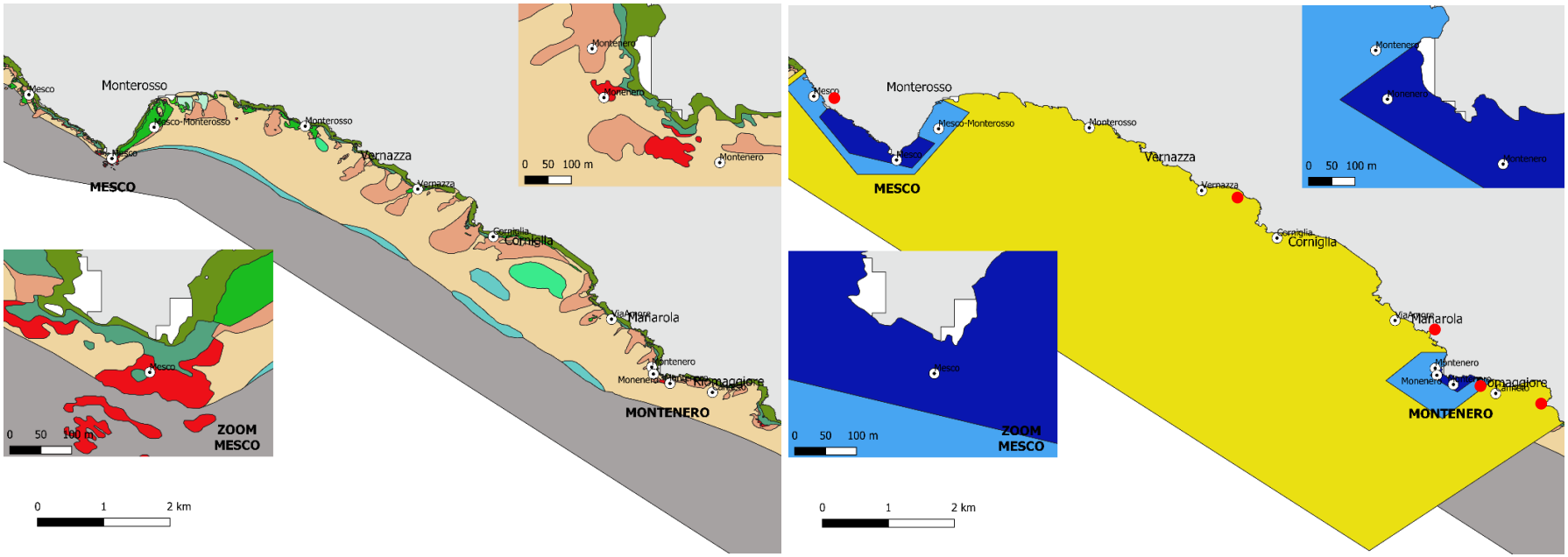


*Figura 2: **Sinistra**: Mappa biocenotica dell'AMP con zoom sui siti protetti della zona A. **Destra**: Mappa delle zone di protezione: blu scuro= zona A (riserva integrale), celeste = zona B (riserva parziale), giallo = zona C (area di protezione). I siti in cui sono state effettuate le registrazioni sono simbolizzati dai cerchi bianchi. In rosso i siti usati per questa relazione sul monitoraggio del rumore antropico.*

Sito	Zona	Lat	Long	Prof (m)	Temp	FC (kHz)
Mesco	A	44.1328	9.6352	28.6	17	156
Montenero 1	A	44.0903	9.7406	29	17	78
Montenero 2	A	44.0921	9.7374	30	17	78
Montenero	B	44.0934	9.7372	25	17	96
"Canneto	C	44.0887	9.7486	19.6	17	96
V Amore	C	44.1024	9.7296	15	18	96
Corniglia	C	44.1181	9.7072	~13	18	96
Vernazza	C	44.1269	9.6929	15.6	18	96
Monterosso	C	44.1389	9.6718	~17	18	96
Monterosso	B	44.1387	9.6432	~14	19	96
Mesco	B	44.1449	9.6196	~15	18	96
Traghetti	C	*44.0883*	*9.7418*	*~30m*		96

Analisi

MONITORAGGIO DEI DELFINI

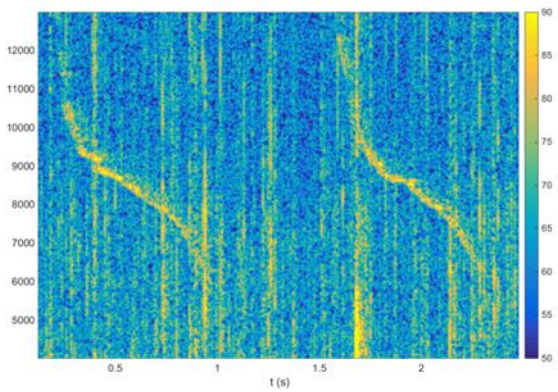


Figura 2. Spettrogramma con due fischi di delfino tursiope.

Le analisi si basano su reti neurali profonde (intelligenza artificiale) applicate agli spettrogrammi derivati dalle misure acustiche (Fig. 2). Gli spettrogrammi sono stati calcolati con una lunghezza FFT di 2048, una finestra kaiser su una durata di 1,5 secondi con una sovrapposizione del 50% tra ogni finestra di 1,5 secondi. La procedura era la seguente:

1) Costituzione di un database e addestramento di una serie di reti neurali profonde su una parte dei dati, studio delle prestazioni e scelta della rete migliore,
2) Applicazione delle reti neurali per il rilevamento di fischi e clic con una soglia di confidenza di 0,9
3) Memorizzazione degli spettrogrammi contenenti detezioni
4) Correzione manuale dei falsi allarmi (false detezioni di fischi e clic),
5) Analisi dei dati.

Apprendimento e selezione delle reti neurali

Per i fischi, è stato creato un database di registrazioni nel Mediterraneo nord-occidentale contenente 2.143 fischi e 3.000 campioni di vari rumori (rumore ambientale, benthos, barche, sonar) sul quale sono state addestrate 180 versioni di reti. Quello con le migliori prestazioni (freccia 1, Figura 3) è quello con una probabilità di rilevamento di circa il 90% e una probabilità di falso allarme di circa il 5%.

