

Clima acustico subacqueo

Giovedì 9 novembre 2023 ore 10:00

Antonio Codarin, Carola Chicco - ARPA FVG



REALIZZATO DA:





agenzia REGIONALE PER LA
PROTEZIONE DELL'AMBIENTE
DEL FRIULI VENEZIA GIULIA



Clima acustico subacqueo

Antonio Codarin
Carola Chicco

S.O.C. Stato dell'ambiente
S.O.S. Qualità delle acque marine e di transizione

in collaborazione con



1. Acustica, concetti generali
2. Il rumore di fondo in mare
3. Suono come stimolo biologico
4. Effetti dei suoni antropici sugli organismi marini
5. Normativa di riferimento
6. Strumenti di registrazione ed analisi del dato acustico; attività di ARPA FVG

1. Acustica, concetti generali

Antonio Codarin

1. Acustica, concetti generali

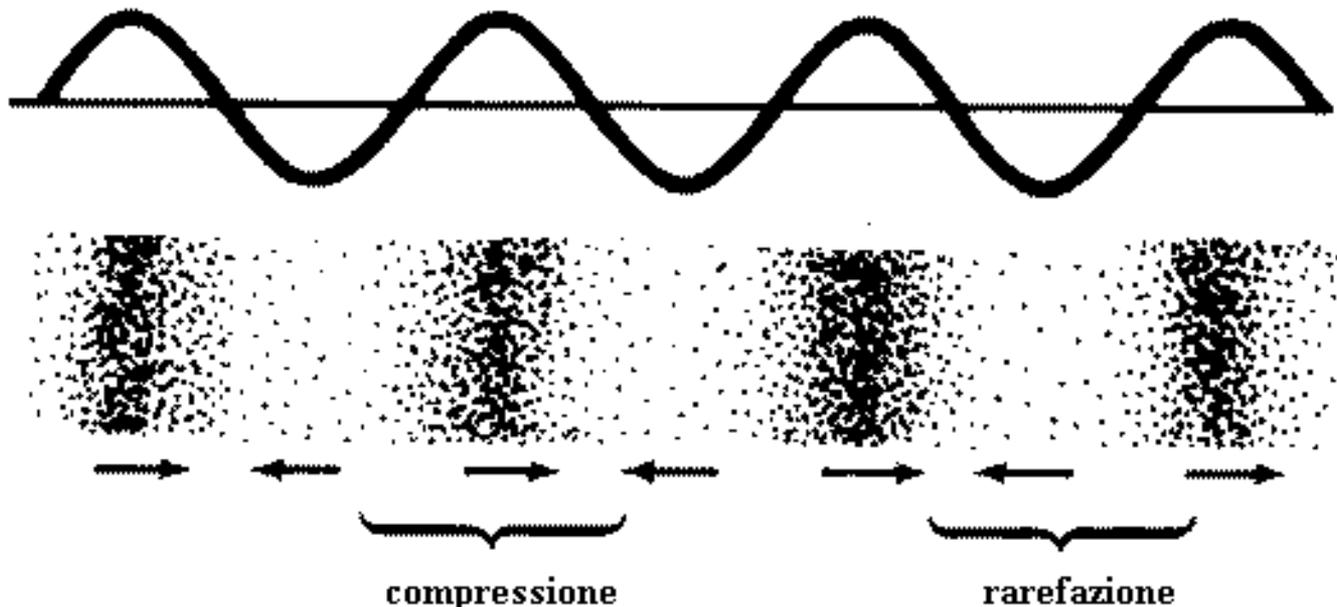
Caratteristiche del suono

Suono

Onda meccanica longitudinale creata da un oggetto vibrante che si propaga attraverso un mezzo elastico.

Il mezzo può essere un liquido (acqua), un solido (fondale marino) o un gas (aria). Pertanto, il suono non esiste nel vuoto dello spazio.

L'onda comprende alternativamente una compressione ed una rarefazione delle molecole, che si propagano ad una velocità che dipende dalla relativa comprimibilità del mezzo”.

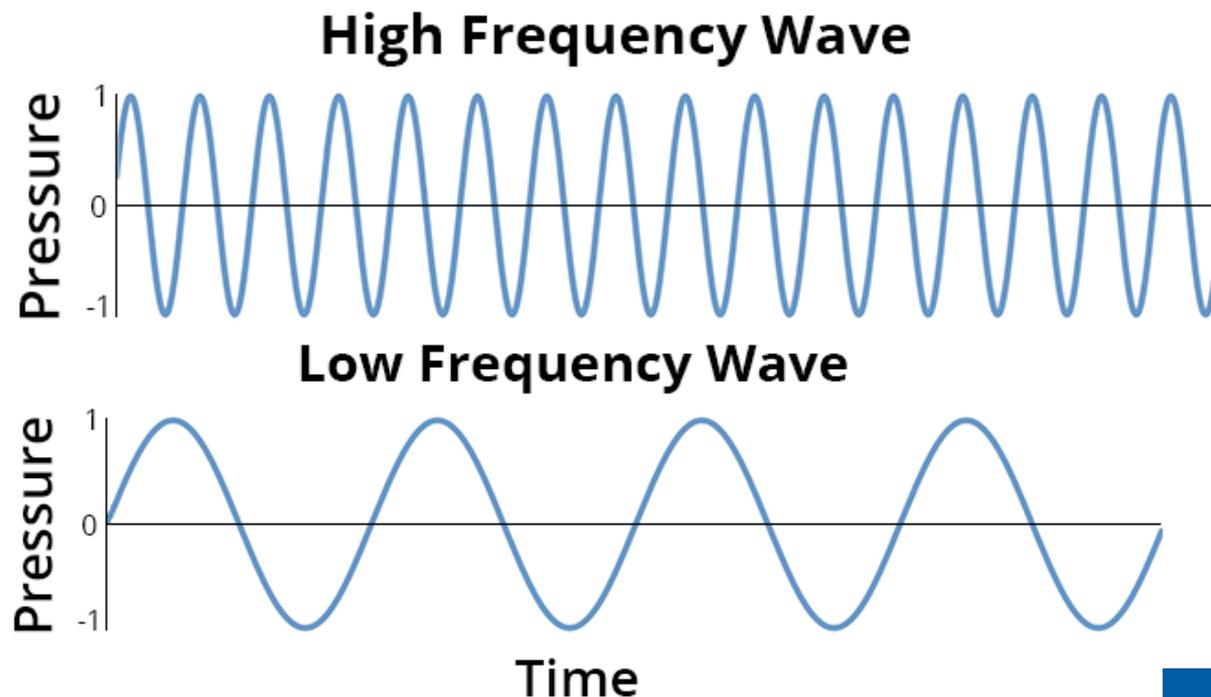


Frequenza

Determina la **tonalità** di un suono (alto, medio o basso).

Poiché il suono può essere descritto come un'onda ripetitiva, il **ciclo** è una ripetizione completa di un'onda, il **periodo** è il tempo per completare tale ciclo.

La frequenza è il numero di cicli al secondo e si misura in Hertz (Hz).

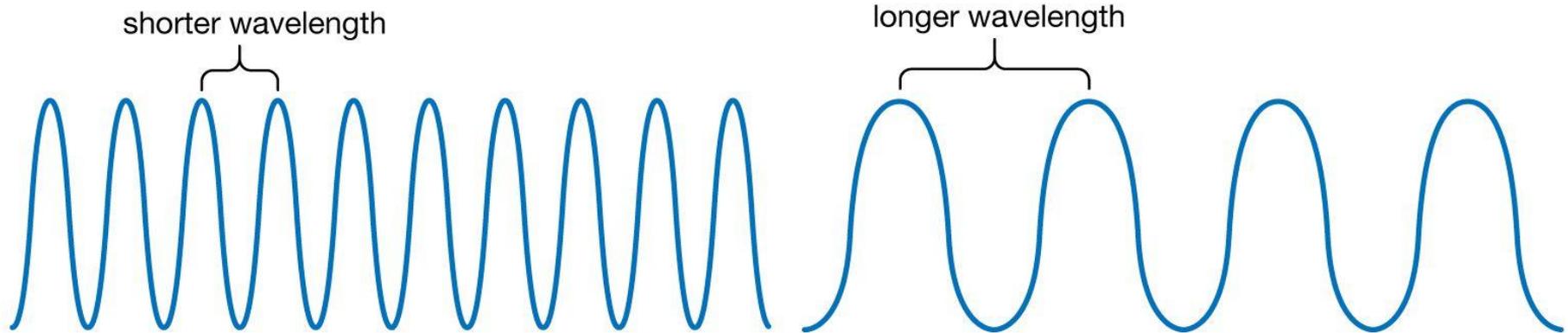


Lunghezza d'onda

Distanza percorsa da un'onda sonora in un periodo.

E' correlata alla velocità con cui viaggia il suono.

$$\text{Lunghezza d'onda} = \text{Velocità del suono} / \text{Frequenza del suono}$$



Lunghezza d'onda

Distanza percorsa da un'onda sonora in un periodo.

E' correlata alla velocità con cui viaggia il suono.

Lunghezza d'onda = Velocità del suono / Frequenza del suono

Lunghezza d'onda

Distanza percorsa da un'onda sonora in un periodo.

E' correlata alla velocità con cui viaggia il suono.

Lunghezza d'onda = Velocità del suono / Frequenza del suono

Frequenza (Hertz o cicli al secondo)	Lunghezza d'onda (metri)
100	15
1.000	1.5
10.000	0,15

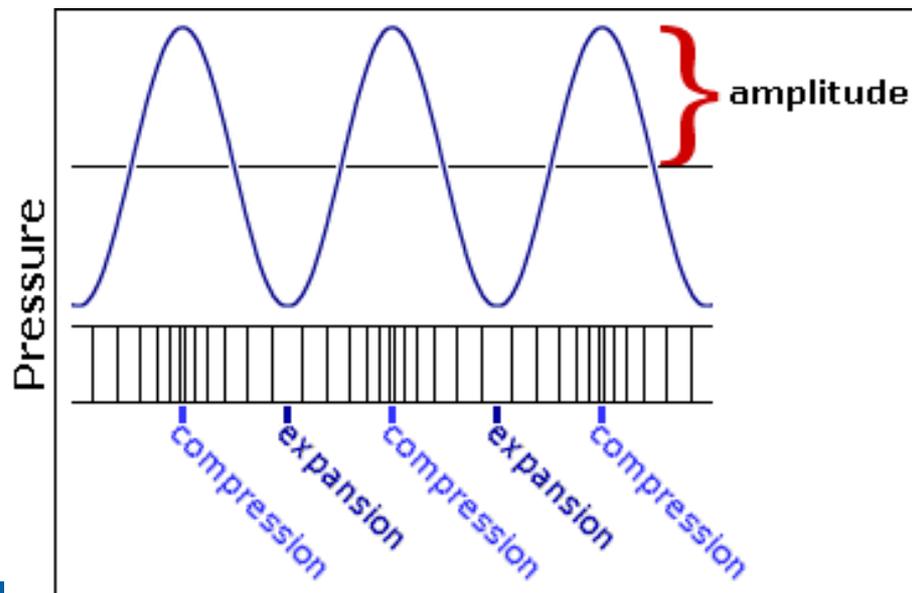
Un suono ad alta frequenza ha una lunghezza d'onda più corta di un suono a bassa frequenza.

Ampiezza e intensità

L'ampiezza di un'onda sonora si riferisce alla variazione di pressione causata dall'onda ed è correlata alla quantità di energia che trasporta (elevata ampiezza = grande energia).

Il suono viene percepito più forte se l'ampiezza aumenta e più debole se l'ampiezza diminuisce.

Ampiezza e intensità sono correlate, ma non sono la stessa cosa.



Valore medio di energia trasmessa attraverso nell'unità di tempo (potenza) un'unità di area (W/m²) in una specifica direzione.

I suoni con intensità più elevate vengono percepiti come più forti. Le intensità sonore relative sono spesso espresse in unità denominate decibel (dB).

Intensità relativa

Espressa in *Bel*: l' orecchio umano è molto sensibile e percepisce variazioni di 1/10 di Bel
⇒ decibel

Specificata con un rapporto:

$$I \text{ (dB)} = 10 \log_{10} \frac{\text{Intensità del suono}}{\text{Intensità di riferimento}}$$

MA...

...l' intensità acustica è raramente misurata direttamente.

Microfoni e idrofoni, infatti, misurano la pressione di un' onda sonora, che viene poi convertita in un segnale elettrico (mV).

Dato che l' intensità di un' onda sonora è proporzionale al quadrato della sua pressione p :

$$I \text{ (dB)} = 10 \log_{10} \frac{p^2 \text{ suono}}{p^2 \text{ riferimento}} = 20 \log_{10} \frac{p \text{ suono}}{p \text{ riferimento}}$$

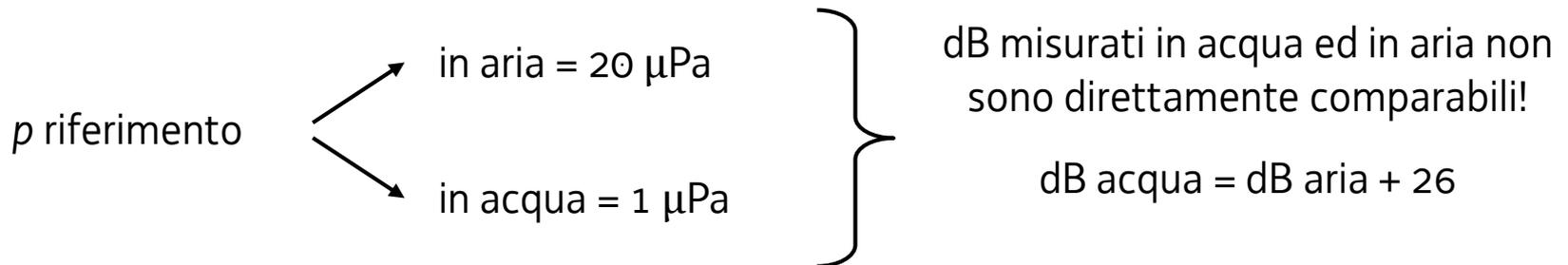
...l' intensità acustica è raramente misurata direttamente

Microfoni e idrofoni, infatti, misurano la pressione di un' onda sonora, che viene poi convertita in un segnale elettrico (mV)

Dato che l' intensità di un' onda sonora è proporzionale al quadrato della sua pressione p :

$$I \text{ (dB)} = 10 \log_{10} \frac{p^2 \text{ suono}}{p^2 \text{ riferimento}} = 20 \log_{10} \frac{p \text{ suono}}{p \text{ riferimento}}$$

IMPORTANTE!



1. Acustica, concetti generali

Propagazione del suono in acqua

Aria vs. Acqua
340 m/s 1500 m/s

Influenzata da:

Temperatura

Salinità

Pressione

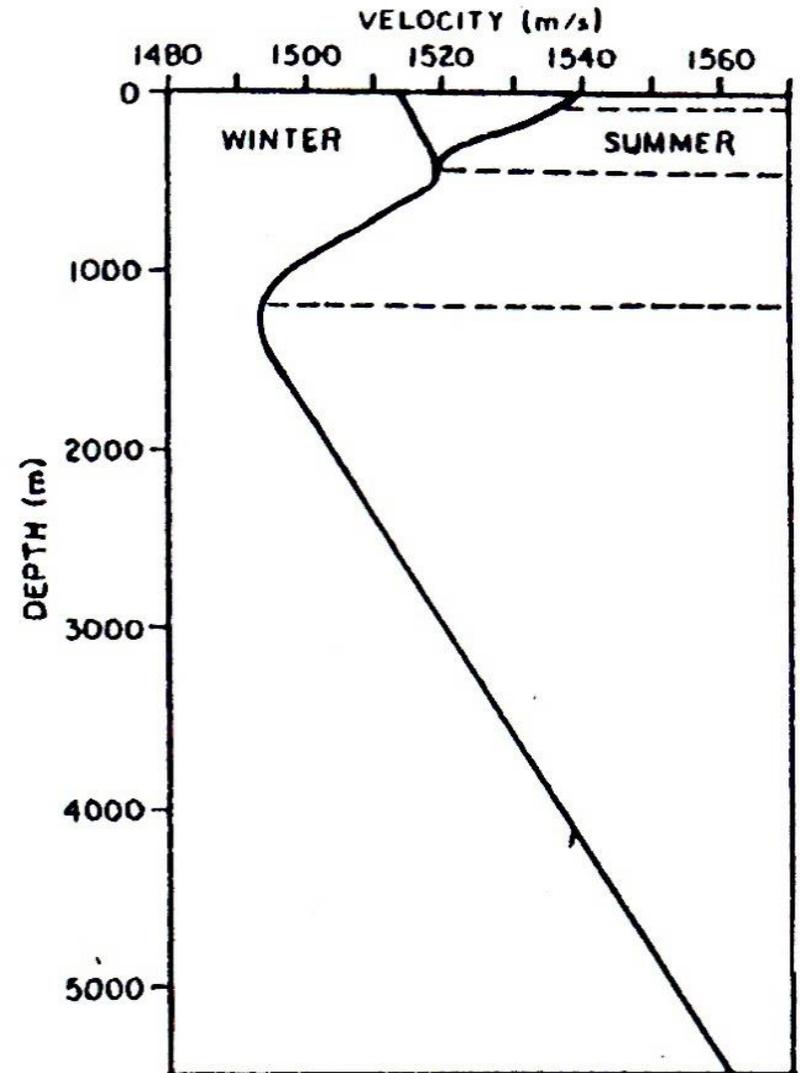
Velocità di propagazione



Aria vs. Acqua
 340 m/s 1500 m/s

Influenzata da:

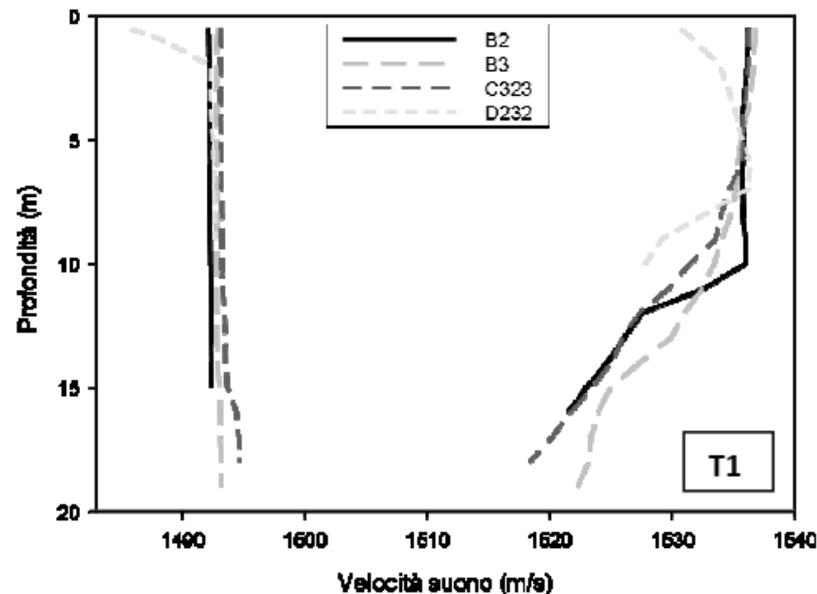
- Temperatura
- Salinità
- Pressione



Profilo estivo/invernale della velocità del suono in oceano alle medie latitudini

Relazione di Mackenzie (1981) per il calcolo della velocità del suono in acqua salata:

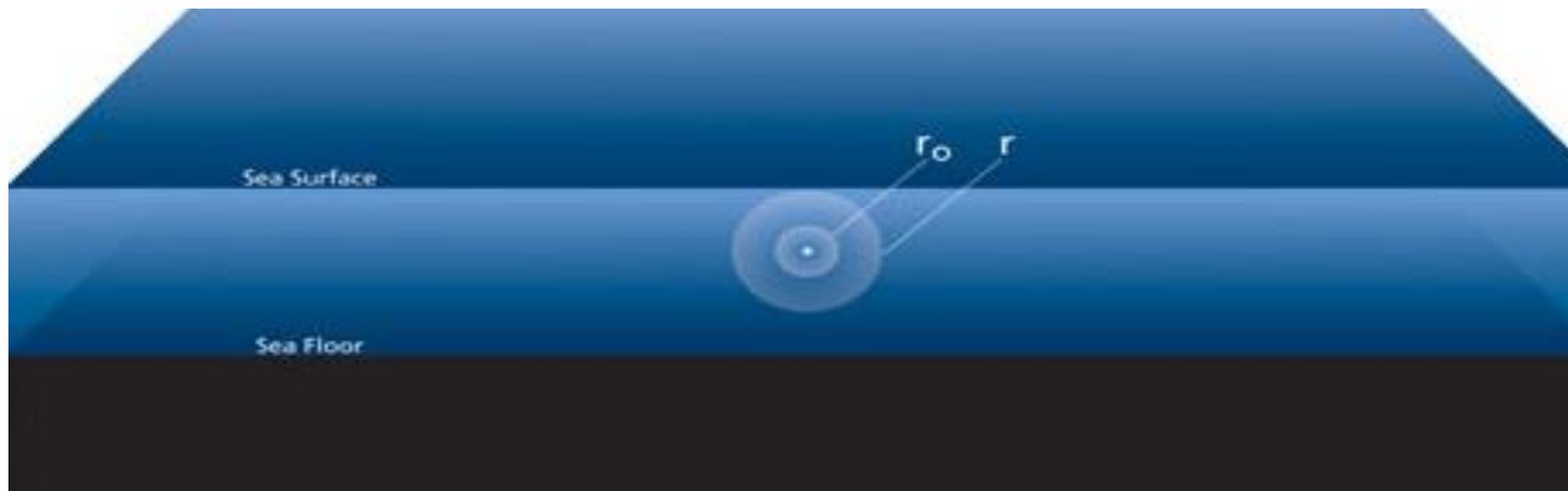
$$c = 1448.96 + 4.591T - 5.304 \times 10^{-2}T^2 + 2.374 \times 10^{-4}T^3 + 1.340(S - 35) + 1.630 \times 10^{-2}D + 1.675 \times 10^{-7}D^2 - 1.025 \times 10^{-2}T(S - 35) - 7.139 \times 10^{-13}TD^3$$



In acque profonde

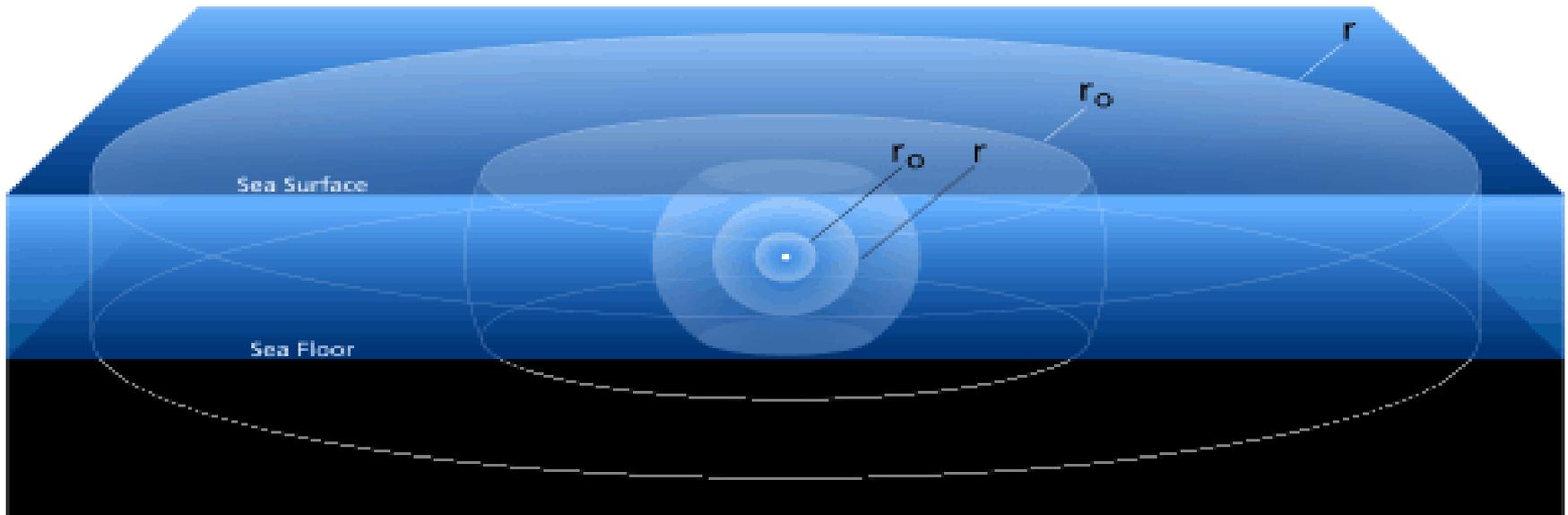
Dispersione del suono **sferica**.

L'intensità diminuisce col quadrato della distanza dalla sorgente.



In acque basse (fino -200 metri)

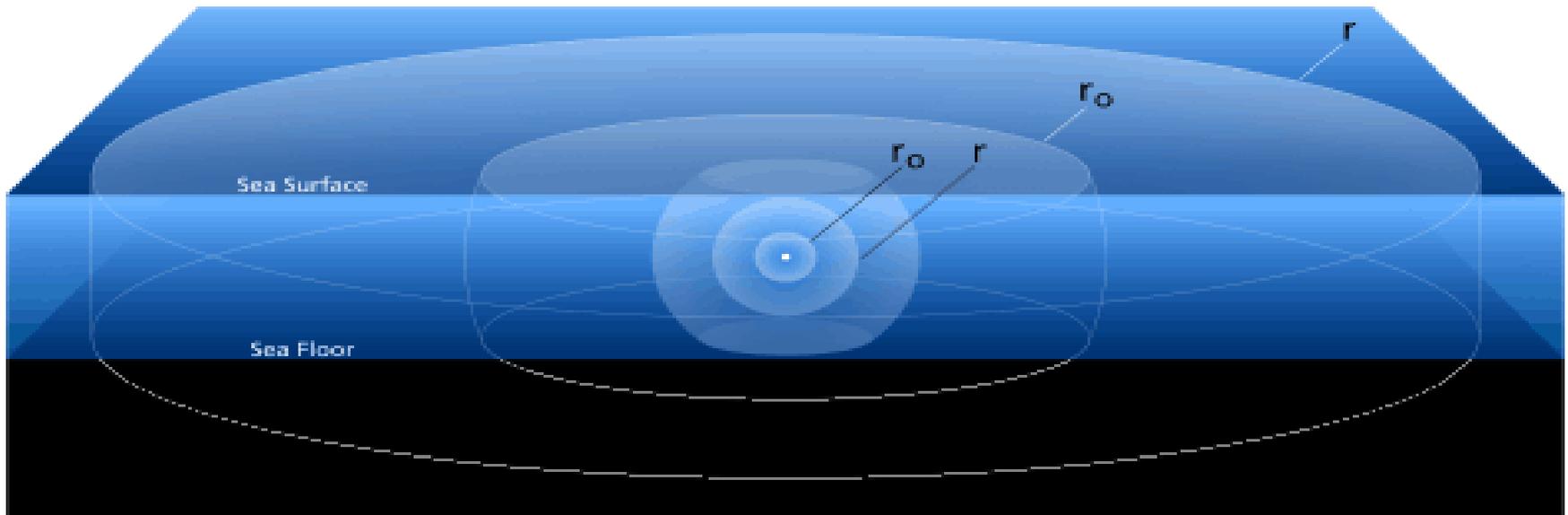
Dispersione del suono **cilindrica** causa interazioni dell' onda sonora con la superficie ed il fondale marino.



L' intensità diminuisce con l' incremento della distanza dalla sorgente.

In acque basse (fino -200 metri)

Dispersione del suono **cilindrica** causa interazioni dell' onda sonora con la superficie ed il fondale marino.



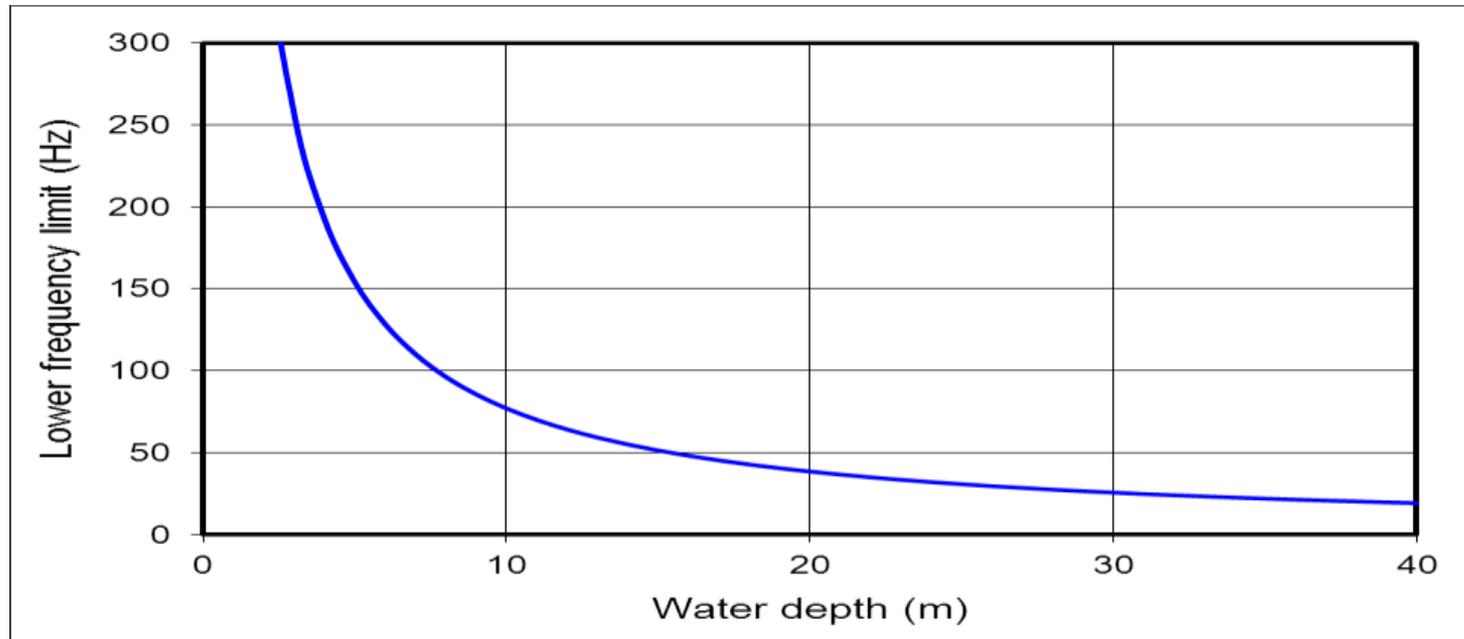
L' intensità diminuisce con l' incremento della distanza dalla sorgente.

Il suono si attenua meno rapidamente che in acque profonde!

Frequenza di *cut-off*

Frequenza sotto la quale l'onda sonora non può propagarsi.

L'onda sonora perde rapidamente energia causa le multiple interazioni tra superficie e fondale.



2. Il rumore di fondo in mare (Sea Ambient Noise (S.A.N.) o *background noise*)

Antonio Codarin

Ovvero...paesaggi sonori sottomarini





Sistema Nazionale
per la Protezione
dell'Ambiente



SONDAGGIO_2



la-croix.com



bfi.org.uk



2. Il rumore di fondo in mare (Sea Ambient Noise (S.A.N.) o *background noise*)

Suoni e rumori sott'acqua e loro genesi

Il suono di sottofondo nei mari è chiamato **rumore ambientale**

La sua intensità è estremamente variabile, sia spazialmente che
temporalmente, in base:

All' ora del giorno

Alla località

All' attività degli organismi presenti

Alle variazioni climatiche

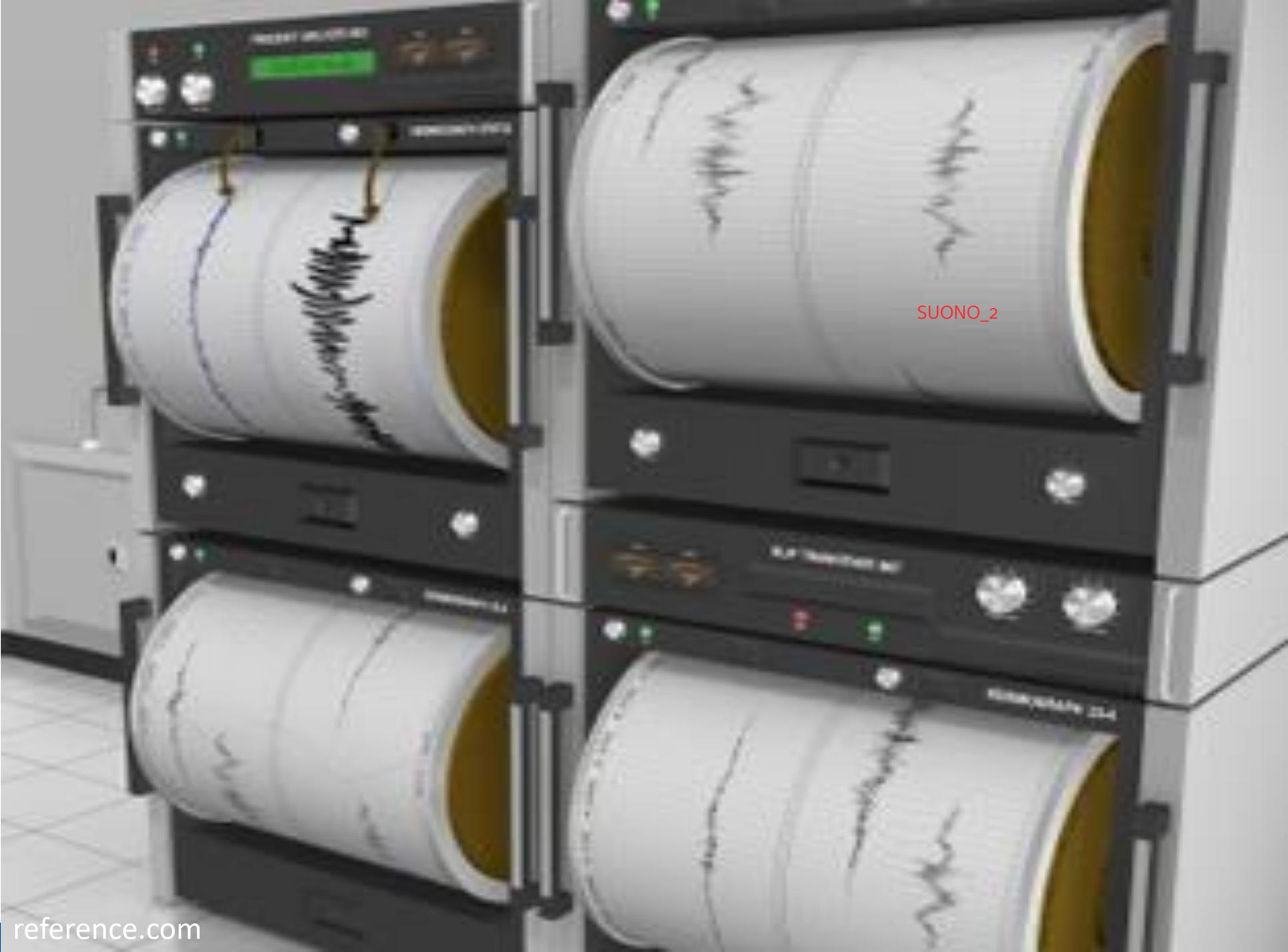
Processi fisici naturali

Generano suoni in modo intermittente



SUONO_1





SUONO_2



SUONO_3



Vita marina

I mammiferi marini, molti pesci, alcuni invertebrati marini generano un'incredibile varietà di suoni.

Saranno a breve descritti nel dettaglio tipologie ed utilizzi del canale acustico in ambito biologico.







a



©Tsuneo Nakamura

Antonio, Carola Chicco

wikipedia.org

9 Novembre 2023

Suoni di genesi antropica

L'uomo introduce, volontariamente o meno, una moltitudine di rumori sott'acqua.

In certe zone di mare il loro contributo è molto importante sul rumore di fondo globale.

Essi sono generati a scopi energetici, costruttivi, di navigazione, di difesa, di ricerca.

Possono essere di lunga durata (trasporto marittimo, impianti di dragaggio ed energia) o di breve durata (cioè impulsivi, ad es. indagini sismiche, palificazioni per parchi eolici e piattaforme ed esplosioni)