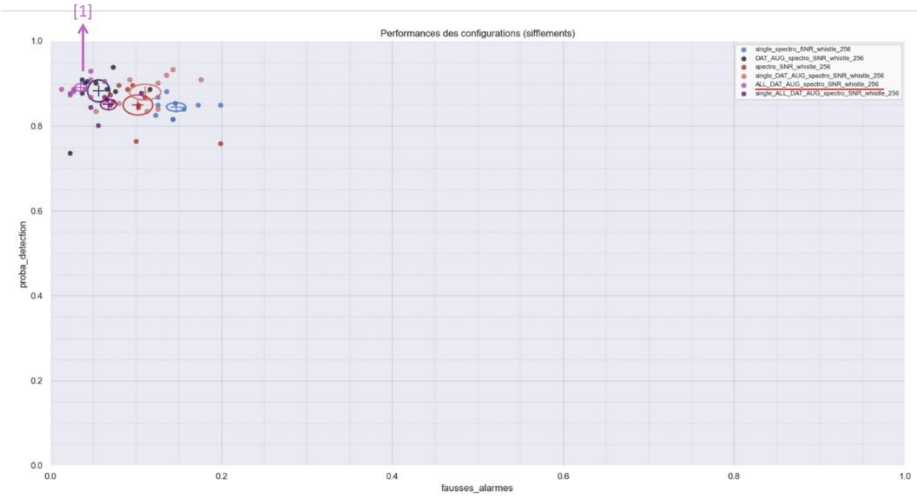


Figura 3 : Prestazioni delle 5 migliori reti neurali (/180 testate) per il rilevamento dei fischi.

Per i clic, il database è stato costruito da registrazioni nel Mediterraneo nord-occidentale con 2.585 click e 3.000 campioni di vari rumori (rumore ambientale, benthos, barche, sonar) sul quale sono state addestrate 110 versioni di reti. Il migliore ha una probabilità di rilevamento di circa il 90% e una probabilità di falso allarme di circa il 5%. Delle serie temporali delle detezioni di fischi e clic sono poi state create per valutare la frequentazione dei delfini nell'AMP delle 5 Terre.

CARTOGRAFIA SONORA

I dati sono stati analizzati per ognuno degli 11 siti. Per quanto riguarda l'impatto del traffico marittimo, le analisi effettuate sono equivalenti a quelle del 2020 e consistono nella detezione delle barche di passaggio e la misura del rumore subacqueo associato. I risultati sono stati quindi confrontati fra siti.

Diversità sonora e categorie di suoni

Per quanto riguarda biodiversità acustica, le registrazioni di ogni sito sono state visualizzate grazie a un programma specifico (Raven Pro, Cornell Unviersity). L'analisi delle registrazioni negli 11 siti si è basata sulla presenza/assenza di tipi di suono di pesci ogni 20 minuti. Questo metodo è già stato utilizzato e validato in altre ricerche. I suoni dei pesci sono stati classificati e contati secondo un quadro dicotomico dei suoni proposto dagli autori Desiderà & al. (2019) (Fig. 4). Per evitare le onomatopee, le categorie sonore sono definite in base alle caratteristiche acustiche, con l'obiettivo di ottenere una diversità sonora oggettiva e piuttosto conservativa. Ove possibile, i suoni sono stati messi in relazione con le specie ittiche come i vocalizzi di corvine, cernie, *Ophidion rochei* e Scorpaenidae (Picciulin et al. 2012; Bertucci et al. 2015; Kéver et al. 2016; Bolgan et al. 2019). Il repertorio acustico dei pesci di habitat rocciosi mediterranei utilizzato (Fig. 4) è stato esteso per questo studio.

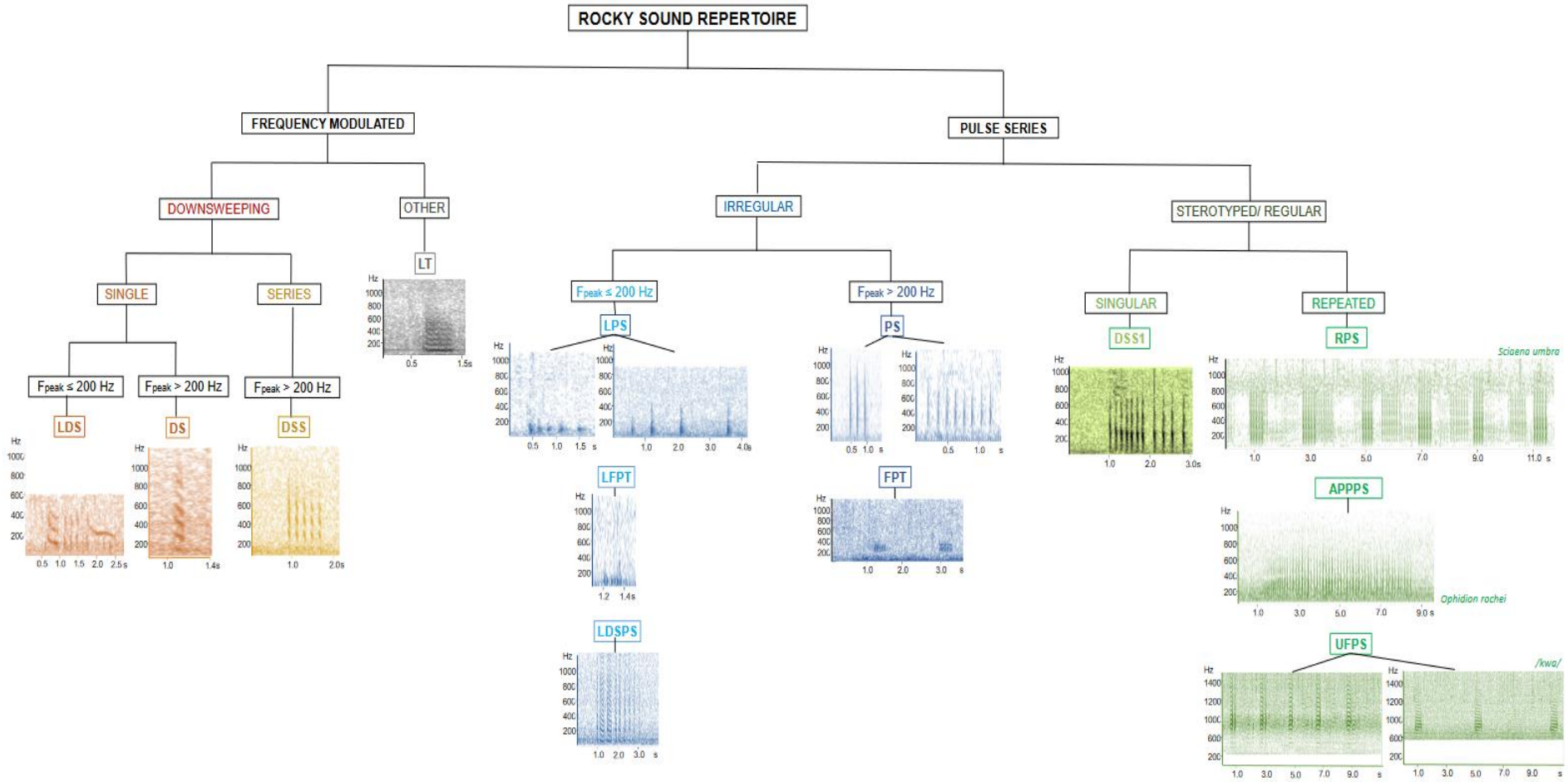


Figura 4: Dicotomia dei principali suoni dei pesci. Spettrogrammi delle principali categorie di suoni dei pesci di roccia del Mediterraneo utilizzati per l'identificazione sonora con il software Raven. La descrizione dettagliata e le definizioni sono riportate in Desiderà & al. (2019). Le categorie sono aumentate nel presente studio.