tele
te





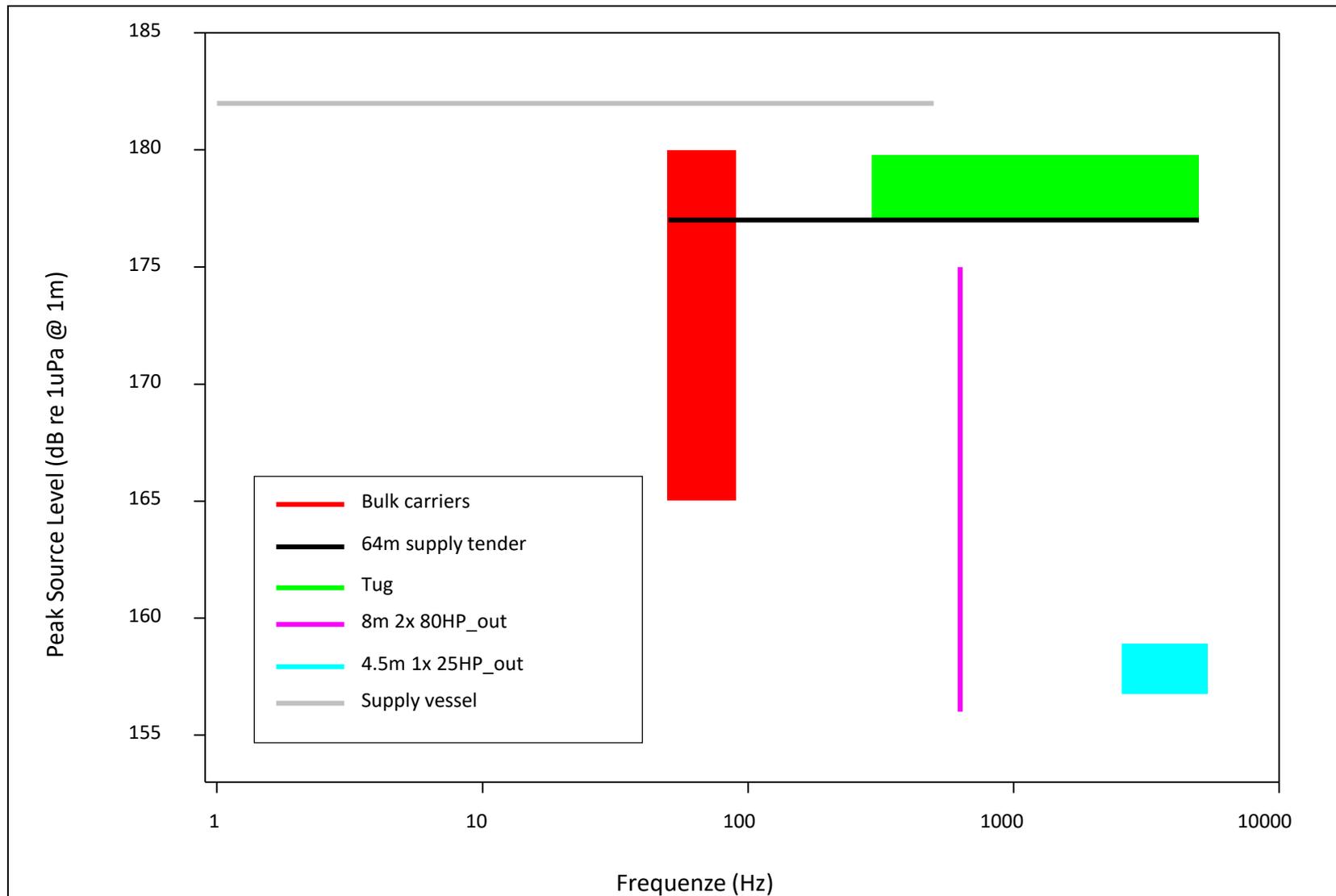
SUONO_5



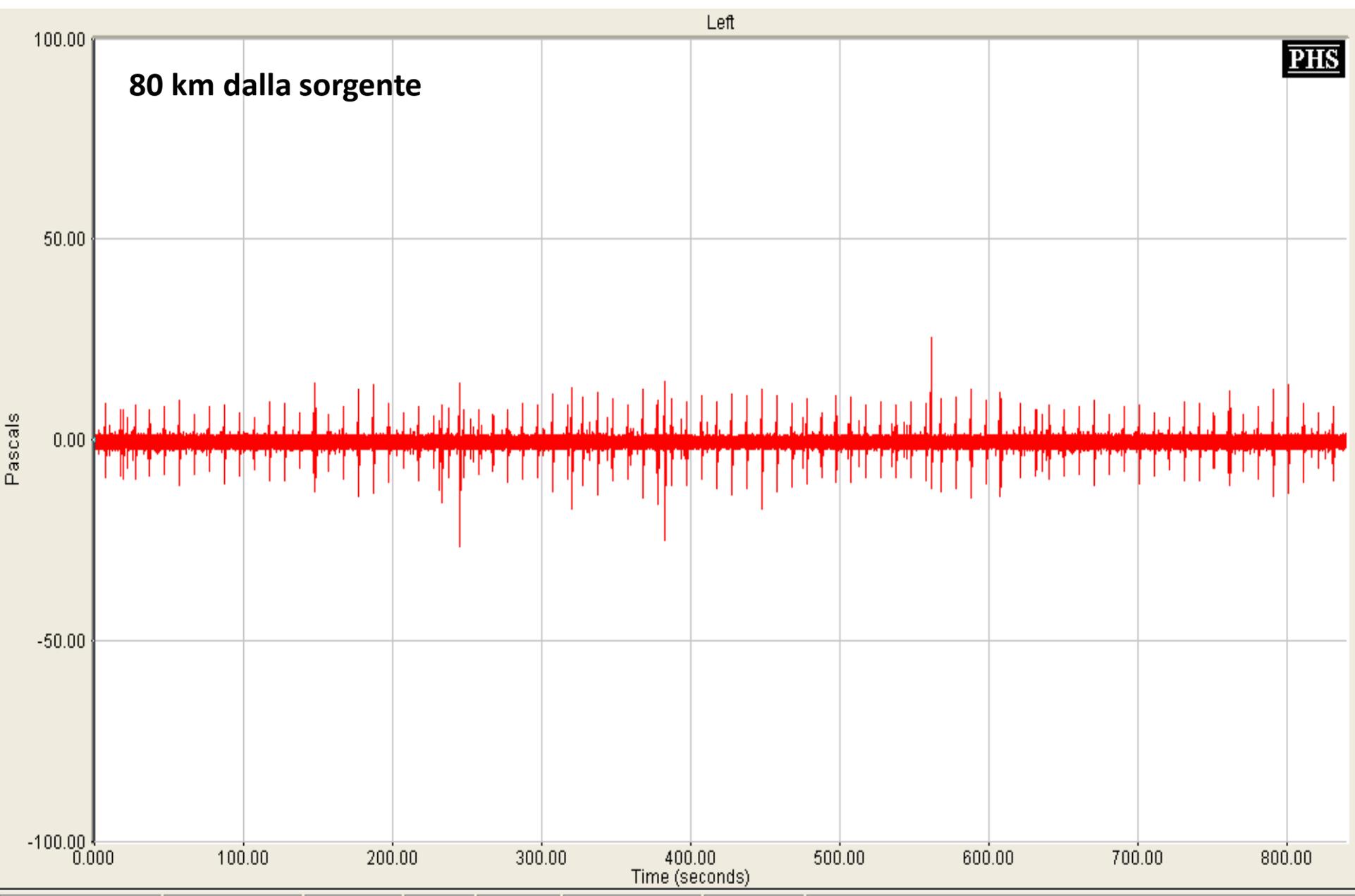




Peak Source Level di diverse di imbarcazioni

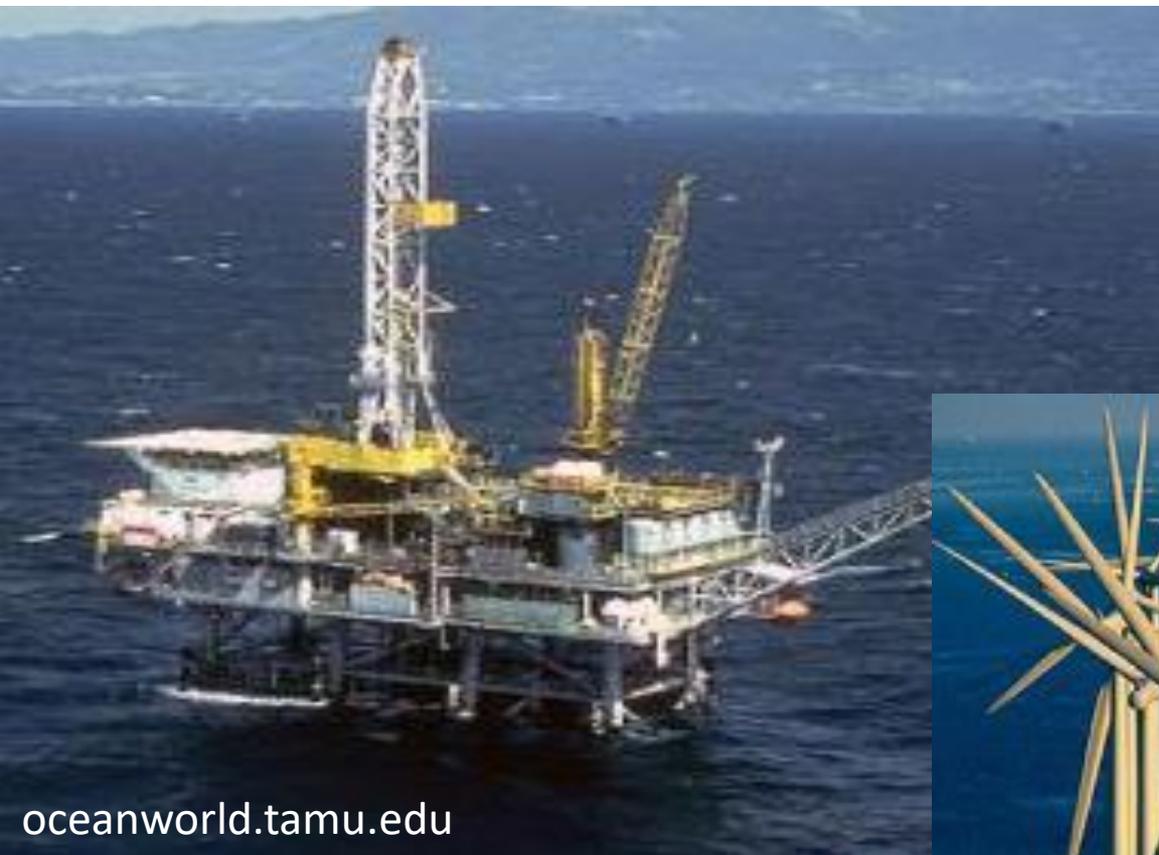






Attività di palificazione

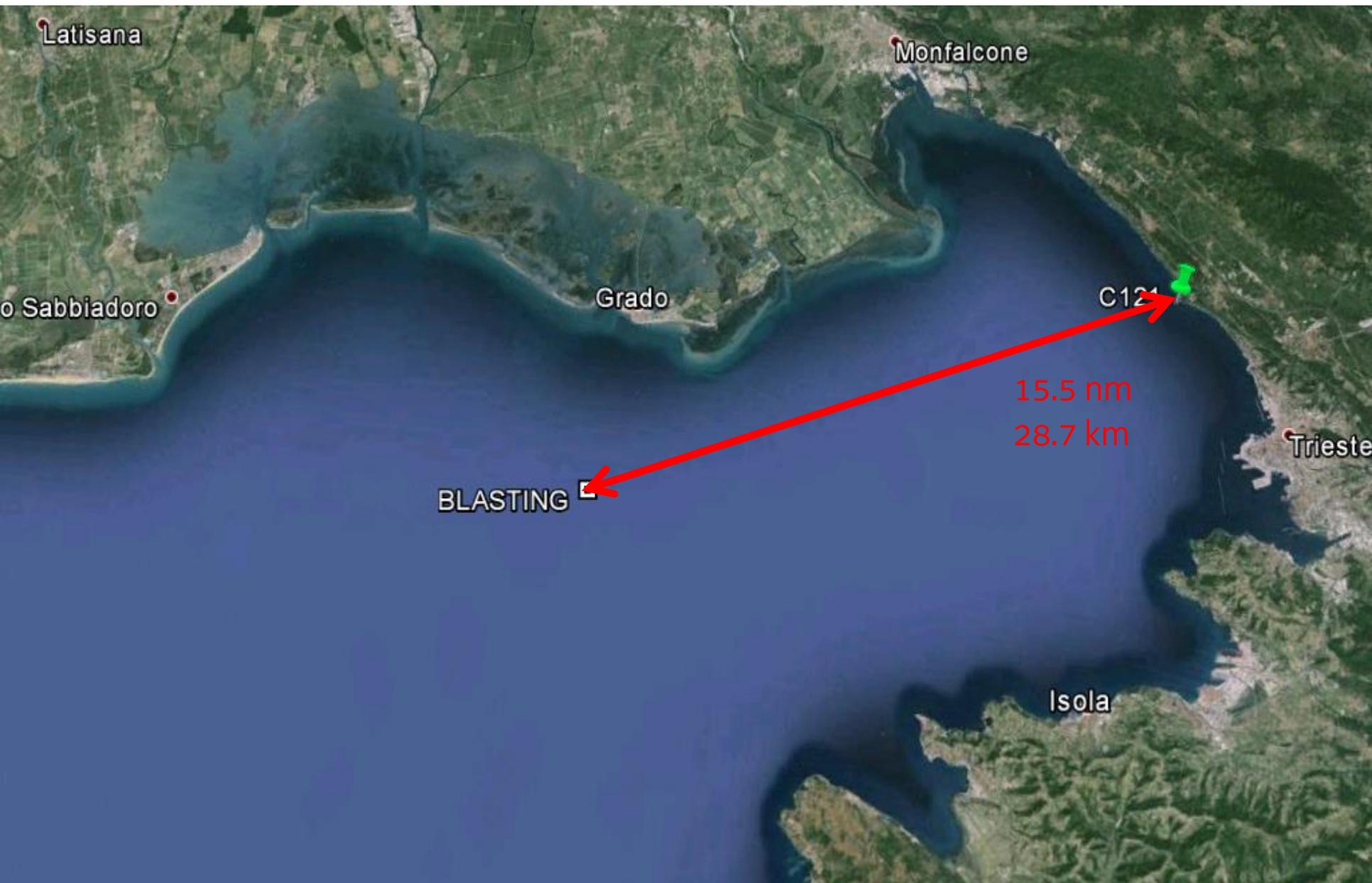






<http://www.protezionecivile.fvg.it/>

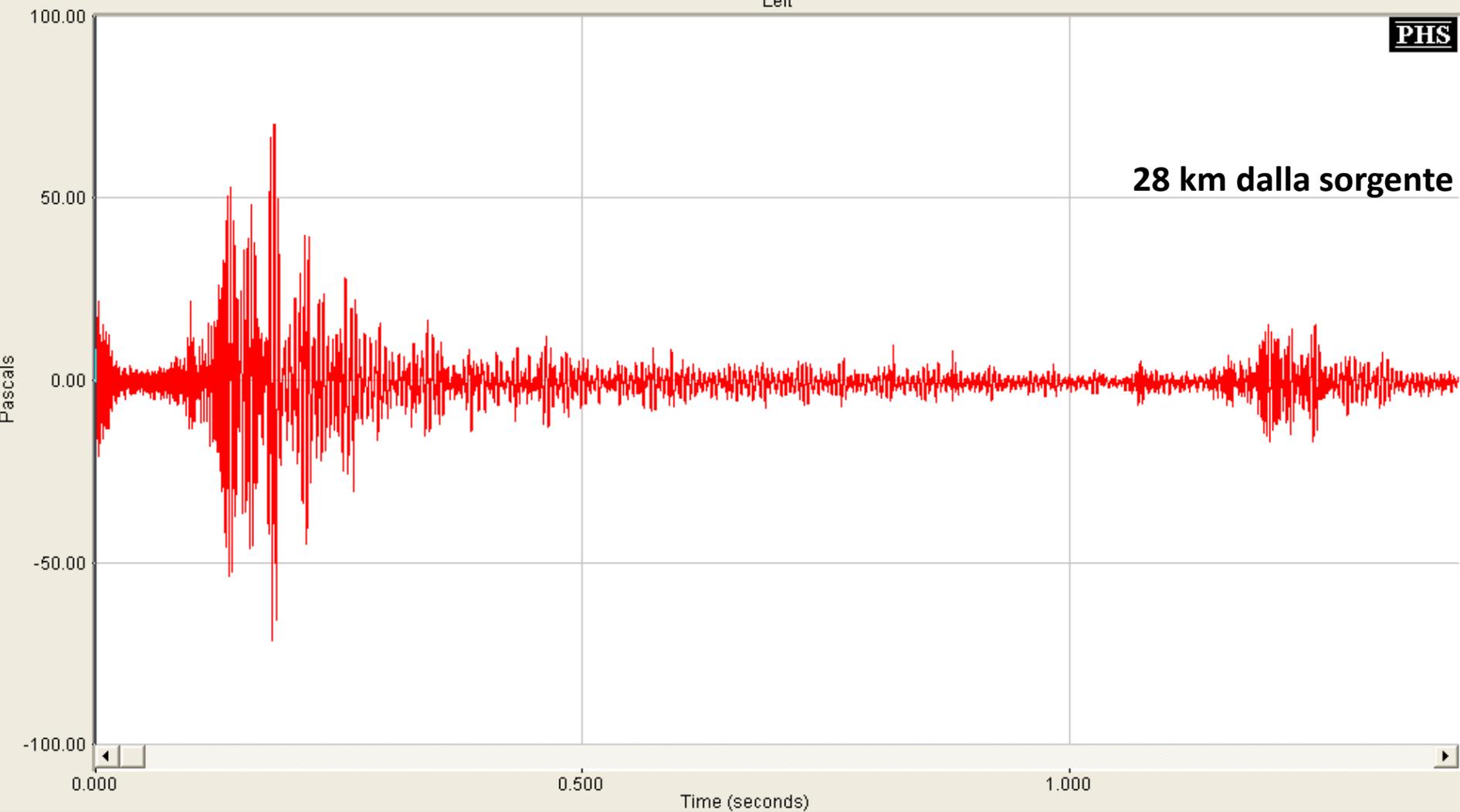


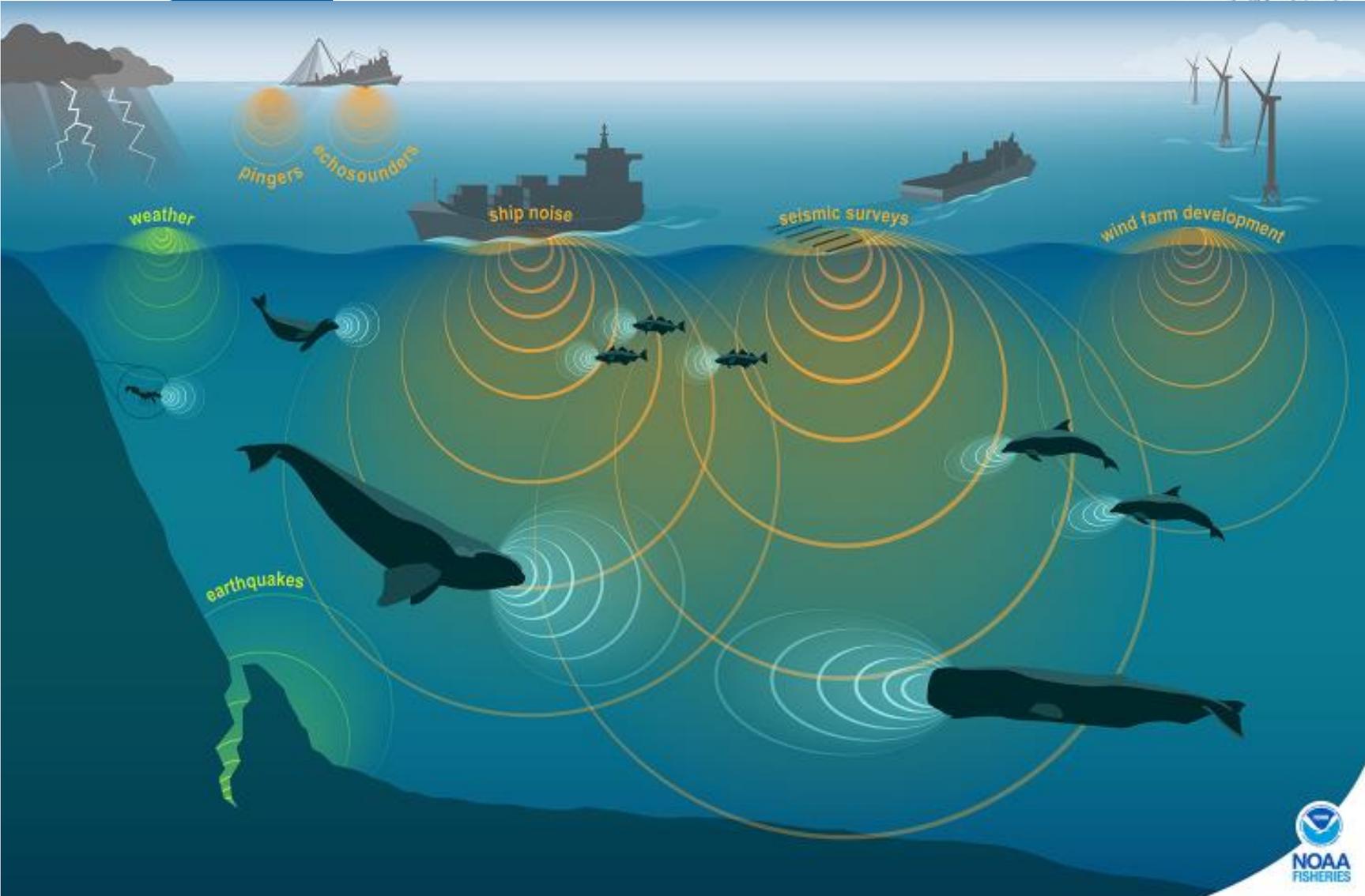


Left

PHS

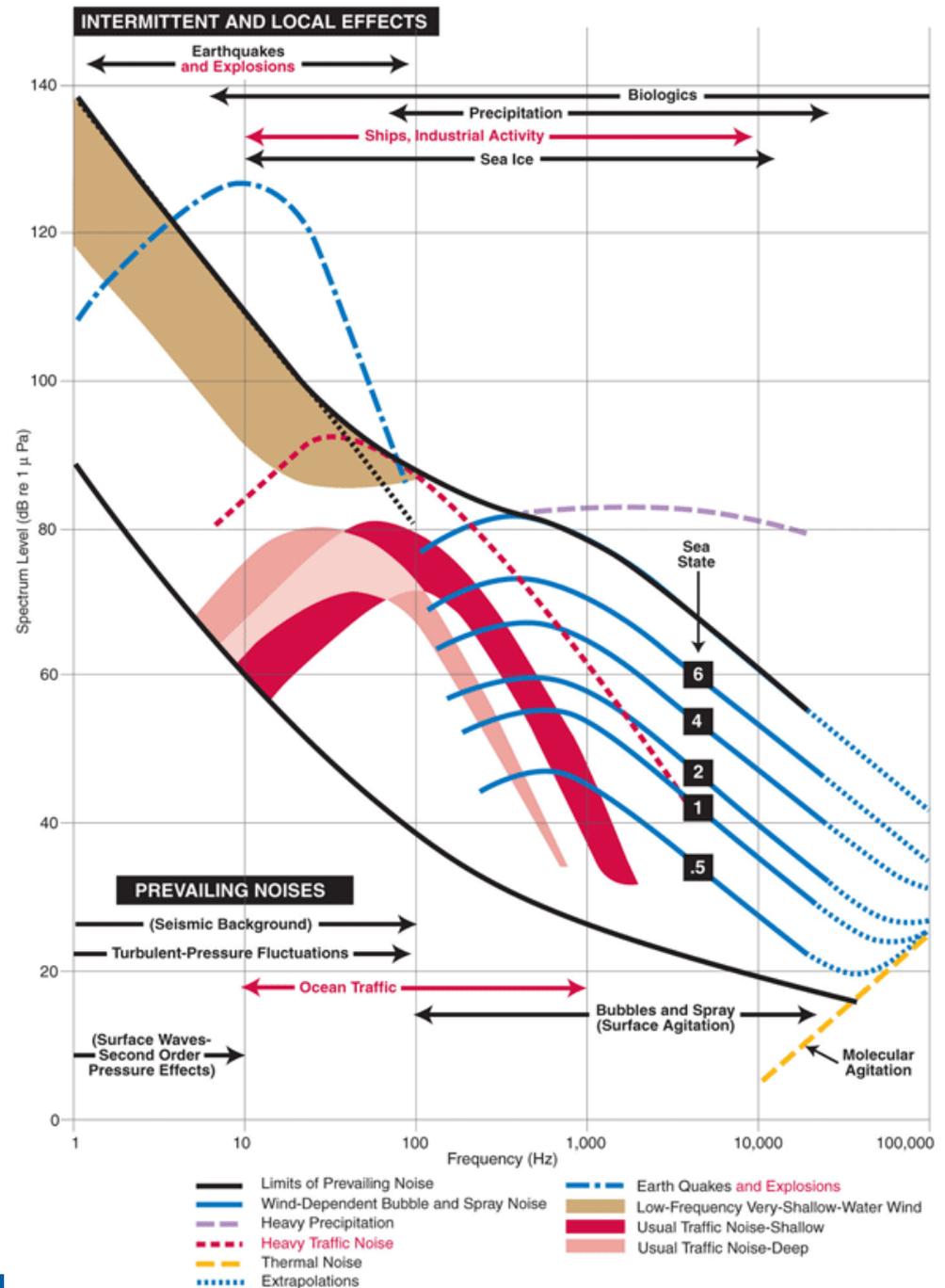
28 km dalla sorgente





Curva di Wenz

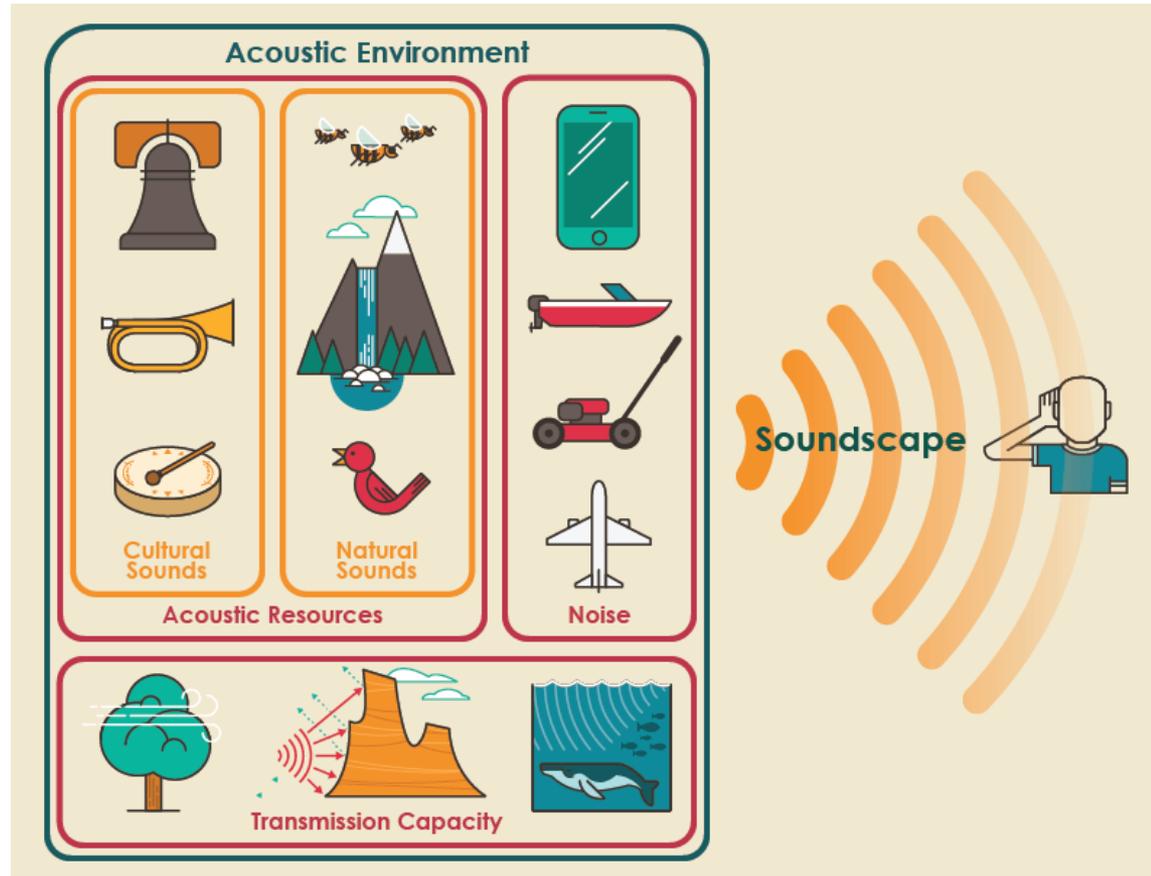
I suoni presenti in ambiente sottomarino possono essere riassunti in un grafico che mostra i livelli sonori tipici a diverse frequenze.



3. Suono come Stimolo biologico

Carola Chicco

Sensazione del cervello creata da uno stimolo esterno → il suono è un cambio di pressione del mezzo (aria/acqua).

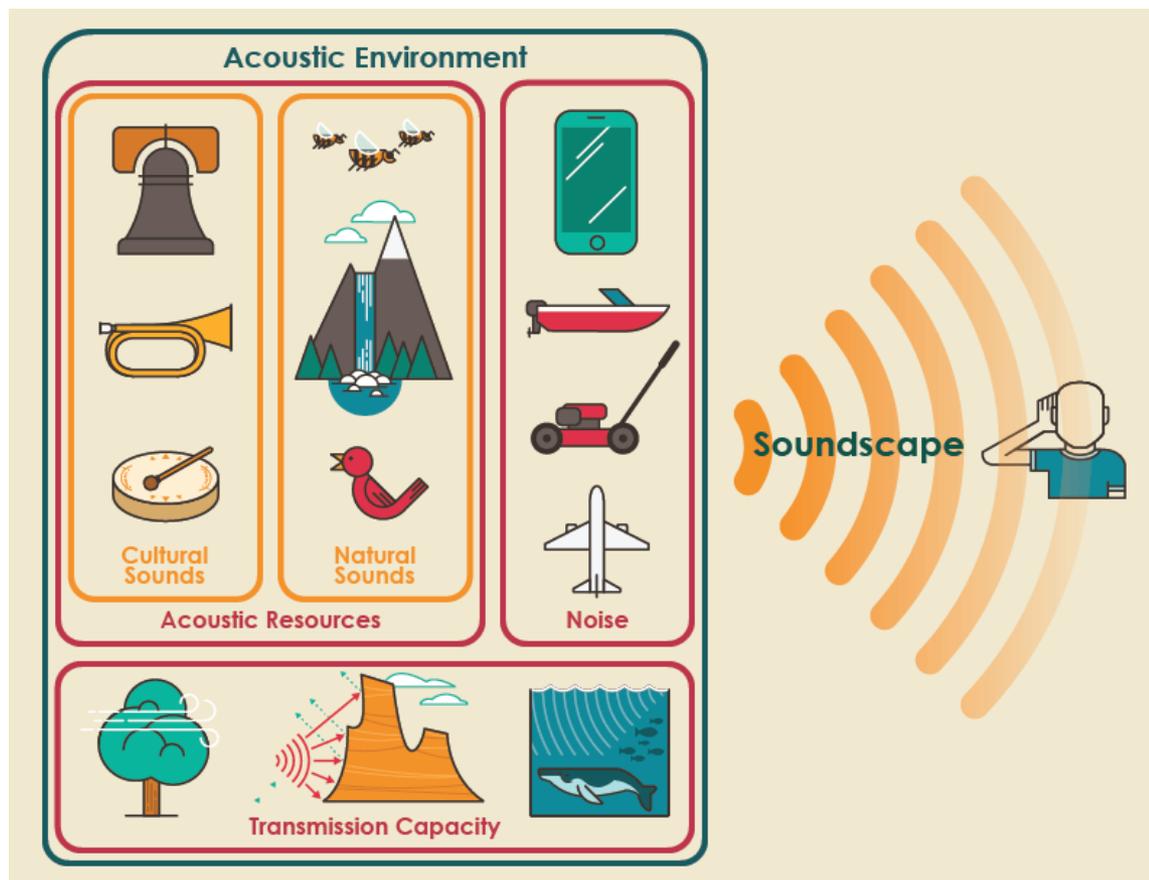


<https://www.nps.gov/index.htm>

Sensazione del cervello creata da uno stimolo esterno → il suono è un cambio di pressione del mezzo (aria/acqua).

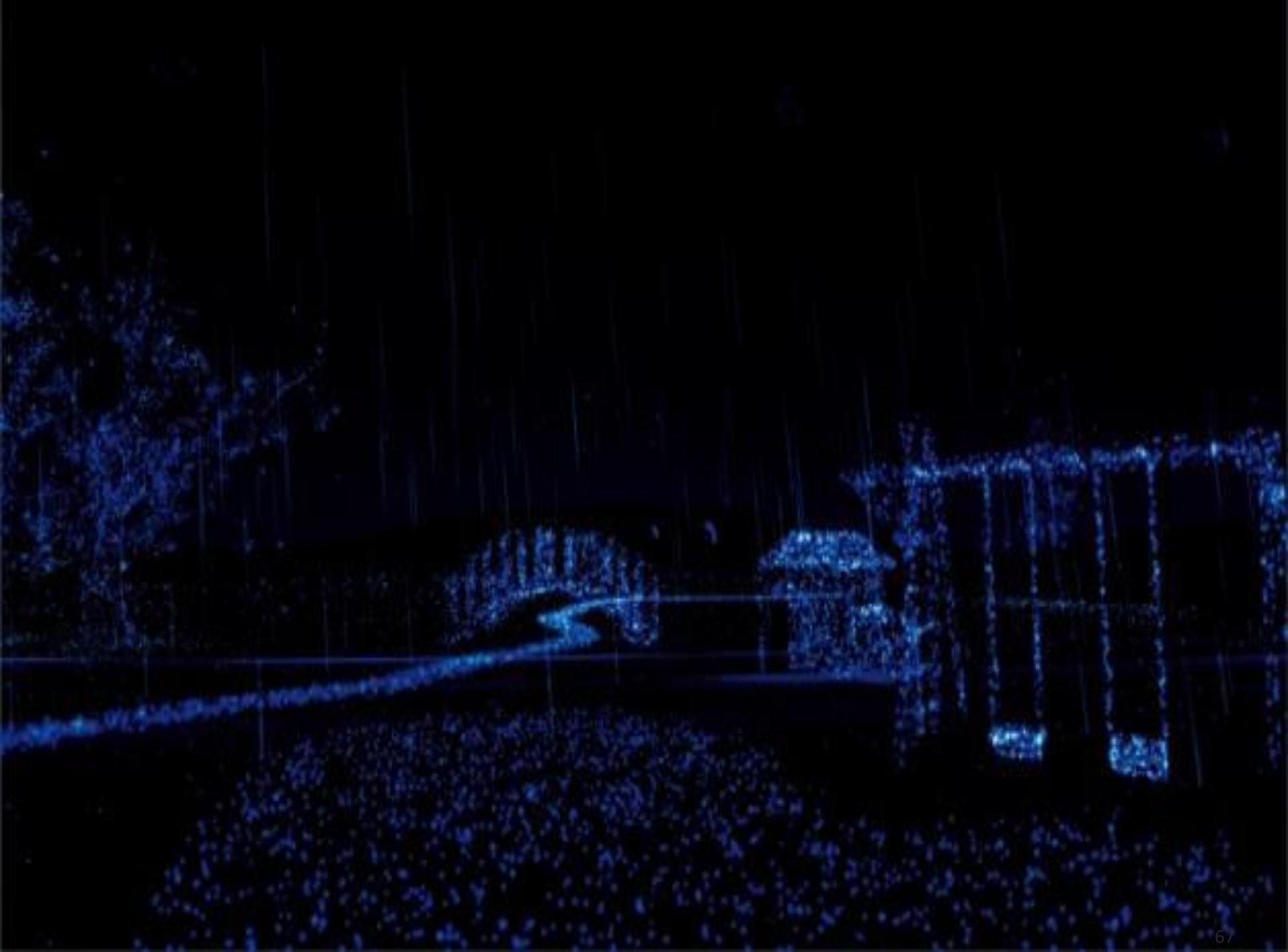
Ricevere e inviare informazioni:

Il suono si è evoluto come il **mezzo di comunicazione più efficiente**, ovvero di uno scambio informazioni tra un «mittente» (*sender*) e «destinatario» (*receiver*)



<https://www.nps.gov/index.htm>





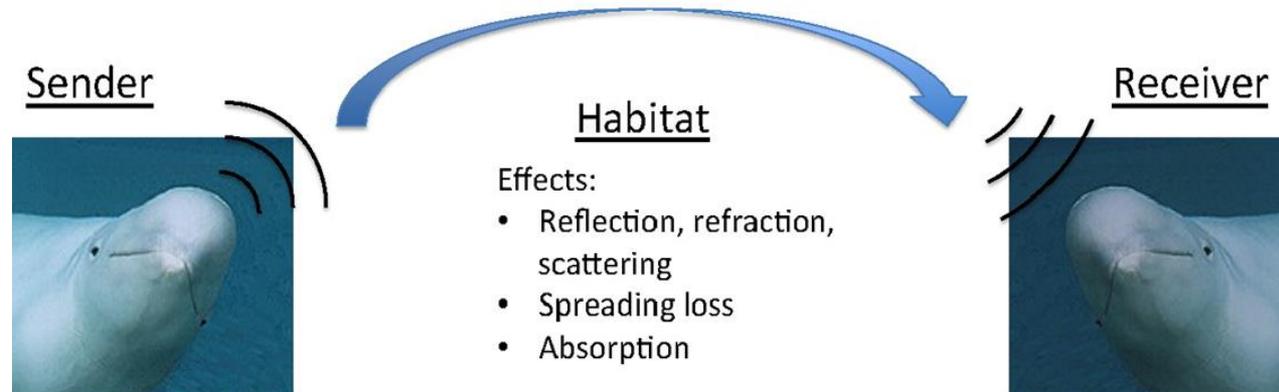
Scambio di informazioni:

- **Intra-specifiche** (tra individui stessa specie)
- **Inter-specifiche** (tra individui specie diverse)

Tipi di informazione:

- ❖ Orientamento
- ❖ Descrizione ambiente esterno
- ❖ Riproduzione e scelta del partner
- ❖ Anti-predazione
- ❖ Predazione
- ❖ Interazioni sociali
- ❖ Foraggiamento
- ❖ Territorialità

Acoustic Communication in Natural Environments



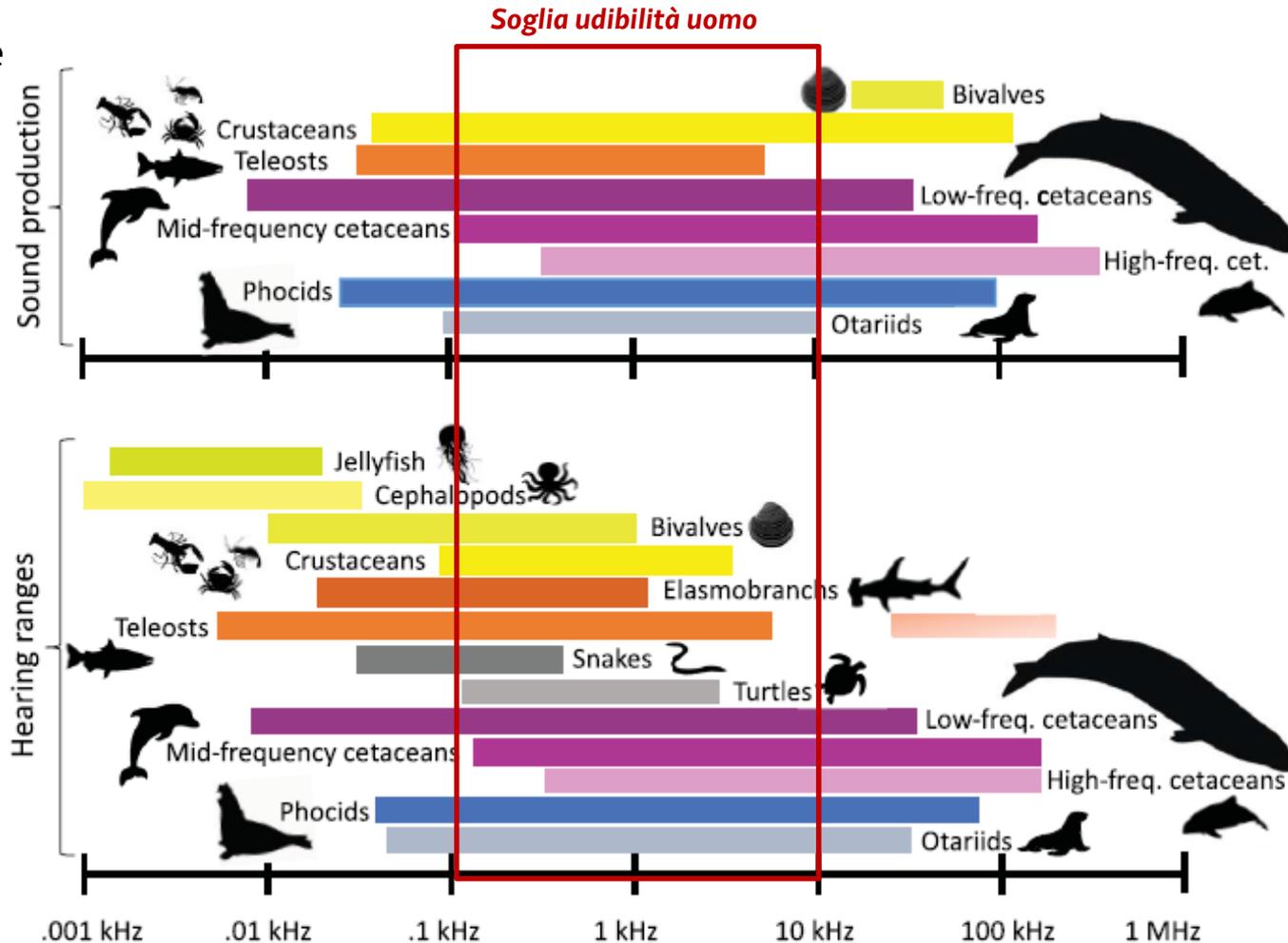
Erbe et al., 2016 <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.12.007>

La percezione dei suoni avviene in una determinata gamma di frequenze, detta

soglia di udibilità
(*hearing range*)

percezione ed emissione dei suoni in determinate frequenze:

- Basse e molto basse (infrasuoni)
- Medie
- Alte e molto alte (ultrasuoni)



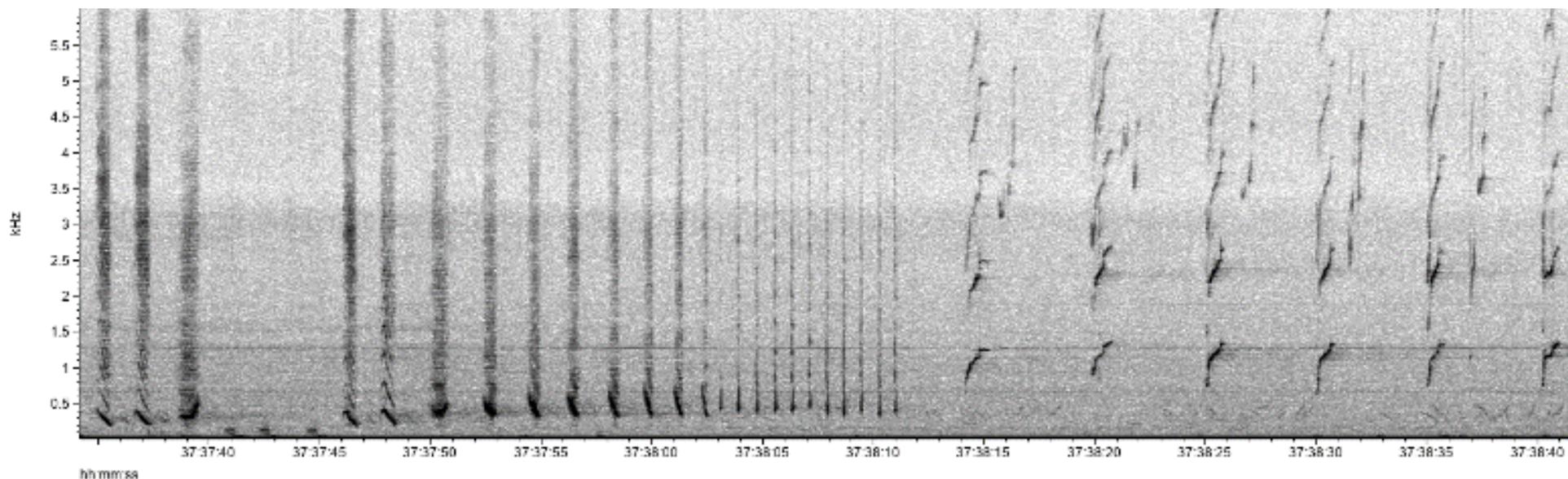
Duarte et al., 2021 <https://doi/10.1126/science.aba4658>