Analisi di diversità sonora

Per identificare similitudini di biodiversità sonora fra siti, è stata effettuata un'analisi del profilo di similarità (SIMPROF) sulle abbondanze per serie di 24 ore in ciascun sito. Dei grafici di occorrenza oraria su 24h sono stati creati per visualizzare la composizione sonora giornaliera in ogni sito. Dei polar plot della ricchezza sonora e abbondanza sono stati creati per confrontare la biodiversità e abbondanza sonora fra siti e sovrapporla alla presenza di imbarcazioni.

Risultati e discussione

Monitoraggio dei delfini

NUMERO DI RILEVAMENTI E PROBABILITÀ DI FALSI ALLARMI

Il database di 55 giorni contiene 5.181.000 spettrogrammi di 1,5 secondi; Sono stati quindi analizzati 5.181.000 spettrogrammi.
Per i clic sono stati effettuati 466 rilevamenti con una probabilità di falso allarme inferiore allo 0,05%. Ciò sembra essere dovuto alla natura molto regolare delle sequenze di clic e al buon rapporto segnale/rumore che indica la vicinanza dei delfini. I falsi allarmi si verificano principalmente durante il giorno in presenza di sonar di imbarcazioni. Per i fischi sono stati effettuati 413.222 rilevamenti con una probabilità di falso allarme è del 7%, un valore coerente anche se leggermente superiore alle prestazioni teoriche attese. Questi falsi allarmi si verificano soprattutto di notte. La successione di impulsi bentonici con frequenze di picco vicine viene interpretata come un fischio. L'analisi degli errori non ha evidenziato alcun mancato rilevamento.

AVVISTAMENTI SONORI DI DELFINI

I fischi sono stati rilevati almeno una volta al giorno in 14 dei 55 giorni di campionamento. I fischi erano presenti sia di giorno che di notte (Fig. 5). A fine luglio/inizio agosto sono presenti principalmente nelle ore notturne, mentre nella seconda metà di agosto sono praticamente assenti e ricompaiono a settembre, principalmente di giorno. Non si può escludere che queste osservazioni siano legate alla frequentazione turistica: molto presente di girono a luglio/agosto, con un picco in agosto (assenza di fischi) e diminuzione in settembre (presenza di fischi giornalieri). Gli animali potrebbero tenersi più lontani dalla costa nel periodo turistico.
I clic invece, usati per l'ecolocalizzazione, sono stati rilevati almeno una volta al giorno in 23 dei 55 giorni campionati. I clic erano presenti più spesso di notte, tra le 21 e le 4 del mattino, suggerendo un'attività di caccia notturna e ciò indipendentemente dal mese di registrazione (Fig. 6).

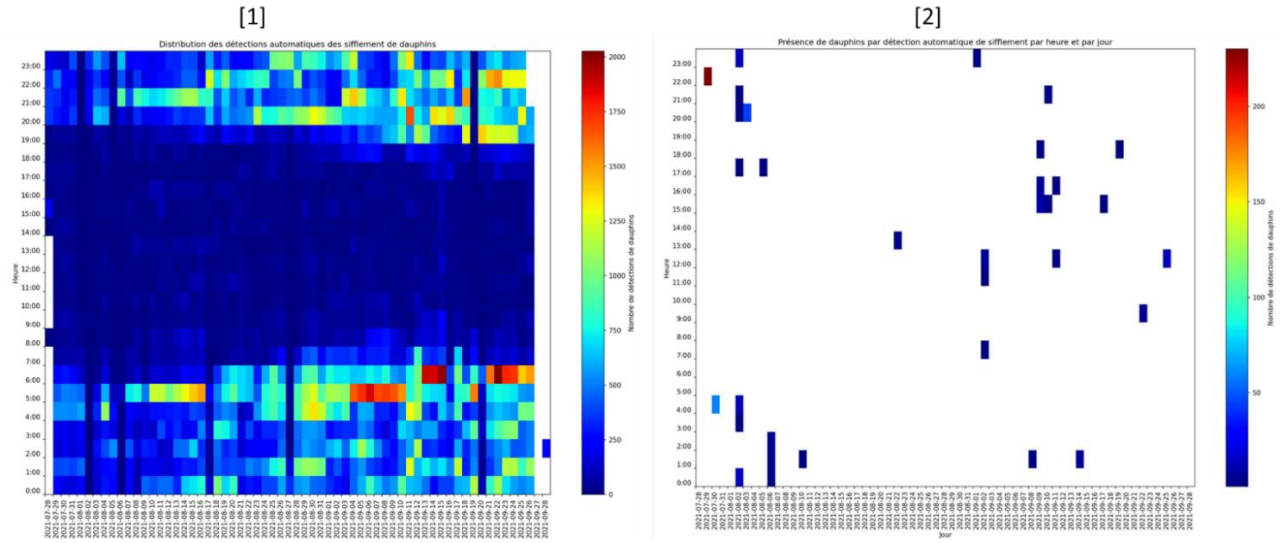


Figura 5. Diagramma delle detezioni dei fischi, [1] prima della selezione manuale dei falsi allarmi, e [2] dopo la selezione manuale dei falsi allarmi. Il diagramma si estende dal 28 luglio al 29 settembre e indica le ore del giorno alle quali sono stati registrati fischi. La scala colorata indica il numero di detezioni.

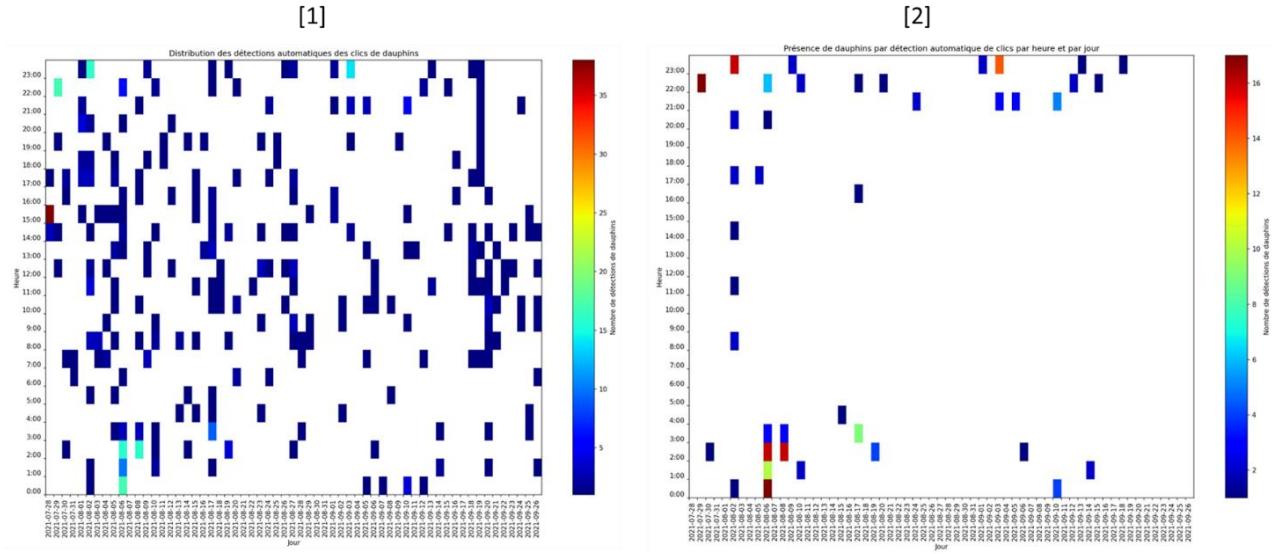
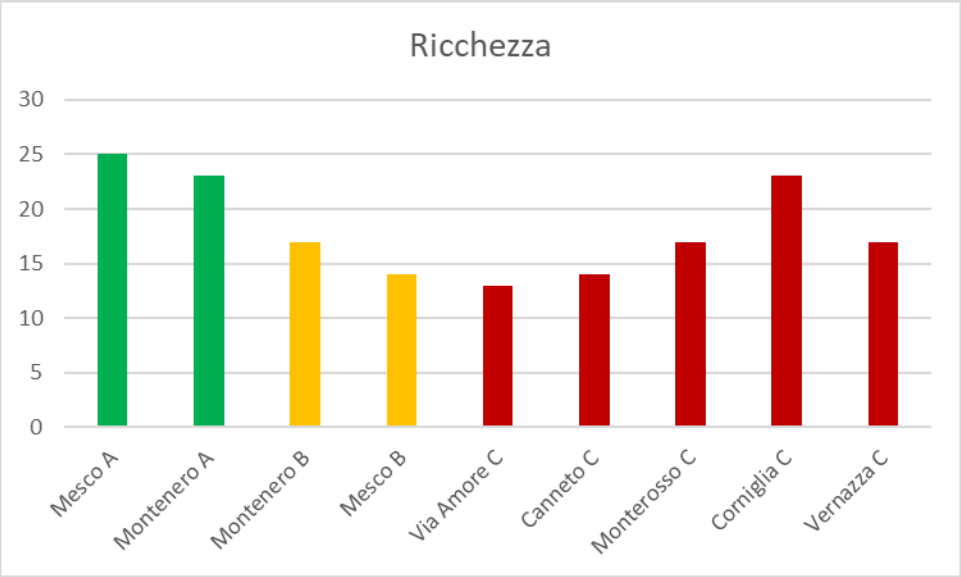


Figura 6. Diagramma delle detezioni dei clici, [1] prima della selezione manuale dei falsi allarmi, e [2] dopo la selezione manuale dei falsi allarmi. Il diagramma si estende dal 28 luglio al 29 settembre e indica le ore del giorno alle quali sono stati registrati clic. La scala colorata indica il numero di detezioni.

Cartografia sonora

DIVERSITÀ SONORA E CATEGORIE DI SUONI

25 tipi/categorie di suoni di pesci sono stati identificati nelle registrazioni. Corrispondono tutti a suoni già descritti in habitat rocciosi mediterranei. Il sito meno ricco è Via dell'Amore (Manarola) in zona C con 13 tipi di suoni, mentre il più ricco è il Mesco in zona A (25 tipi di suoni) seguito da Corniglia, in zona C e Montenero in zona A, entrambi con 23 tipi di suoni (Fig. 7). I siti in zona B e C, ad eccezione di Corniglia, non mostrano differenze importanti. Con solo due siti in zona B, non si possono però trarre conclusioni chiare.



Sito	Ricchezza
Mesco A	25
Montenero A	23
Montenero B	17
Mesco B	14
Via Amore C	13
Canneto C	14
Monterosso C	17
Corniglia C	23
Vernazza C	17

Figura 7. Ricchezza sonora (numero di tipi di suoni) per sito e zona. Blu: zona A, Giallo: zona B, Rosso: zona C.

Le ore del giorno più ricche sono generalmente le ore notturne, tra le 20 e le 5 della mattina (Fig. 8). Tra le 8 e le 17, la diversità sonora è fortemente ridotta. Ciò concorda con il comportamento vocale dei pesci , generalmente più elevato la notte (McCauley & Cato 2000). Rispetto agli altri siti, il Mesco e Corniglia mostrano una diversità sonora più elevata rispetto agli altri siti, soprattutto nelle ore notturne. La zona A di Montenero è più simile alle zone B e C che alla zona A del Mesco e Corniglia.