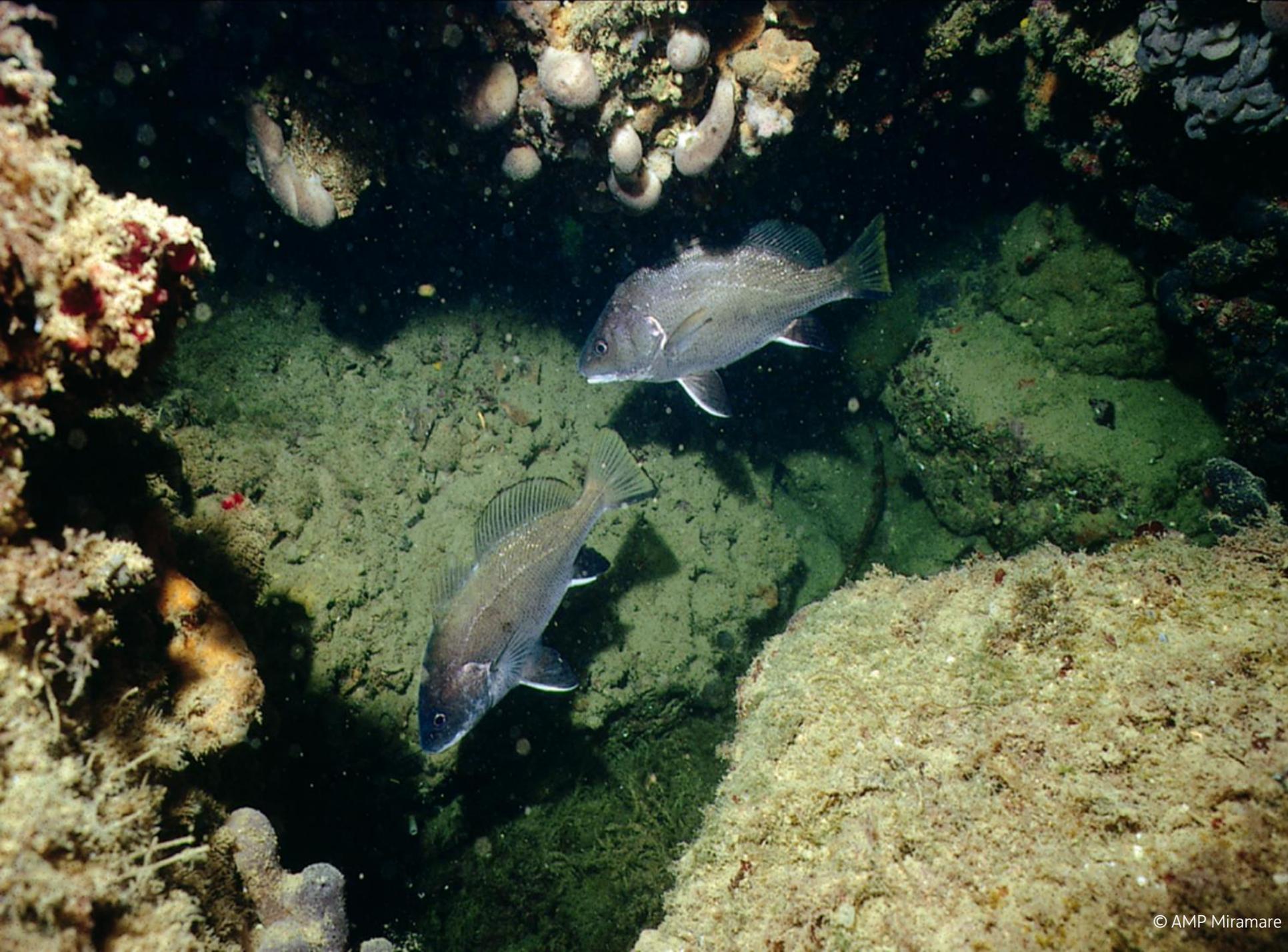


**Il canto delle megattere
(*Megaptera novaeangliae*)**

20 Hz – 24.000 Hz

*Lunga serie di suoni tipicamente
prodotti dai maschi durante la
stagione riproduttiva*

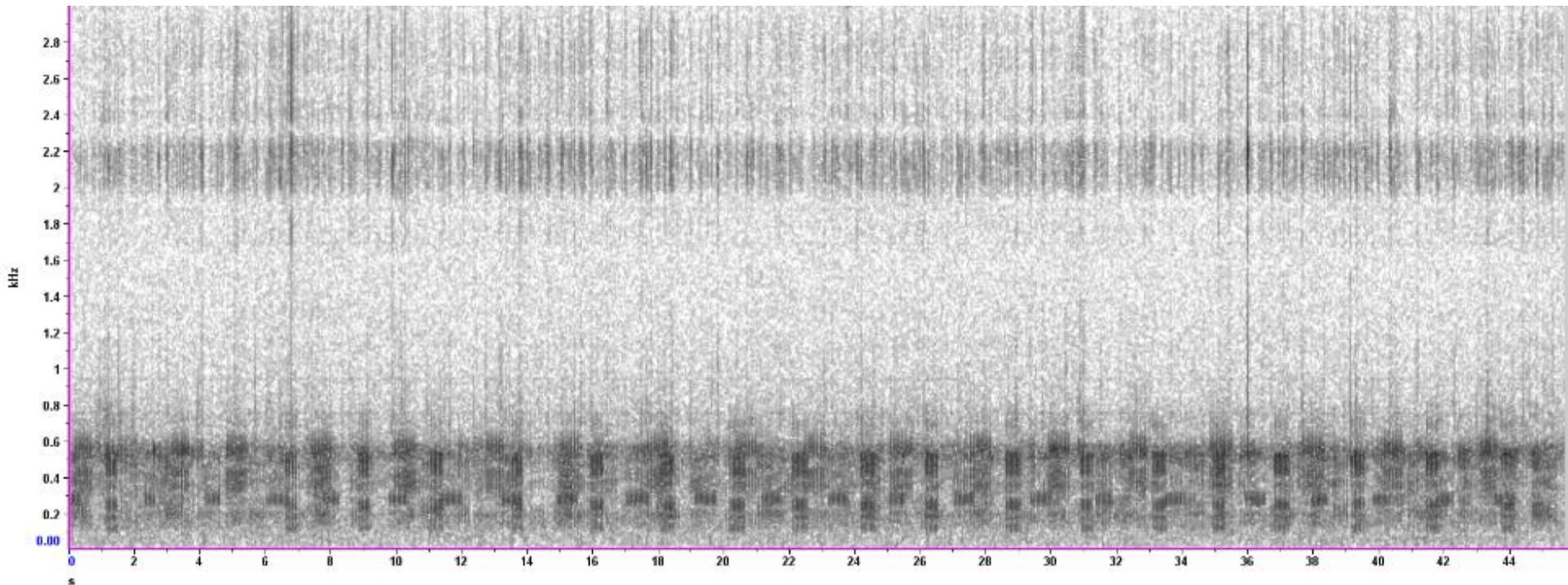




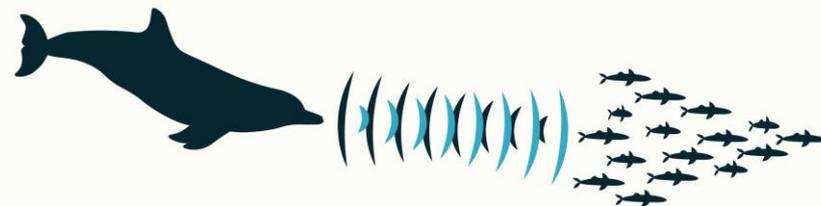


**Il coro di corvina
(*Sciaena umbra*):**
120 – 350 Hz

*Attività notturna, con picco a mezzanotte
durante il periodo riproduttivo (estate)*





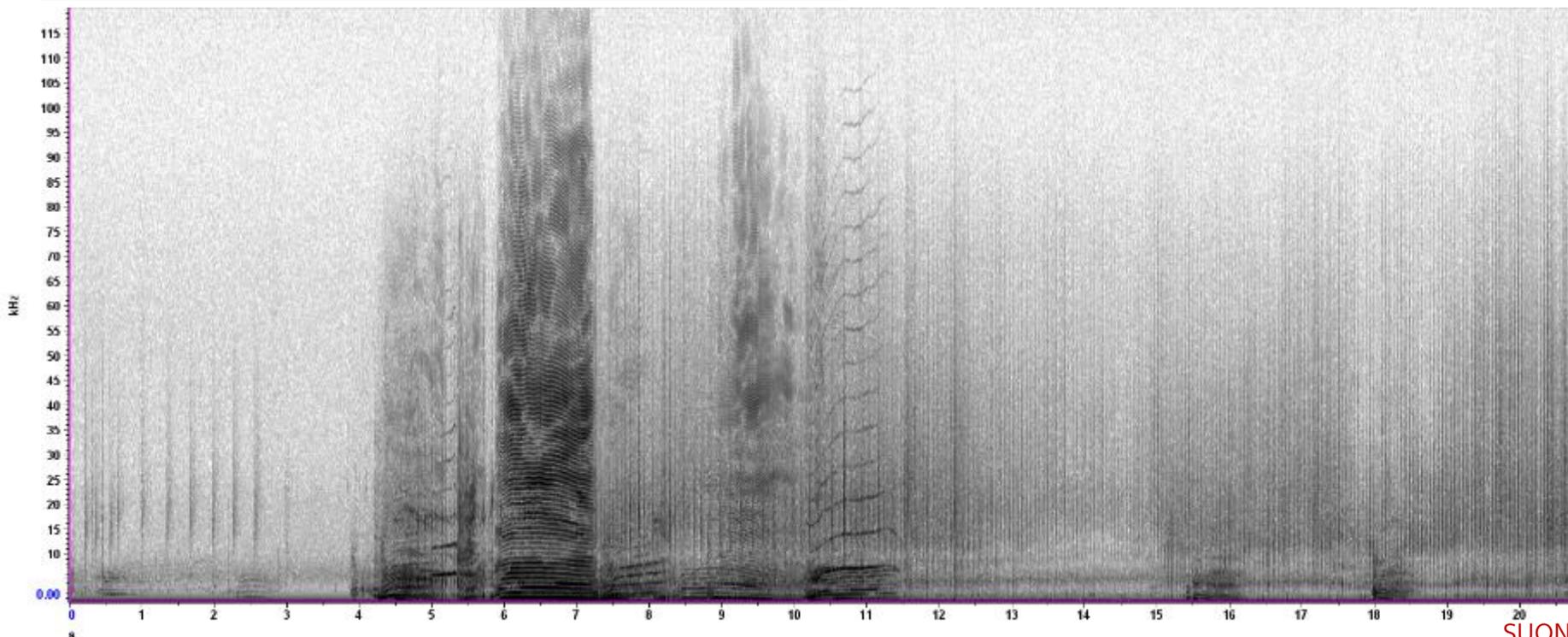


Ecolocalizzazione dei delfini o orche:

40.000 – 130.000 Hz *Tursiops truncatus*

20.000 – 60.000 Hz *Orcinus orca*

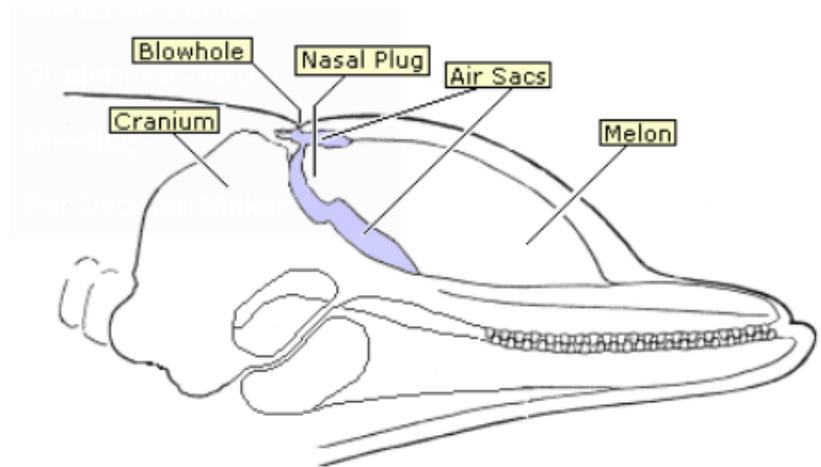
Suono emesso ad altissime frequenze, ultrasuoni, il cui eco di ritorno viene utilizzato per indagare l'ambiente che sta intorno.



Modalità di produzione dei suoni

Mammiferi marini:

- **Laringe**, come nei mammiferi terrestri (e quindi anche l'uomo!), i suoni sono prodotti dalla vibrazione delle corde vocali che sono presenti nella laringe, l'aria passa dai polmoni alla laringe producendo il suono, che a sua volta può essere modificato nella cavità boccale.
- Gli odontoceti, possono emettere suoni anche attraverso dei «**sacche di aria**» apposta, che si trovano vicino allo sfiatatoio. Questi servono per emettere i suoni di ecolocalizzazione.
- Inoltre i mammiferi marini possono emettere altri tipi di suoni colpendo la superficie dell'acqua con il loro corpo come coda o pinne pettorali (tail o flip slapping)



Dolphins produce sounds by passing air through air sacs in their head. Adapted from Dolphin Acoustical Structure (1991) Scheifele, P.M. NUSC TR3080. dosits.org

Modalità di produzione dei suoni

Pesci

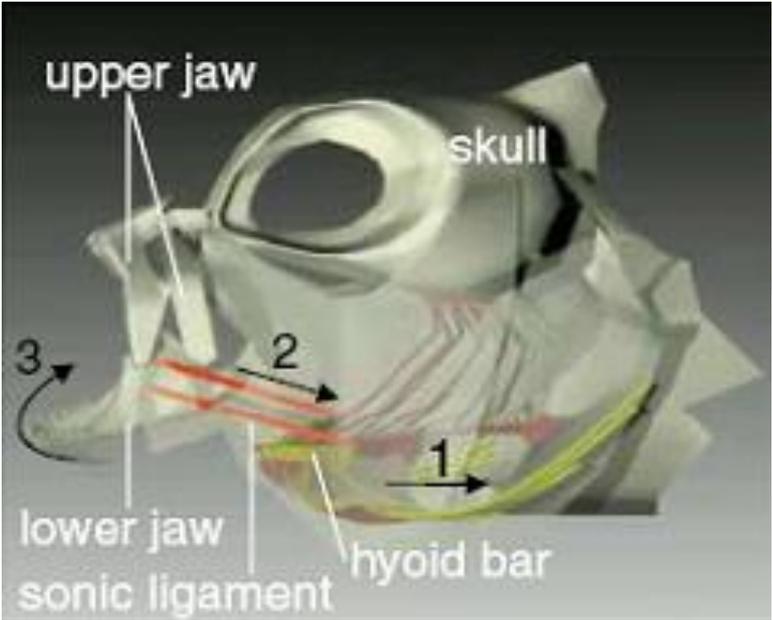
- **Muscoli soniferi**, il suono viene prodotto attraverso la percussione della **vescica natatoria** attraverso l'uso di questi muscoli specializzati.
- **Stridulazione**, suono prodotto dallo strofinio di parti scheletriche o dai denti
- **Movimenti idrodinamici**, suono prodotto da un cambio improvviso di velocità o direzione (frequenze molto basse), è un sottoprodotto del movimento del pesce.



Muscoli soniferi di Corvina
(*Sciaena umbra*)



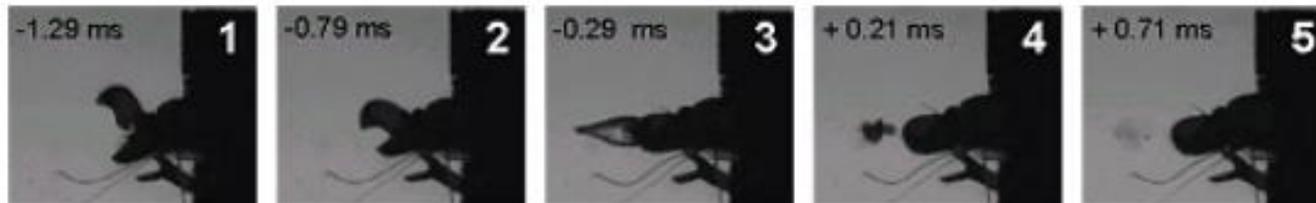
Castagnola (*Chromis chromis*)



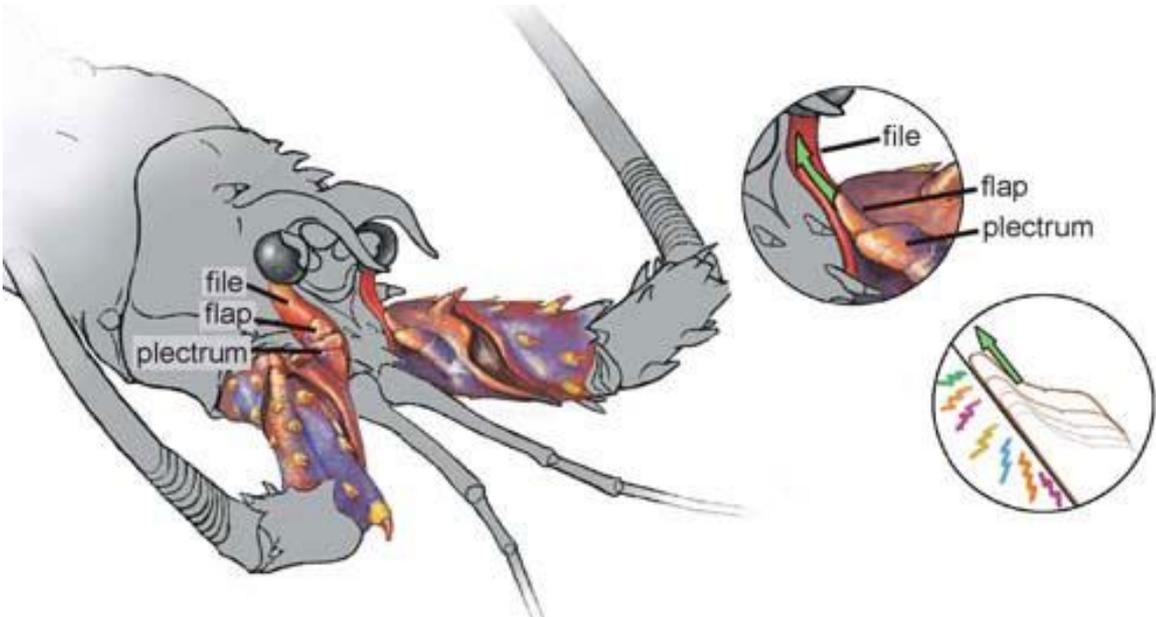
Modalità di produzione dei suoni

Invertebrati :

- **Stridulazione**, il più comune, movimento meccanico di strofinare due parti del corpo tra loro. Alcune specie hanno evoluto strutture apposite, come il carapace, le chele, le antenne, etc.
- **Contrazione dei muscoli**, i muscoli di determinate parti del corpo vengono contratti (es. antenne) generando così dei «buzz» a basse frequenze
- **Cavitazione**, il suono viene prodotto facendo esplodere una bolla d'aria prodotta dal movimento delle chele. Questo è un suono comune che troviamo nei nostri mari, prodotto dal Gambero schioccatore (***Alpheus sp.***)



Freeze-framed images from a high-speed video recording showing the bubble produced by the snapping shrimp. Photo series courtesy of Department of Applied Physics, University of Twente.