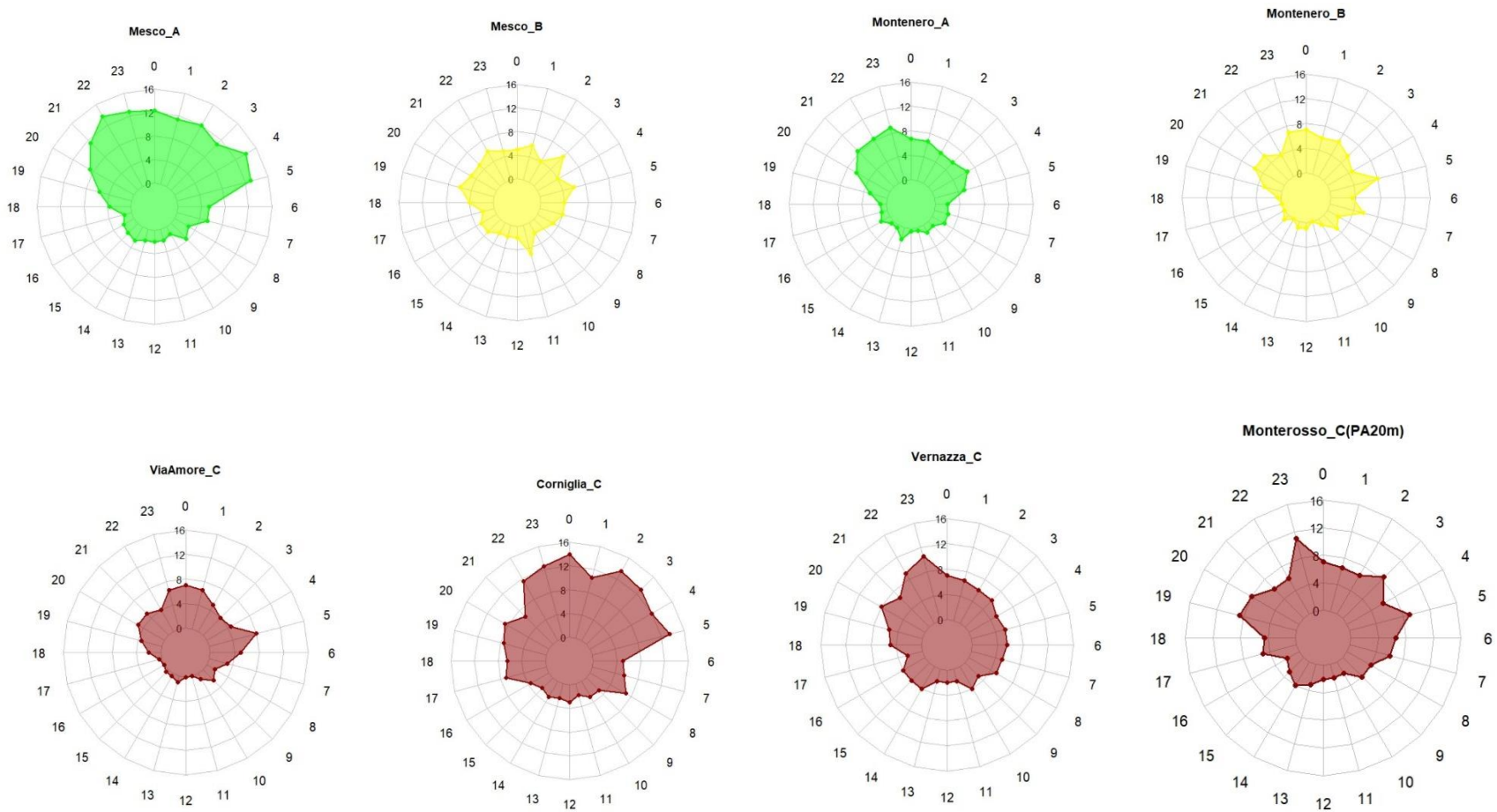


Figura 8. Ricchezza sonora (numero di tipi di suoni) per sito, zona (verde: zona A, giallo: zona B, rosso, zona C) e ora.

Le abbondanze relative per tipo di suono sono diverse fra siti (Fig. 9). Ciò si nota anche nella ripartizione dello spazio acustico giornaliero, nel quale suoni diversi dominano fasce orarie giornaliere. Ad esempio, i suoni di riproduzione delle cernie (LPSm) sono quasi esclusivamente presenti al Mesco. L'alta diversità, abbondanza di suoni, la presenza di vocalizzi riproduttivi di specie vulnerabili (cernie e corvine) fanno del Mesco un sito prioritario di conservazione. Nelle zone C il suono dominante è il /kwa/, il suono dello scorfano. Ciò potrebbe essere dovuto al fatto che nei siti di ascolto in zona C sono presenti zone con *Posidonia oceanica*, l'habitat nel quale il suono dello scorfano è dominante (Di Iorio et al. 2018).

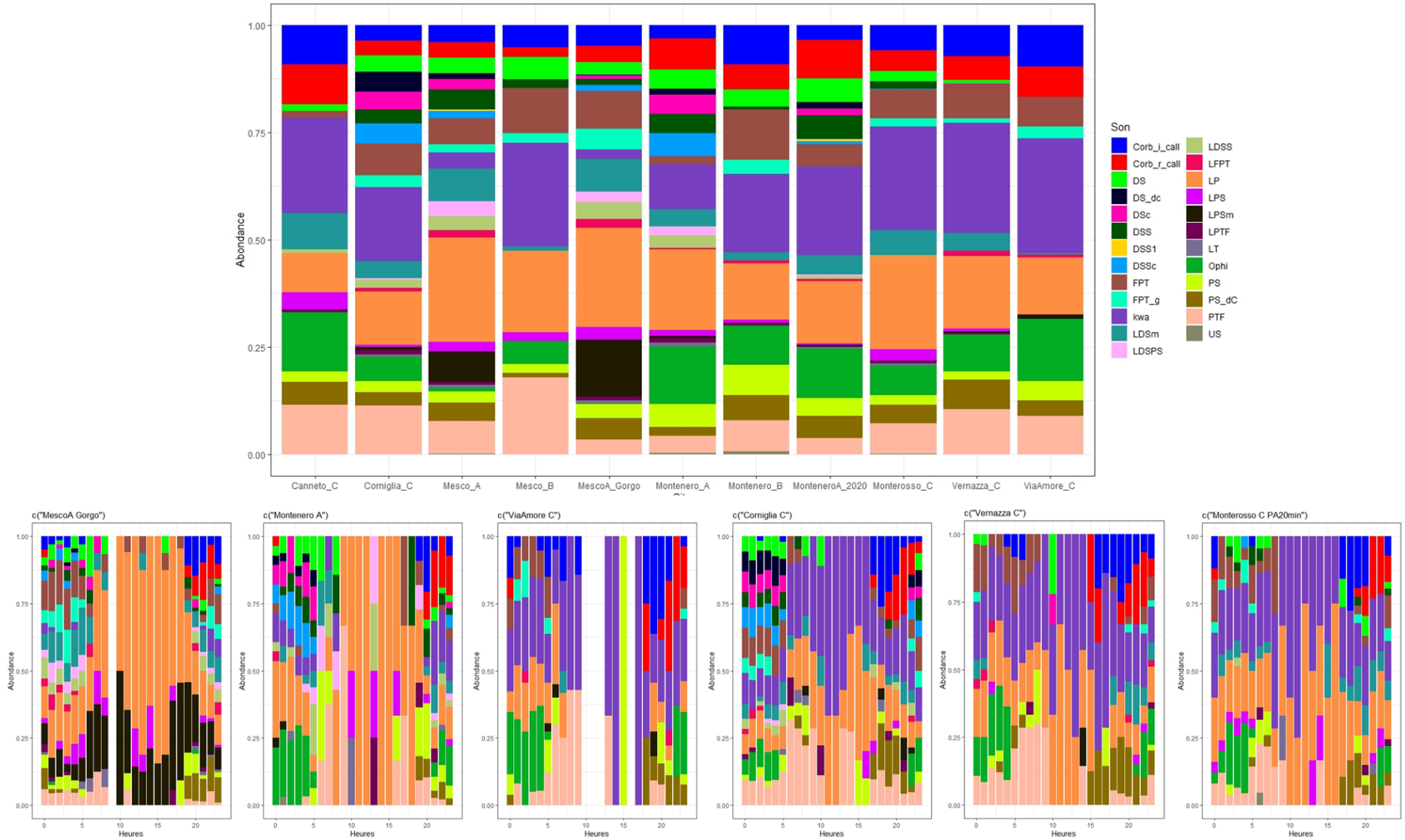


Figura 9. Ricchezza sonora e abbondanze relative per ogni tipo di suono (colori) in ognuno dei siti (in alto) e per ciascun sito in base all'ora del giorno (ogni colonna rappresenta un ora del giorno). Le zone bianche nei grafici indicano ore senza suoni biologici oppure con troppo rumore antropico.