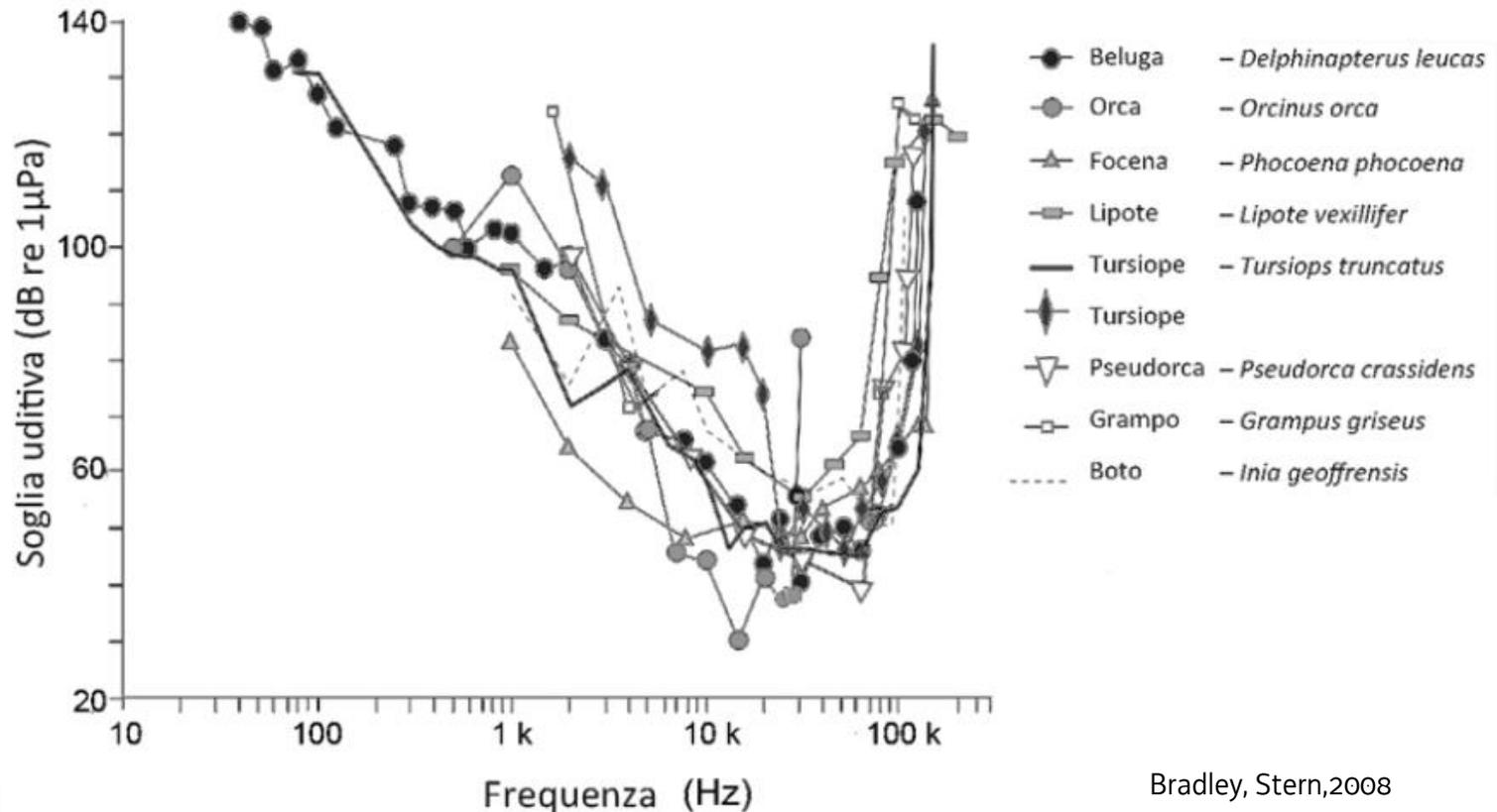


Aragosta (*Palinurus* sp.)

SUONO_14



Un Audiogramma è un grafico che rappresenta **la curva di sensibilità** uditiva di una specie. Esso esprime il range di frequenza entro cui un organismo può sentire ed indica il livello minimo di intensità che lo stimolo acustico deve avere per essere percepito ad una determinata frequenza (volume in dB, range frequenze in Hz).



...come sente una Corvina



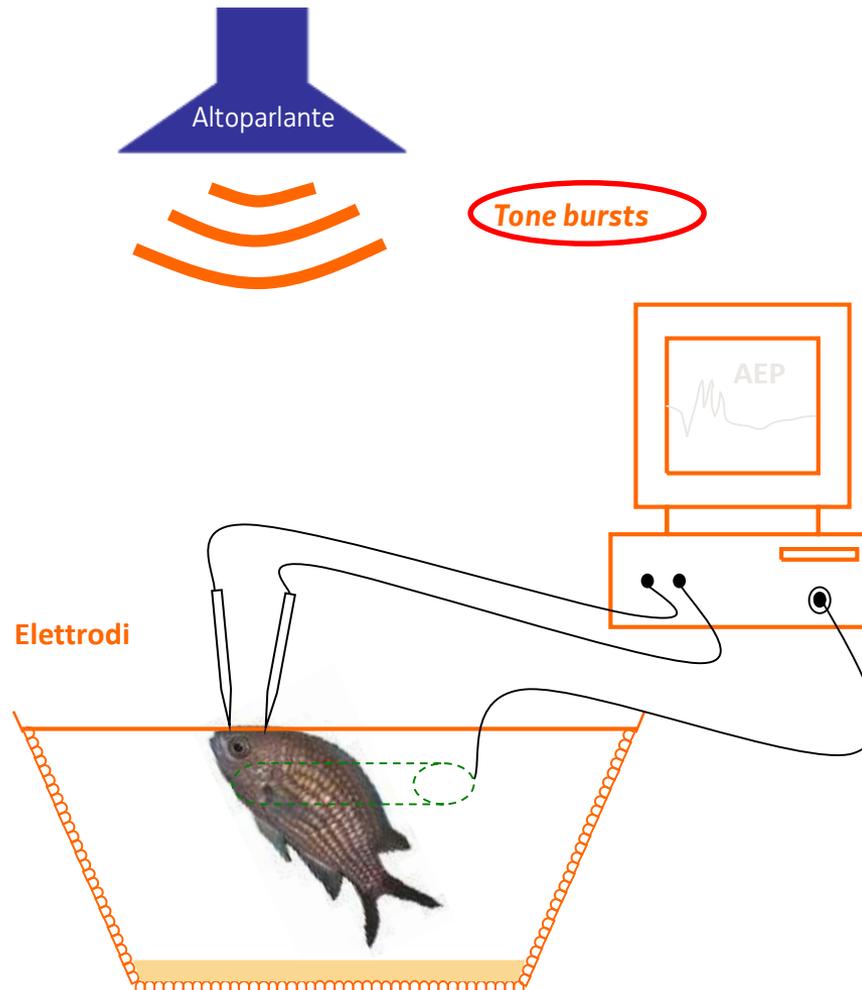
...come sente un Ghiozzo

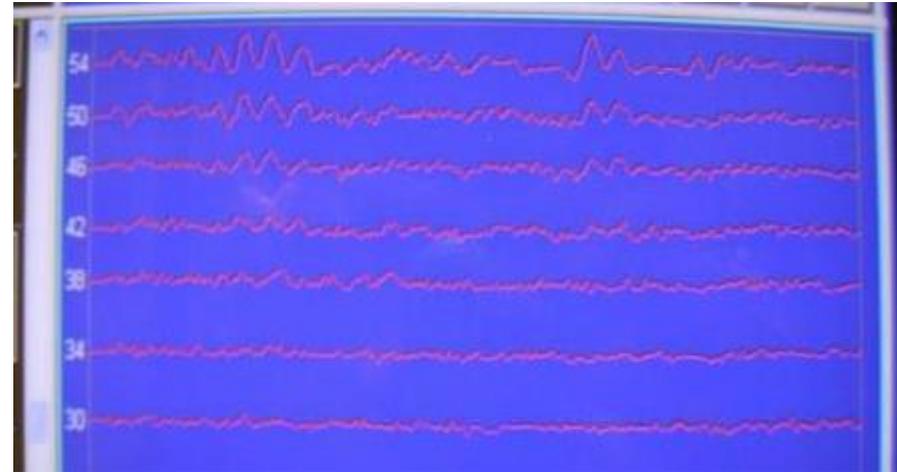
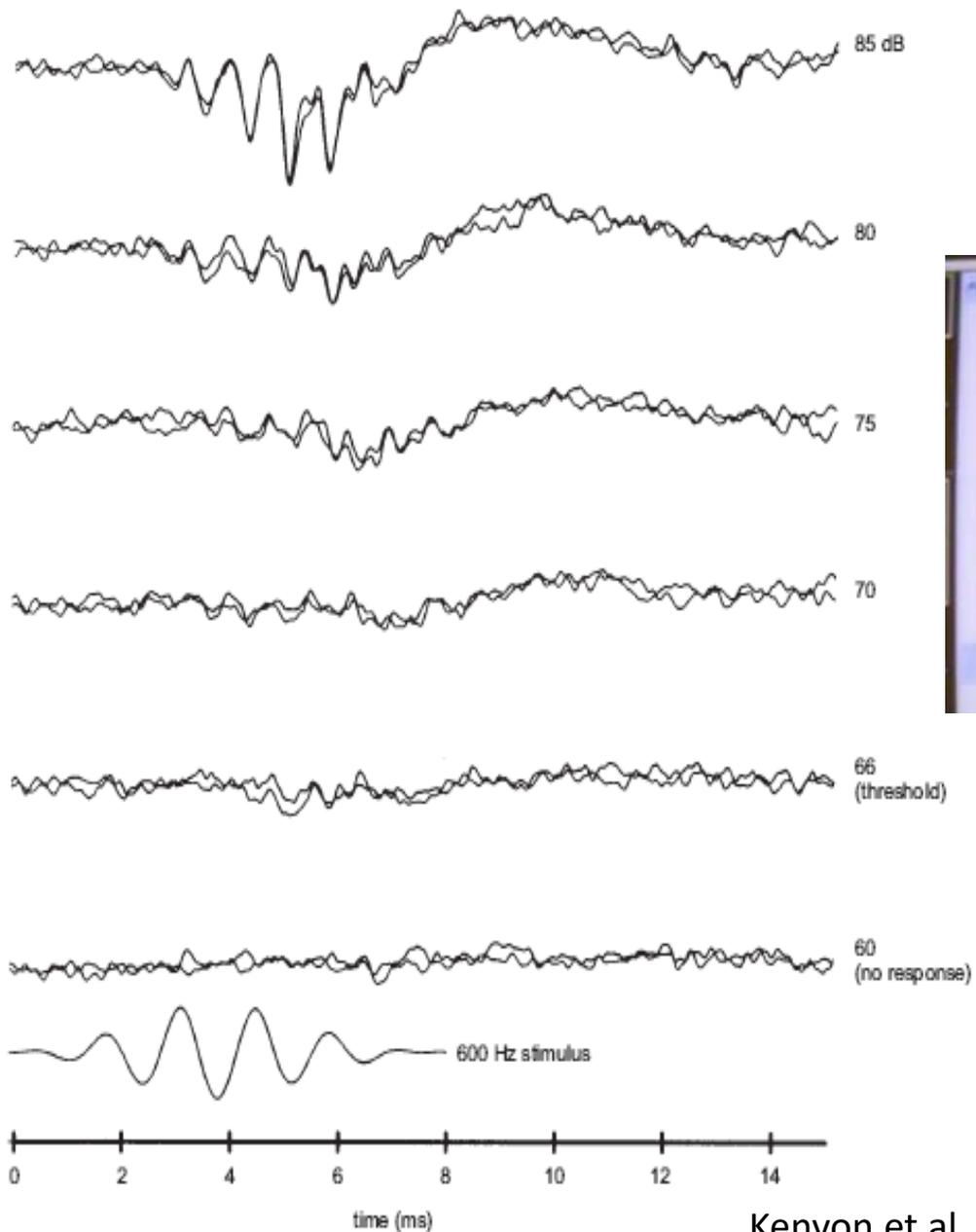


...come sente un Gamberetto

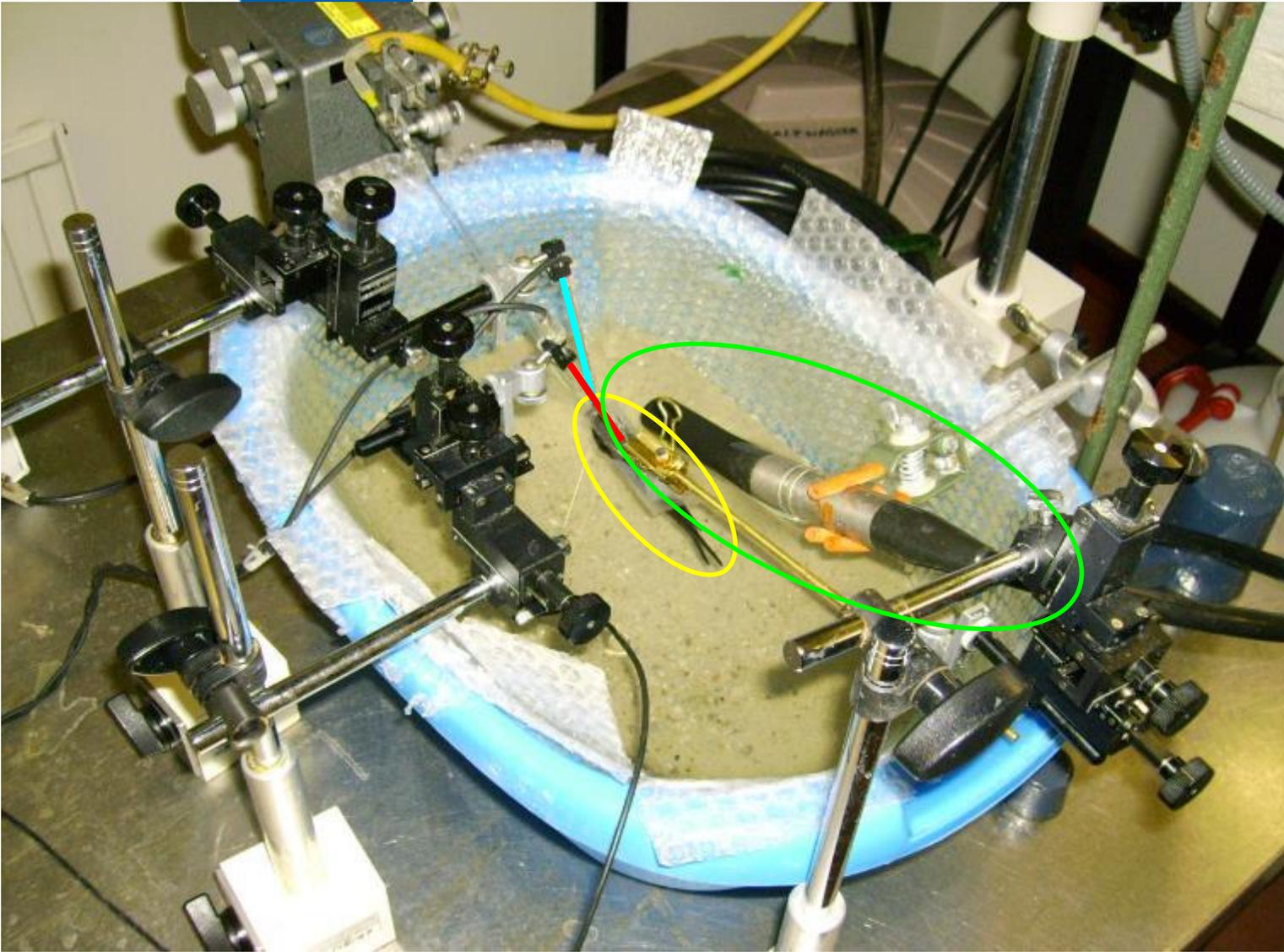


Stima audiogramma in laboratorio





Kenyon et al., 1998



Pesce

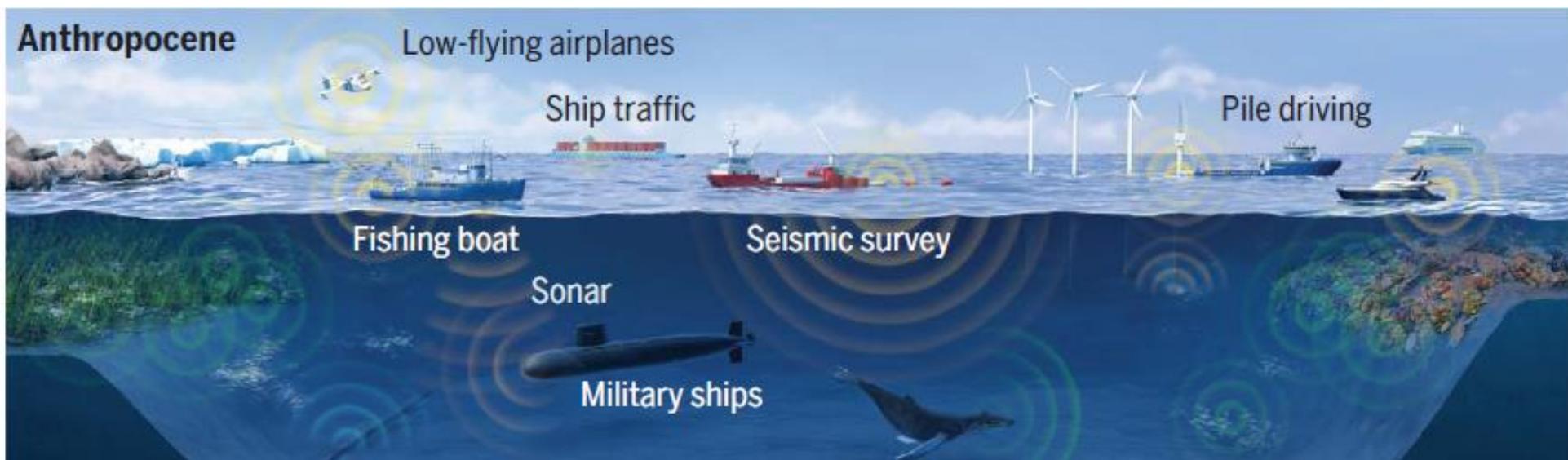
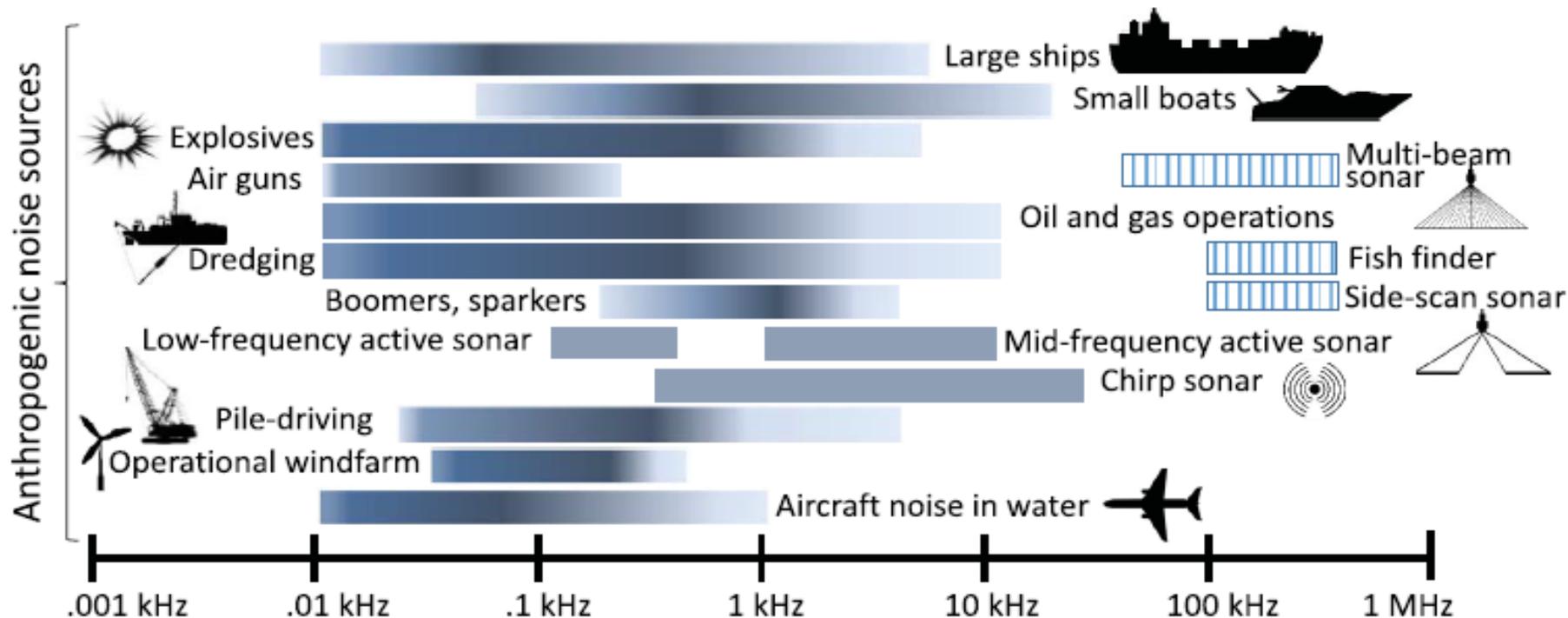
Elettrodo di registrazione