L'analisi del profilo di similarità (SIMPROF) della ricchezza sonora mostrano che i siti delle zone A formano un gruppo a parte rispetto alle zone B e C, con un'eccezione, Corniglia che si trova nel gruppo dei siti delle zone A (Fig. 10). Nel gruppo dei siti C e B, Vernazza, Montenero B, Monterosso e Manarola (V. Amore) formano un sottogruppo più simile rispetto a Canneto e Mesco B (Fig. 10, sinistra).

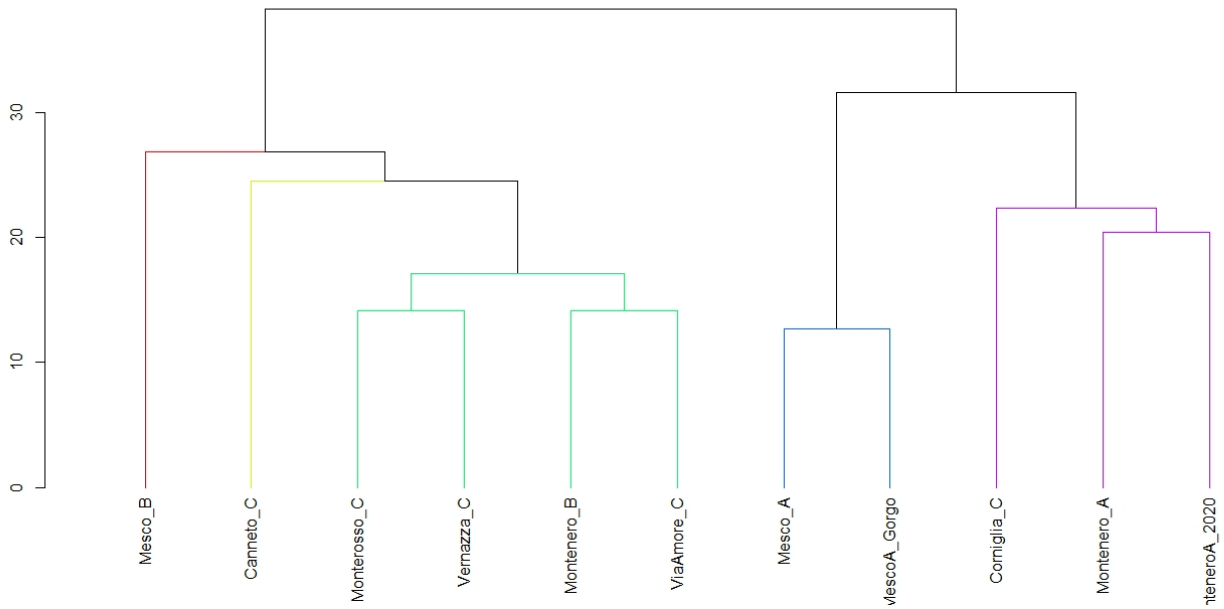


Figura 11. Risultato dell'analisi di similarità di SMIRNOV basata sulla ricchezza sonora. I siti delle zone A formano un gruppo a parte. A eccezione di Corniglia, le zone C e B formano un gruppo distinto con Vernazza, Montenero B, Monterosso e Manarola (V. Amore) più simili rispetto a Canneto e Mesco B.

ABBONDANZA RELATIVA DI SUONI DI PESCI

Le abbondanze relative sono più alte al Mesco, seguite da Corniglia e Vernazza. La zona A di Montenero risulta avere un'abbondanza relativa di suoni molto bassa, equivalente a quella di Manarola (Via Amore). Infatti, al Mesco e a Corniglia l'abbondanza è quasi due volte più elevata che a Montenero (Fig. 11).

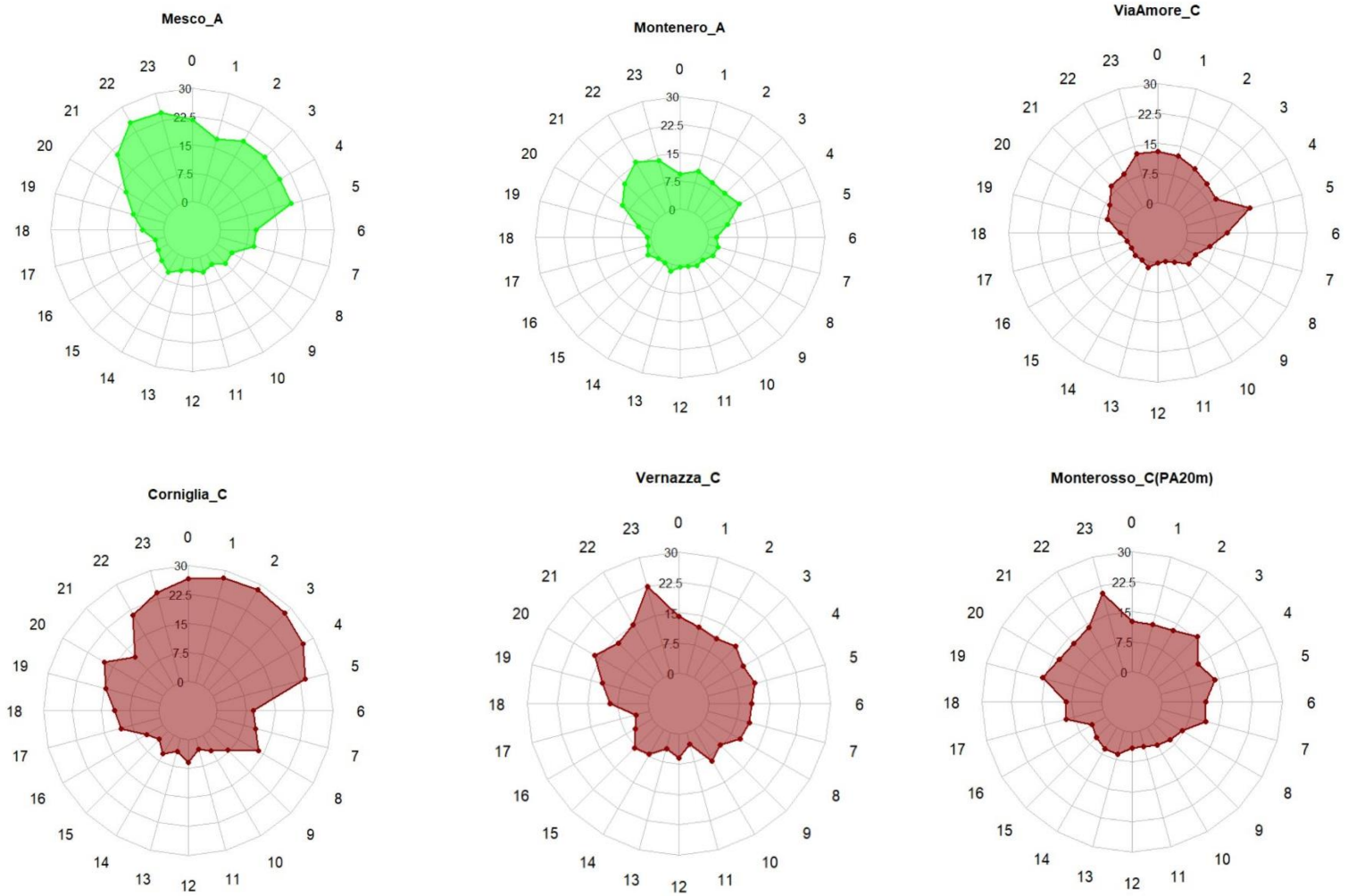


Figura 11. Abbondanza relativa sonora (presenza sonora per 20min di suoni di pesci) per sito, zona (verde: zona A, giallo: zona B, rosso, zona C) e ora.