Elettrodo di riferimento

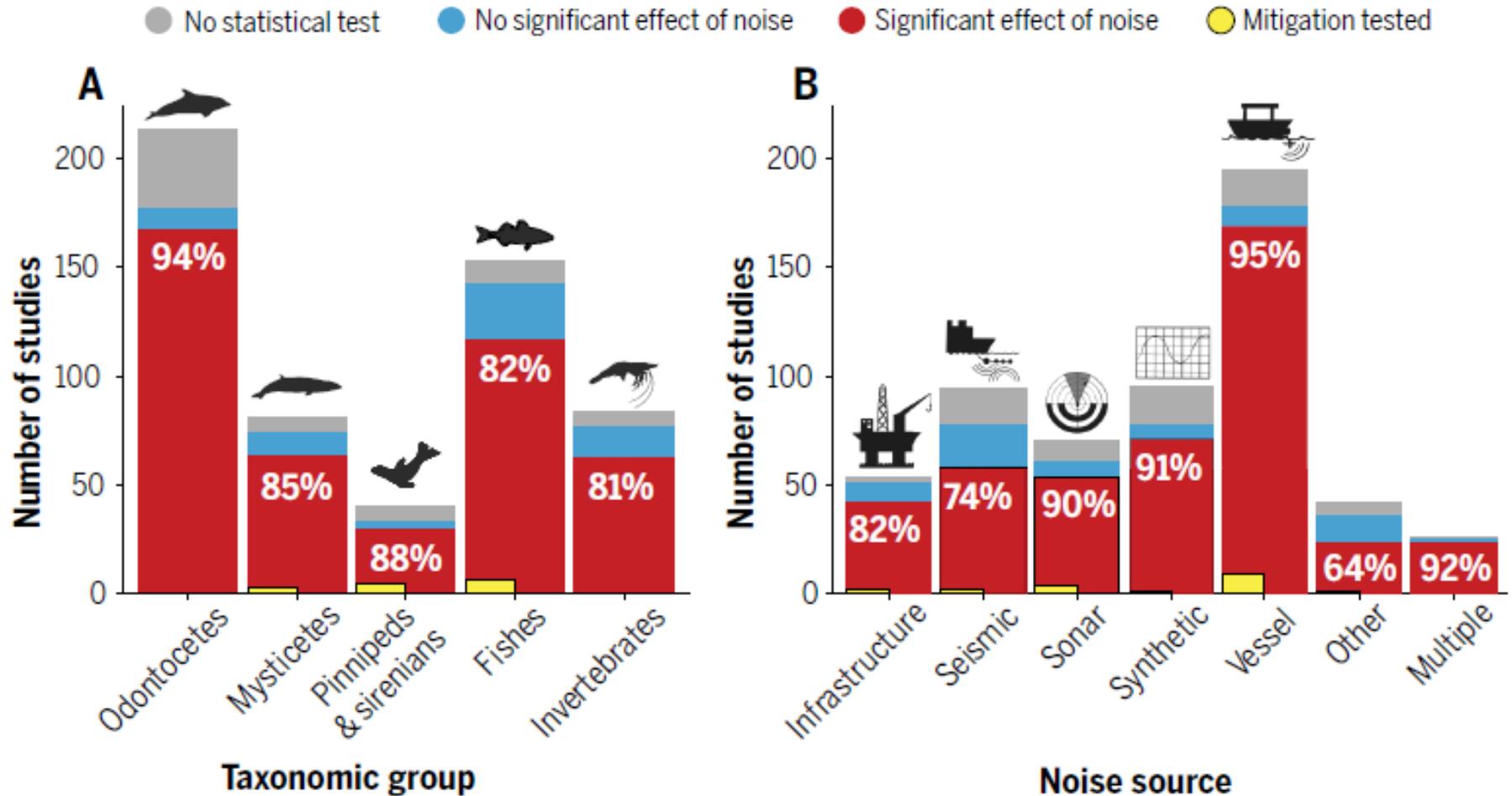
Idrofono

4. Effetti dei suoni antropici sugli organismi marini

Carola Chicco

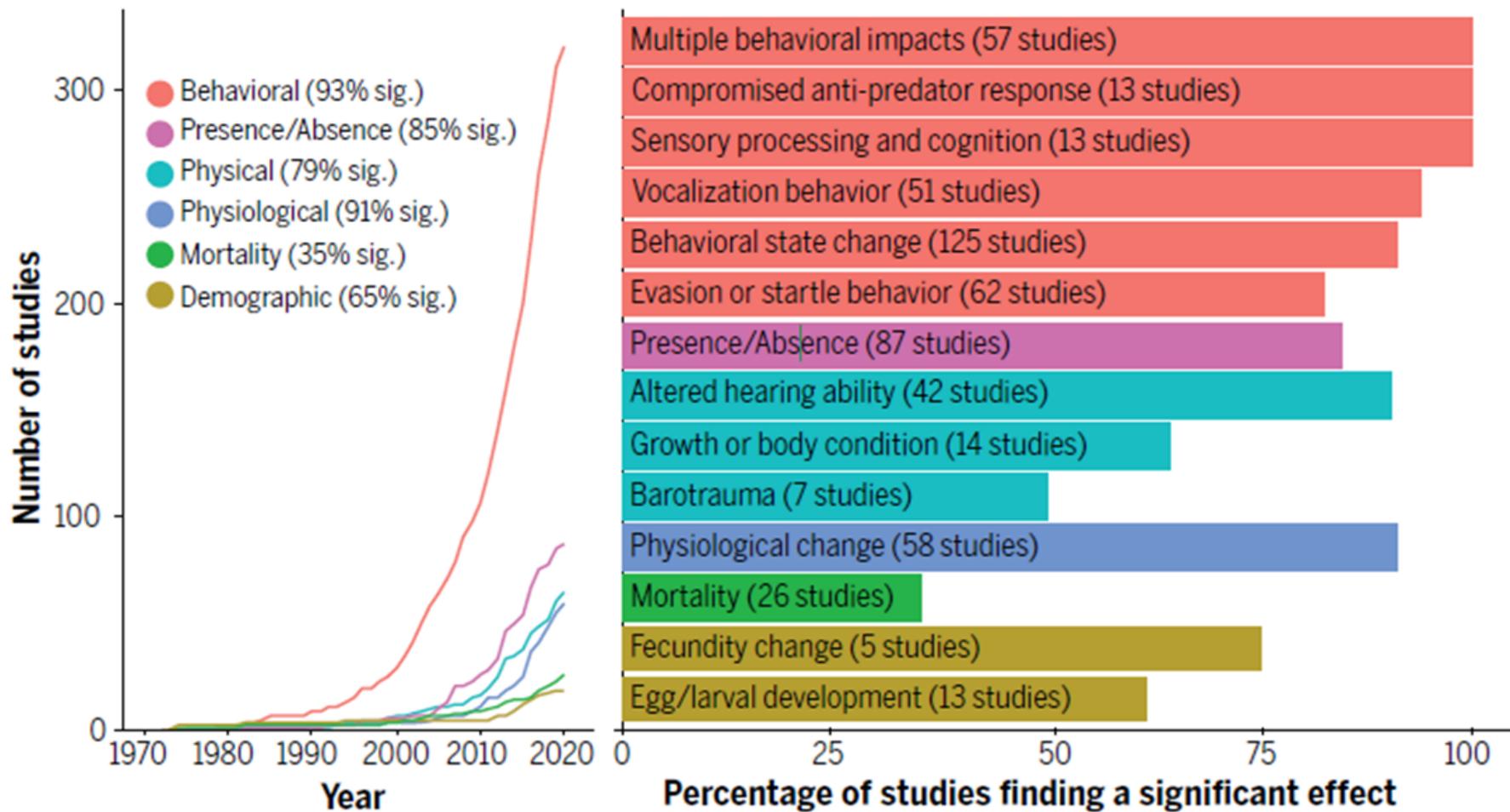


Effetti suoni antropici su organismi marini



Duarte et al., 2021 <https://doi/10.1126/science.aba4658>

Effetti suoni antropici su organismi marini



Duarte et al., 2021 <https://doi/10.1126/science.aba4658>

Effetti suoni antropici su organismi marini

Effetti fisiologici:

- **TTS** (*Temporal Theshold Shift*)– Perdita temporanea udito
- **PTS** (*Permanent Threshold Shift*) – Perdita permanente udito
- **Stress/ Stress cronico**

Diminuzione fitness generale individuo:

Danno tessuti, danno sistema immunitario, alterazioni processi sviluppo (ontogenesi e organogenesi), alterazioni orientamento, ...

Morte : perdita udito, **spiaggiamenti**, ...



Effetti Immediati o a lungo termine su



Effetti suoni antropici su organismi marini

Effetti comportamentali:

- **«Masking»** : fenomeno che comprende un rumore o un suono di sottofondo ambientale le cui frequenze coincidono con quelle che utilizza una specie target per trasmettere o ricevere informazioni, così portando a un effetto di **mascheramento** per l'organismo e riducendone la «ascoltabilità»
- **Alterazione comportamento** : cambio budget metabolismo, difficoltà a trovare partner, trovare preda.
- **Abbandono habitat disturbati**



www.thebluereporters.com

Effetti Immediati o a lungo termine su



«**Lombard effect**» : alterazione delle caratteristiche acustiche della vocalizzazione (in frequenza e intensità) da parte di un organismo per compensare il «masking».

Indication of a Lombard vocal response in the St. Lawrence River beluga

P. M. Scheifele, S. Andrew, R. A. Cooper, and M. Darre
Animal Science Department, University of Connecticut, Storrs, Connecticut 06269

F. E. Musiek and L. Max
Communications Science Department, University of Connecticut, Storrs, Connecticut 06269

The Lombard effect in singing humpback whales: Source levels increase as ambient ocean noise levels increase

Regina A. Guazzo,^{1,a)} Tyler A. Helble,^{1,b)} Gabriela C. Alongi,² Ian N. Durbach,^{3,c)} Cameron R. Martin,¹ Stephen W. Martin,² and E. Elizabeth Henderson¹

¹Naval Information Warfare Center Pacific, San Diego, California 92152-5001, USA

²National Marine Mammal Foundation, San Diego, California 92106, USA

³Centre for Research into Ecological and Environmental Modelling, School of Mathematics and Statistics, University of Saint Andrews, United Kingdom

Lombard effect: Minke whale boing call source levels vary with natural variations in ocean noise^{a)}

Tyler A. Helble,^{1,b)} Regina A. Guazzo,^{1,c)} Cameron R. Martin,¹ Ian N. Durbach,^{2,d)} Gabriela C. Alongi,³ Stephen W. Martin,³ John K. Boyle,⁴ and E. Elizabeth Henderson¹

¹Naval Information Warfare Center Pacific, San Diego, California 92152, USA

²Centre for Research into Ecological and Environmental Modelling, School of Mathematics and Statistics, University of Saint Andrews, United Kingdom

³National Marine Mammal Foundation, San Diego, California 92106, USA

⁴Applied Ocean Sciences, Fairfax Station, Virginia, 22039, USA

Speaking up: Killer whales (*Orcinus orca*) increase their call amplitude in response to vessel noise

Marla M. Holt and Dawn P. Noren

Marine Mammal Program, National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), National Marine Fisheries Service (NMFS), Northwest Fisheries Science Center, 2725 Montlake Boulevard East, Seattle, Washington 98112
marla.holt@noaa.gov, dawn.noren@noaa.gov

Val Veirs

Department of Physics, Colorado College, Colorado Springs, Colorado 80903
vveirs@coloradocollege.edu

Candice K. Emmons

Marine Mammal Program, National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), National Marine Fisheries Service (NMFS), Northwest Fisheries Science Center, 2725 Montlake Boulevard East, Seattle, Washington 98112
candice.emmons@noaa.gov

Scott Veirs

Beam Reach Marine Science and Sustainability School, 7044 17th Avenue NE, Seattle, Washington 98112
scott@beamreach.org

The sound production of *Aplodinotus grunniens* in the presence of boat sounds^{a)}

Nicholas A. Somogyi^{1,b)} and Rodney A. Rountree^{2,c)}

¹Department of Fish and Wildlife Science, Oregon State University, Corvallis, Oregon 97331, USA

²Department of Biology, University of Victoria, Victoria, British Columbia, V8P 5C2, Canada

ABSTRACT:

Archived soundscape data from Lake Champlain, New York, were used to examine the effect of anthropogenic sounds produced by recreational boating on freshwater drum (*Aplodinotus grunniens*) soniferous behavior. Drum

Caso studio nel Golfo di Trieste

Brown meagre vocalization rate increases during repetitive boat noise exposures: A possible case of vocal compensation

Marta Picciulin^{a)}

CSEE - Department of Life Sciences, University of Trieste, via Giorgieri 7, 34127 Trieste, Italy

Linda Sebastianutto

Valle Ca' Zuliani srl, Via Timavo 76, 34074 Monfalcone (Gorizia), Italy

Antonio Codarin

ARPA FVG - Regional Agency for the Environmental Protection of Friuli Venezia Giulia, via Cairoli 14, 33057 Palmanova (Udine), Italy

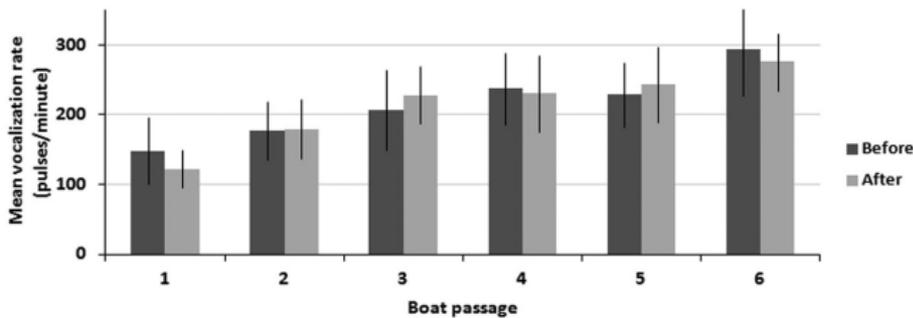
Giuliana Calcagno and Enrico A. Ferrero

CSEE - Department of Life Sciences, University of Trieste, via Giorgieri 7, 34127 Trieste, Italy

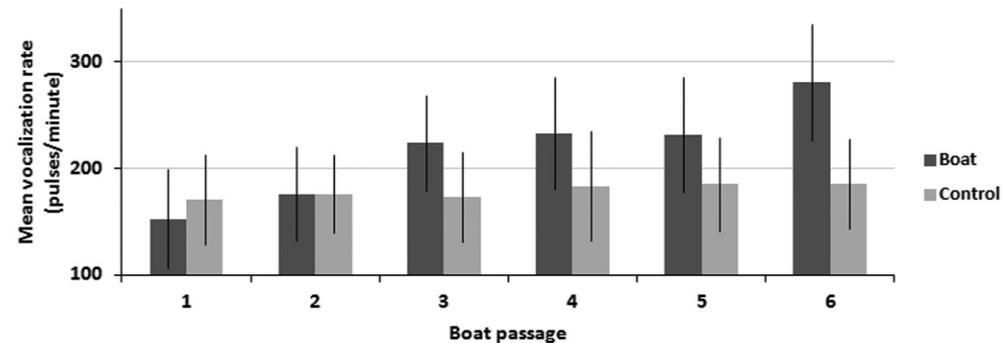
Alterazione pattern di vocalizzazione
in presenza di rumore subacqueo
(imbarcazioni)



Possibile forma di compensazione
vocale



Effetto del singolo passaggio dell'imbarcazione



Effetto cumulativo: dopo 6 passaggi dell'imbarcazione



- ❖ **PAM** (*Passive Acoustic Monitoring*) – analisi acustiche (*Pressione sonora e Particle motion*)
- ❖ **Monitoraggi visivi** su mammiferi marini
- ❖ **Raccolta dati traffico marittimo** (AIS)
- ❖ **AEP** (*Auditory Evoked Potential*)
- ❖ **Biologging tags** – dispositivi acustici applicati sugli individui per analizzare risposta comportamentale acustica e non solo in presenza di disturbo
- ❖ **Mappe di rischio** = distribuzione specie + distribuzione traffico navale – per identificare habitat o zone più a rischio.