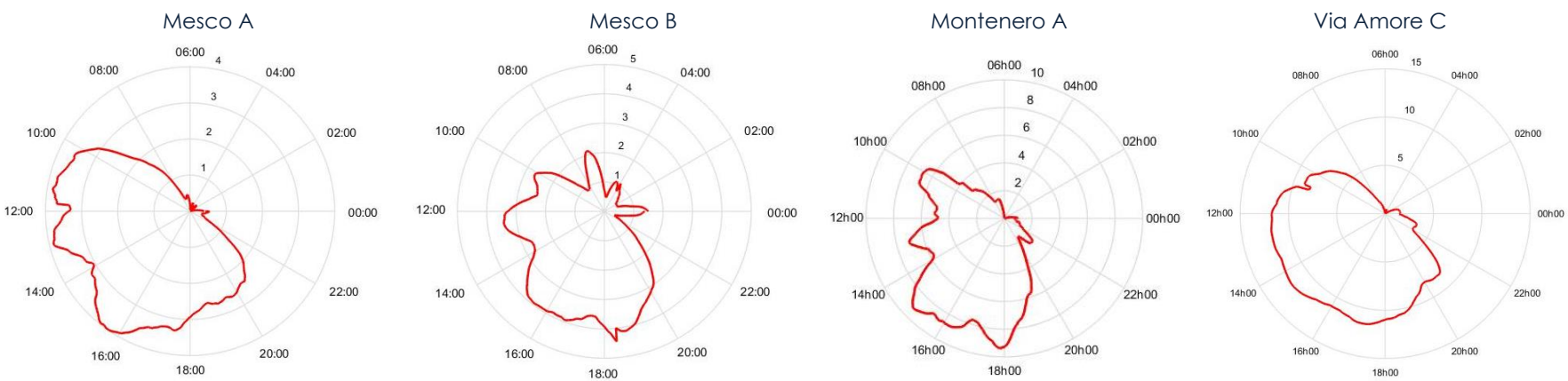
In generale, Montenero non ha tutte le caratteristiche di un sito di zona A. Benché la diversità sia più alta rispetto ai siti delle zone B e C e segue un ritmo giornaliero simile al Mesco, le abbondanze relative sono più basse. Il Mesco è senza dubbio il sito più rappresentativo di una zona A, anche dimostrato dalla presenza di suoni riproduttivi di cernie, quasi esclusivamente presenti al Mesco. Corniglia mostra diversità e abbondanze sorprendenti rispetto a tutti gli altri siti in zona C. Infatti, viene classificato con i siti di zona A. E un sito di interesse ecologico che merita attenzione. Le ragioni per le differenze osservate sono in parte da attribuire all'habitat. La mancanza di repliche nelle zone A e B non ha permesso di effettuare test statistici per studiare le cause delle differenze osservate.

TRAFFICO MARITTIMO

Manarola (vAmore) è il sito che registra il piu' alto numero di passaggi di barche e di esposizione dell'habitat al rumore (66% a Manarola !!!) (Tab. 1). Il Mesco e Corniglia sono i siti con il numero piu' basso di passaggi di barche e una percentuale di esposizione al rumore inferiore agli altri siti (20% al Mesco!!). A Montenero e Manarola i passaggi di barche e il tempo di esposizione dell'habitat al rumore sono quasi 3 volte superiori a quelli rilevati al Mesco e a Corniglia. L'esposizione al traffico marittimo di Montenero è dunque equivalente a quella riscontrata nella zona C. Globalmente, il traffico si estende dalle 8 alle 20.

Tabella 1: Numero medio di passaggi di barche all'ora e percentuale di esposizione al rumore per sito.

Sito	zona	barche/h	% esposizione
Mesco	A	2.00	20.10
Mesco	B	3.55	32.48
Montenero	A	5.34	53.60
Montenero	B	3.71	56.72
Canneto	C	3.99	50.53
vAmore	C	5.92	66.60
Corniglia	C	1.27	37.02
Vernazza	C	4.43	48.61
Monterosso	C	2.75	39.25



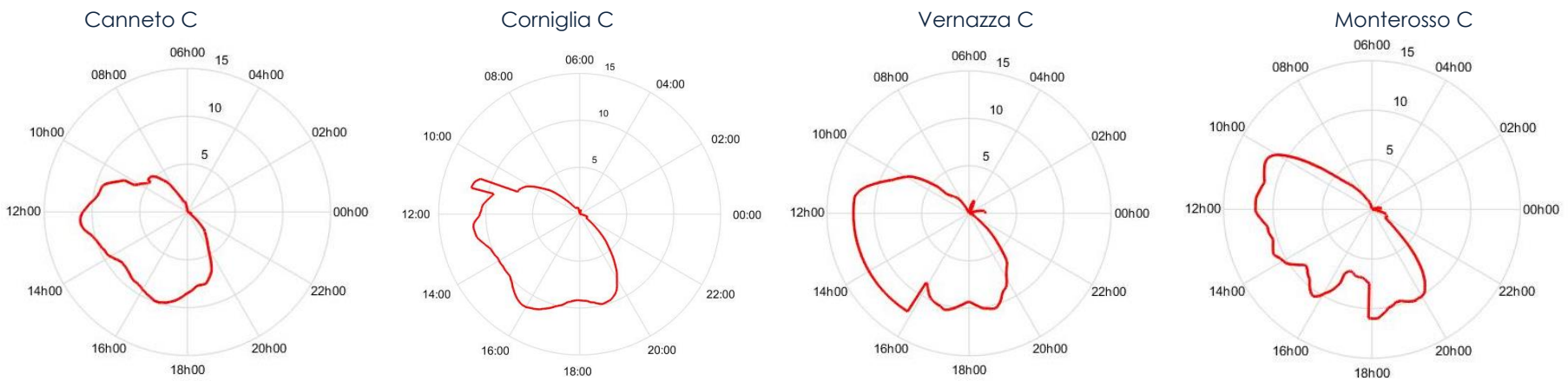


Figura 12: Traffico marittimo medio all'ora nei siti di ascolto.

Conclusione

Il Mesco risulta come il sito con la più alta biodiversità sonora e anche il più protetto dal rumore antropico ed è anche meno frequentato rispetto alla zona del Montenero e la zona C dell'AMP. Montenero invece, benché abbia una ricchezza sonora elevata, ha un'abbondanza relativa di suoni bassa e un alto tasso di frequentazione, simile a quello delle zone C. Ad eccezione di Corniglia e di Manarola (vAmore), i siti delle zone C hanno valori di ricchezza e abbondanza simili. Corniglia ha valori nettamente superiori a tutti gli altri siti in zona C e B ed è statisticamente piu' simile ai siti delle zone A. Manarola (V Amore) è il sito meno ricco e più frequentato. Le differenze nella biofonia possono essere dovute a differenze di habitat, come la presenza o assenza di Posidonia, la percentuale di roccia, la profondità, ecc. ma possono anche riflettere pressioni antropiche. La sovrapposizione dei risultati di biodiversità sonora e di traffico da diporto mette in evidenza delle relazioni interessanti. Classificando le metriche calcolate per ordine di grandezza e sito (Tablella 2: 1 = più abbondante, 6 = meno abbondante) si nota che i siti piu' ricchi sono anche i meno frequentati ed esposti al rumore antropico, mentre quelli meno ricchi/o abbondanti in suoni sono quelli piu' esposti al traffico e al rumore. Sembra dunque che la frequentazione e il rumore antropico abbiano un impatto sulla biofonia. Avendo fatto registrazioni brevi (su 48-72h) e avendo poche repliche in zona A, non è possibile stabile statisticamente quale fattore, habitat o antropico, prevale sulle differenze osservate. Sarebbe interessane confrontare questi dati con i dati di censimento visivi effettuati dall' A. Dohrn.

La cartografia sonora ha messo in evidenza Corniglia come sito di interesse ecologico (e meno transitato) e Montenero come uno pseudo sito A. Le scarse abbondanze di suoni rilevato possono in parte essere dovute a un rapporto segnale/rumore di fondo basso che ha impedito l'identificazioni di suoni. Cio però cofirmerebbe l'alta esposizione di Montenero all'impatto antropico. La zona A è più piccola e la posizione molto piu' esposta al traffico rispetto al Mesco. Delle ulteriori misure di riduzione de traffico sarebbero necessarie perché Montenero possa essere considerato come una zona A di riferimento.
Questo studio suggerisce anche che il traffico e il rumore possono essere fattori determinanti sull'habitat e la sua biodiversità da prendere in considerazione nelle misure di gestione. I siti studiati sono tutti siti prevalentemente rocciosi con profondità equivalenti (ad eccezione del Mesco e Montenero che sono più profondi). La frequentazione è quindi uno dei fattori principali di differenze fra siti. Registrazioni più lunghe e simultanee potrebbero aiutare a capire meglio la relazione tra ricchezza sonora e traffico. Avendo effettuato registrazioni più lunghe soltanto al Mesco non possiamo ad esempio confrontare i siti in base alla presenza di cetacei e studiarne l'utilizzo dell'AMP anche in base al traffico e alla frequentazione. Dai dati ottenuti al Mesco, si nota un legame tra frequentazione e presenza di fischi di tursiopi. Se l'assenza di fischi diurni nel mese di agosto è dovuta alla forte presenza umana nell'AMP necessita dati che comprendano periodi più e meno frequentati su più siti.

Tabella 2: *Classifica delle metriche calcolate. 1: valori più' elevati e 6 più piccoli delle metriche.*

Sito	Ricchezza	Abbondanza	barche/h	% esposizione
Mesco A	1	1	5	6
Montenero A	2	6	3	2
Via Amore C	5	5	1	1
Monterosso C	3	3	4	3
Corniglia C	2	2	6	2
Vernazza C	3	4	2	4

Bibliografia

Bertucci F, Lejeune P, Payrot J, Parmentier E. 2015. Sound production by dusky grouper Epinephelus marginatus at spawning aggregation sites. Journal of Fish Biology **87**:400–421. Available from http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26177857 (accessed October 2, 2015).

Bolgan M, Soulard J, Iorio L Di, Gervaise C, Lejeune P, Gobert S, Parmentier E. 2019. Sea chordophones make the mysterious /Kwa/ sound: Identification of the emitter of the dominant fish sound in Mediterranean seagrass meadows. Journal of Experimental Biology **222**:jeb196931. The Company of Biologists Ltd. Available from http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31097606 (accessed October 17, 2019).

Desiderà E, Guidetti P, Panzalis P, Navone A, Valentini-Poirrier C-A, Boissery P, Gervaise C, Di Iorio L. 2019. Acoustic fish communities: sound diversity of rocky habitats reflects fish species diversity. Marine Ecology Progress Series **608**:183–197. Available from https://www.int-res.com/abstracts/meps/v608/p183-197/.

Di Iorio L, Audax M, Deter J, Holon F, Lossent J, Gervaise C, Boissery P. 2021. Biogeography of acoustic biodiversity of NW Mediterranean coralligenous reefs. Scientific Reports **11**:16991. Nature Publishing Group. Available from https://www.nature.com/articles/s41598-021-96378-5 (accessed August 21, 2021).

Di Iorio L, Raick X, Parmentier E, Boissery P, Valentini-Poirier CA, Gervaise C. 2018. 'Posidonia meadows calling': a ubiquitous fish sound with monitoring potential. Remote Sensing in Ecology and Conservation **4**:248–263.

Kéver L, Lejeune P, Michel LN, Parmentier E. 2016. Passive acoustic recording of *Ophidion rochei* calling activity in Calvi Bay (France). Marine Ecology **37**:1315–1324. Available from http://doi.wiley.com/10.1111/maec.12341 (accessed February 6, 2017).

McCauley RD, Cato DH. 2000. Patterns of fish calling in a nearshore environment in the Great Barrier Reef. Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences **355**:1289–93. Available from http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11079417%5Cnhttp://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC1692818.

Pace DS, Tumino C, Silvestri M, Giacomini G, Pedrazzi G, Pavan G, Papale E, Ceraulo M, Buscaino G, Ardizzone G. 2022. Bray-Call Sequences in the Mediterranean Common Bottlenose Dolphin (Tursiops truncatus) Acoustic Repertoire. Biology **11**:367. Multidisciplinary Digital Publishing Institute. Available from https://www.mdpi.com/2079-7737/11/3/367 (accessed March 2, 2022).

Picciulin M, Calcagno G, Sebastianutto L, Bonacito C, Codarin A, Costantini M, Ferrero E a. 2012. Diagnostics of noctural calls of Sciena umbra (L., fam. Sciaenidae) in a nearshore Mediterranean marine reserve. Bioacoustics **22**:1–12. Available from http://www.researchgate.net/publication/231522479_Diagnostics_of_nocturnal_calls_of_Sciaena_umbra_(L._fam._Sciaenidae)_in_a_nearshore_Mediterranean_marine_reserve (accessed June 17, 2015).

Rossi T, Connell SD, Nagelkerken I. 2017. The sounds of silence: regime shifts impoverish marine soundscapes. Landscape Ecology **32**:239–248. Springer Netherlands.