A scientist prepares to tag a pilot whale with a passive acoustic recording tag. Image courtesy of Ari Friedlander/NOAA dosits.org



Caso studio Golfo di Trieste : metodo del Auditory Evoked Potential (AEP)

Effects of ambient and boat noise on hearing and communication in three fish species living in a marine protected area (Miramare, Italy)

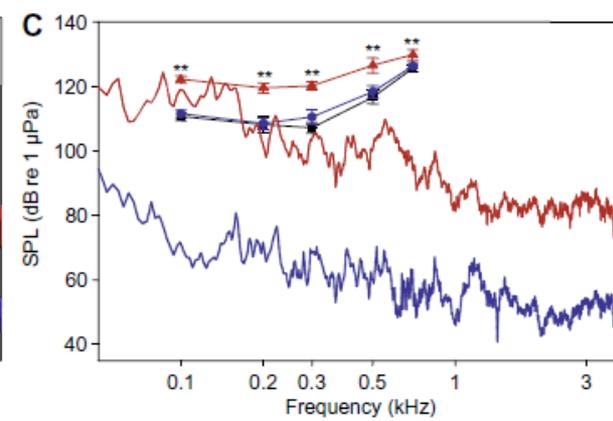
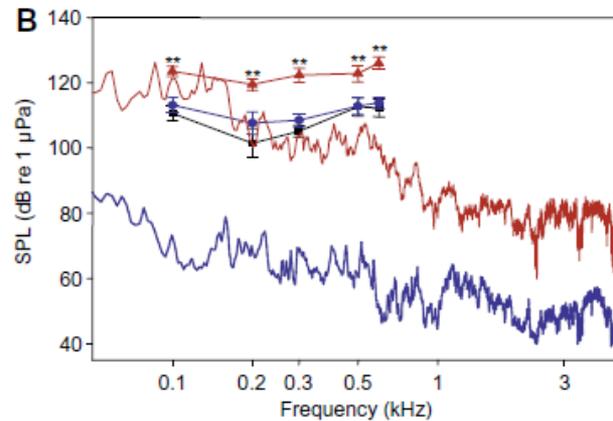
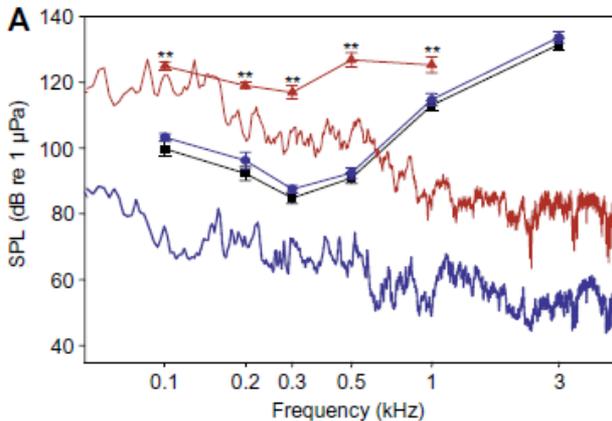
Antonio Codarin^a, Lidia E. Wysocki^b, Friedrich Ladich^b, Marta Picciulin^{a,c,*}

^a University of Trieste, Department of Biology, v. Giorgieri 7, 34127 Trieste, Italy

^b University of Vienna, Department of Behavioural Biology, Althanstrasse 14, A-1090 Vienna, Austria

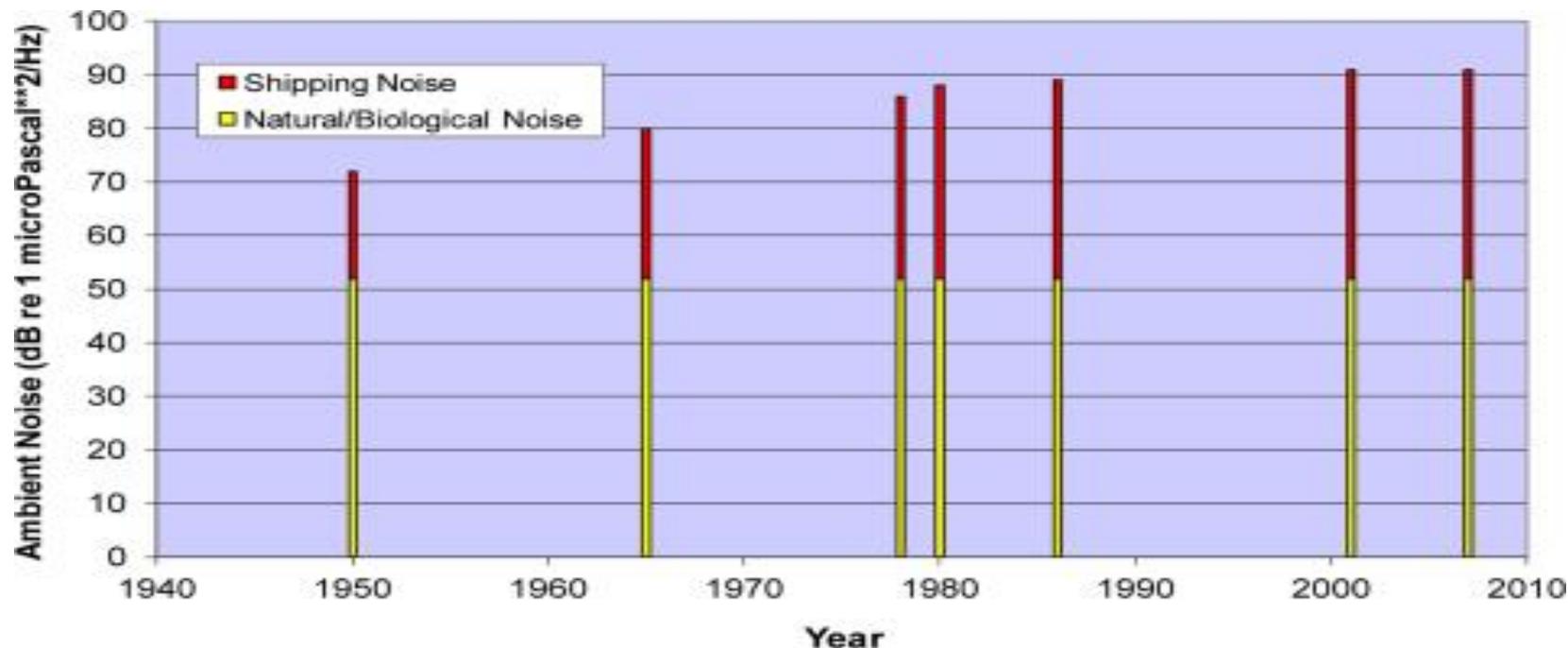
^c Etho-ecology Marine Laboratory, Natural Marine Reserve of Miramare – WWF, Viale Miramare 349, 34014 Trieste, Italy

- **Castagnola (*Chromis chromis*)**
- **Corvina (*Sciaena umbra*)**
- **Ghiozzo boccarossa (*Gobius cruentatus*)**



5. Attuale normativa di riferimento

Antonio Codarin



Aumento di 3.3 dB per decade dal 1950 al 2007 (Frisk, 2012).

Dal 1982 riconosciuto dal *United Nations Convention on the Law of the Sea* (UNCLOS) come un'importante forma di inquinamento.

In quanto non circosccrivibile, assume anche le caratteristiche di inquinamento transfrontaliero.

Direttiva 2008/56/CE Strategia Marina - MSFD

Il 17 giugno 2008 il Parlamento Europeo ed il Consiglio dell'Unione Europea hanno emanato la **Direttiva quadro 2008/56/CE sulla strategia per l'ambiente marino** (Marine Strategy Framework Directive, MSFD), la quale mira

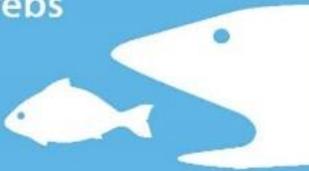
“a proteggere, salvaguardare e, ove possibile, ripristinare l'ambiente marino, al fine ultimo di mantenerne la biodiversità e preservare la diversità e la vitalità di mari ed oceani, affinché siano puliti, sani e produttivi”.

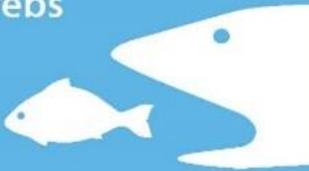
La Decisione 477/2010/EU del 1 settembre 2010 ha definito **undici descrittori** che dovrebbero permettere agli stati membri di raggiungere il buono stato ambientale (*Good Environmental Status, GES*) per le proprie acque marine.



Direttiva 2008/56/CE

Strategia Marina - MSFD

<p>Biological diversity</p> <p>1.</p> 	<p>Non-indigenous species</p> <p>2.</p> 	<p>Population of commercial fish/shellfish</p> <p>3.</p> 	<p>Elements of marine food webs</p> <p>4.</p> 
<p>Eutrophication</p> <p>5.</p> 	<p>Sea floor integrity</p> <p>6.</p> 	<p>Alteration of hydrographical conditions</p> <p>7.</p> 	<p>Concentrations of contaminants</p> <p>8.</p> 
<p>Good Environmental Status</p>	<p>Contaminants in fish/seafood for human consumption</p> <p>9.</p> 	<p>Marine litter</p> <p>10.</p> 	<p>Introduction of energy including underwater noise</p> <p>11.</p> 

<p>Biological diversity</p> <p>1.</p> 	<p>Non-indigenous species</p> <p>2.</p> 	<p>Population of commercial fish/shellfish</p> <p>3.</p> 	<p>Elements of marine food webs</p> <p>4.</p> 
<p>Eutrophication</p> <p>5.</p> 	<p>Sea floor integrity</p> <p>6.</p> 	<p>Alteration of hydrographical conditions</p> <p>7.</p> 	<p>Concentrations of contaminants</p> <p>8.</p> 
<p>Good Environmental Status</p>	<p>Contaminants in fish/seafood for human consumption</p> <p>9.</p> 	<p>Marine litter</p> <p>10.</p> 	<p>Introduction of energy including underwater noise</p> <p>11.</p> 

Descrittore 11 - definizione

Introduction of
energy including
underwater noise

11.



“L'introduzione di energia, comprese le fonti sonore sottomarine, è a livelli che non hanno effetti negativi sull'ambiente marino.”.

Secondo la Decisione 477/2010/EU questo descrittore ha lo scopo di affrontare l'impatto del rumore sull'ambiente marino e, al momento, **non tiene conto** delle potenziali conseguenze di altre forme di energia.

Nella Decisione 2010/477/EU sono stati pubblicati due **indicatori** per il Descrittore 11.

Descrittore 11

Indicatore 11.1

Distribuzione spaziale e temporale di suoni **impulsivi** a basse e medie frequenze, causati principalmente da attività esplorative a fini estrattivi e l'installazione di pali per la costruzioni di piattaforme e stazioni eoliche.

«Proporzione dei giorni e loro distribuzione all'interno di un anno solare su aree di un determinato superficie, nonché la loro distribuzione spaziale, in cui eccedono le sorgenti sonore di origine antropica livelli che potrebbero comportare un impatto significativo sugli animali marini misurati come suono Livello di esposizione (in dB re 1 μ Pa 2 .s) o come livello di pressione sonora di picco (in dB re 1 μ Pa picco) a un metro, misurato sulla banda di frequenza da 10 Hz a 10 kHz»

Descrittore 11

Indicatore 11.2

Suono **continuo a bassa frequenza**, generato principalmente dal trasporto marittimo.

«Andamento della media annua dei livelli di pressione sonora associati al rumore ambientale in due bande di 1/3 di ottava, una centrata a 63 Hz e l'altra a 125 Hz, espressa in decibel ed in unità di dB re 1 μ Pa. Essi devono essere misurati direttamente in stazioni di osservazione o dedotti utilizzando modelli appropriati, al fine di interpolare i dati registrati nelle stazioni di osservazione o di estrapolarne modelli appropriati»





JRC SCIENTIFIC AND POLICY REPORTS

Monitoring Guidance for Underwater Noise in European Seas

Part II: Monitoring Guidance Specifications

*A guidance document within the
Common Implementation
Strategy for the Marine
Strategy Framework Directive*

**MSFD Technical Subgroup on
Underwater Noise**

2014



Recepita in Italia con il D.Lgs. n. 190 del 13 ottobre 2010. L'attuazione della norma è coordinata dal Ministero dell'ambiente e della sicurezza energetica, è supportata da SNPA (Sistema nazionale per la protezione ambientale) costituito da ISPRA e dalle ARPA.

MSFD in Italia

Descrittore 11 - target

Recepita in Italia con il D.Lgs. n. 190 del 13 ottobre 2010. L'attuazione della norma è coordinata dal Ministero dell'ambiente e della sicurezza energetica, è supportata da SNPA (Sistema nazionale per la protezione ambientale) costituito da ISPRA e dalle ARPA.

In attuazione degli articoli 9 e 10 del D.lgs. 190/2010, l'Italia ha aggiornato i requisiti del buono stato ambientale e la **definizione dei traguardi ambientali** della Strategia Marina con D.M. del 15 febbraio 2019.

MSFD in Italia

Descrittore 11 - target

Recepita in Italia con il D.Lgs. n. 190 del 13 ottobre 2010. L'attuazione della norma è coordinata dal Ministero dell'ambiente e della sicurezza energetica, e supportata da SNPA (Sistema nazionale per la protezione ambientale), costituito da ISPRA e dalle ARPA.

In attuazione degli articoli 9 e 10 del D.lgs. 190/2010, l'Italia ha aggiornato i requisiti del buono stato ambientale e la **definizione dei traguardi ambientali** della Strategia Marina con D.M. del 15 febbraio 2019.

T 11.1 E' implementato e reso operativo un Registro nazionale dei suoni impulsivi che tenga conto di tutte le attività antropiche che introducono suoni impulsivi nel range 10 Hz – 10 kHz in ambiente marino.

T 11.2 E' definito un "**baseline level**" per i suoni continui a bassa frequenza ("*ambient noise*") nelle tre Sottoregioni marine.

ARPA FVG collabora dal 2021 con ISPRA al fine di supportare le attività della MSFD previste per l'indicatore 11.2



6. Strumenti di registrazione, analisi ed interpretazione del dato acustico

Antonio Codarin

6. Strumenti di registrazione, analisi ed interpretazione del dato acustico

...come si registra il suono?

**Idrofono omnidirezionale
posizionato a metà della
colonna d'acqua**





**Galleggiante per
minimizzare rumori di
superficie e smorzare
variazioni di pressione**

**Idrofono omnidirezionale
posizionato a metà della
colonna d'acqua**



Setup strumentale



**Galleggiante per
minimizzare rumori di
superficie e smorzare
variazioni di pressione**

**Idrofono omnidirezionale
posizionato a metà della
colonna d'acqua**



**Registratore digitale
portatile (A/D converter)
S.R. 44.1/48 kHz, 16-bit**

**Galleggiante per
minimizzare rumori di
superficie e smorzare
variazioni di pressione**

**Idrofono omnidirezionale
posizionato a metà della
colonna d'acqua**





**Registratore digitale
portatile (A/D converter)
S.R. 44.1/48 kHz, 16-bit**

**Quasi tutte le registrazioni
sono effettuate con stato
mare max 1
(scala Beaufort)**

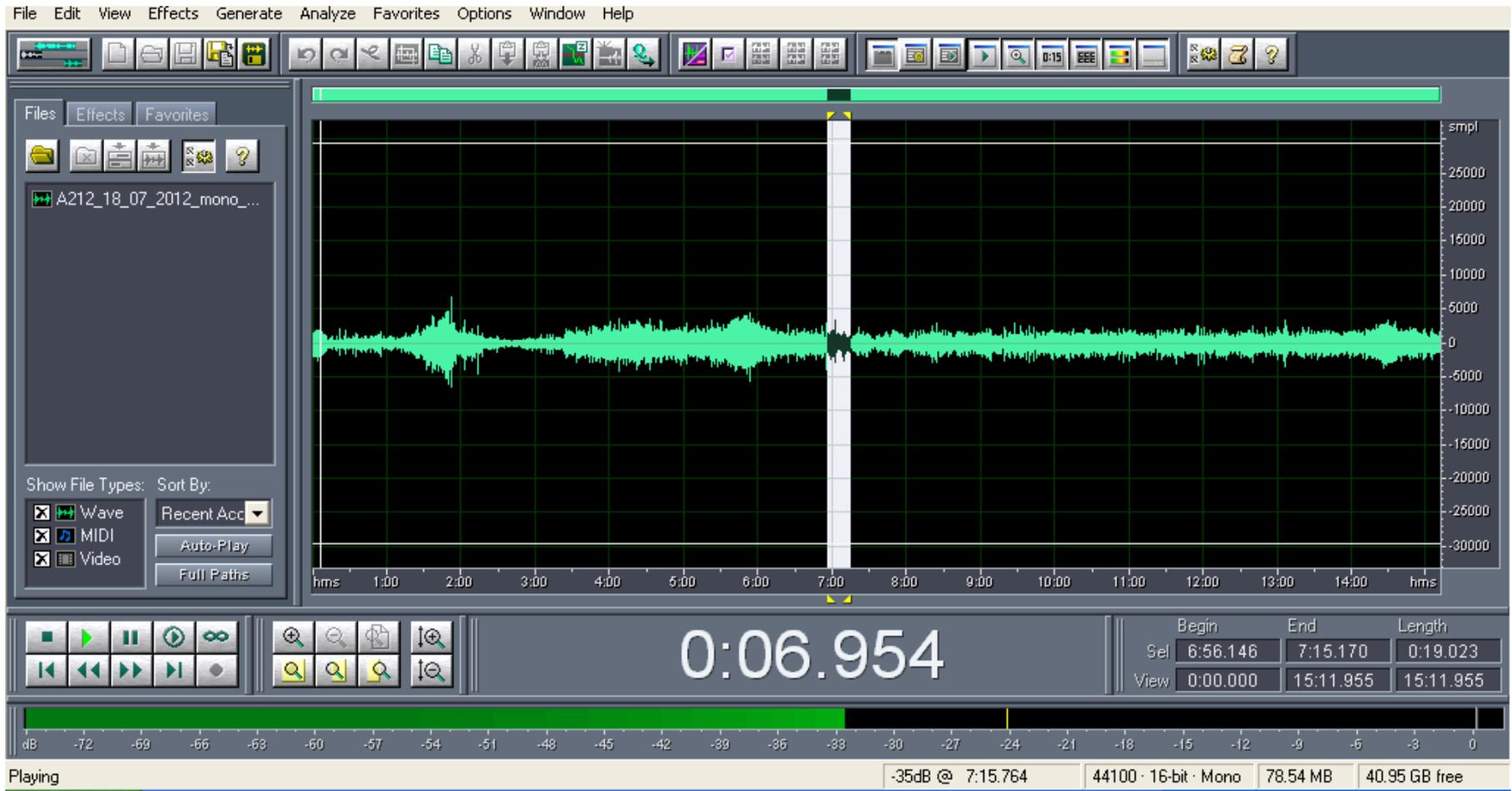
**Galleggiante per
minimizzare rumori di
superficie e smorzare
variazioni di pressione**

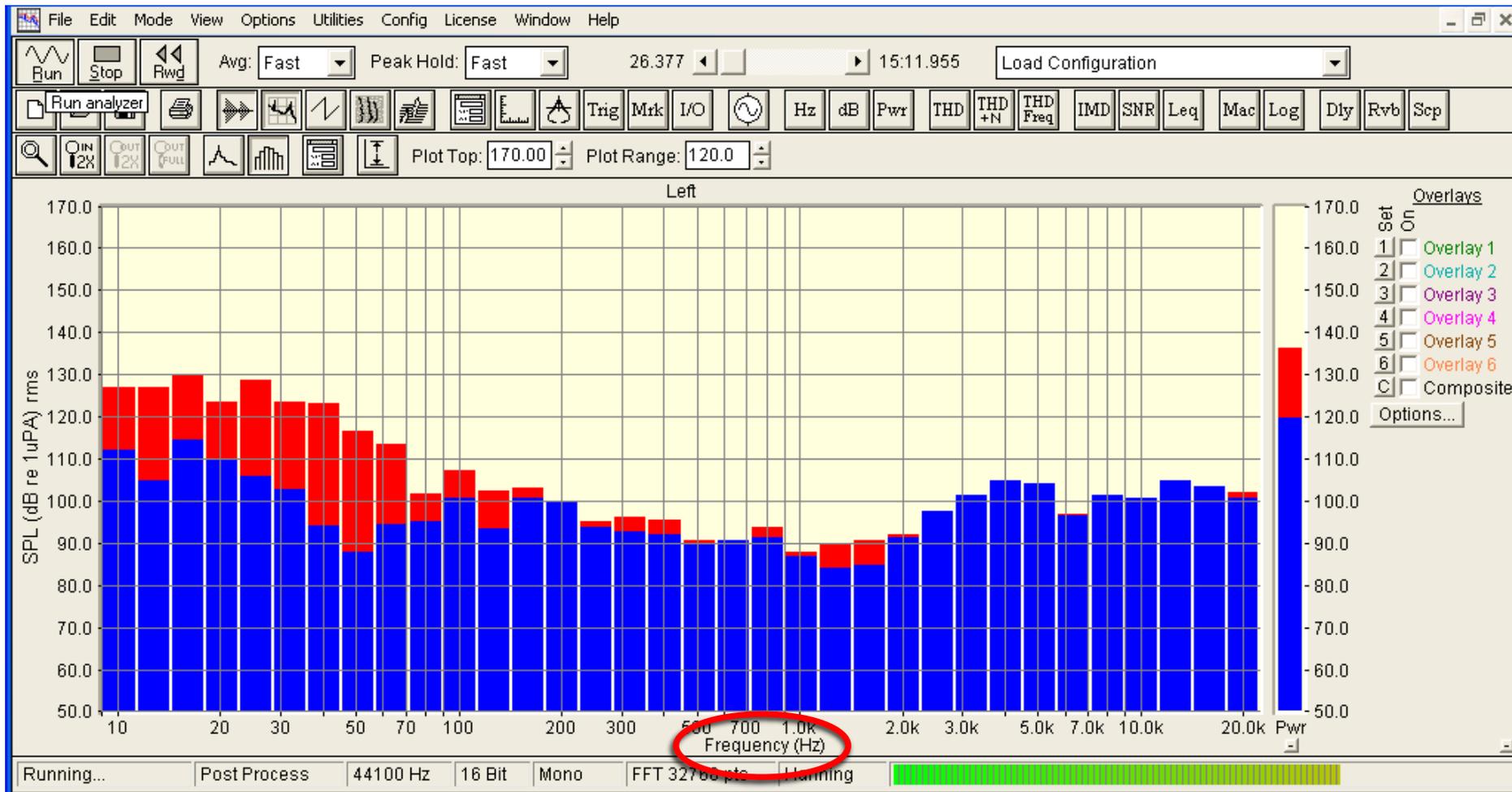
**Idrofono omnidirezionale
posizionato a metà della
colonna d'acqua**



6. Strumenti di registrazione, analisi ed interpretazione del dato acustico

...come si analizza il suono?

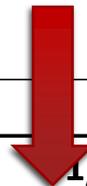




Bande di 1/3 di ottava

Frequency (Hz)							
Octave Bands				1/3 Octave Bands			
Lower Band Limit	Center Frequency	Upper Band Limit		Lower Band Limit	Center Frequency	Upper Band Limit	
(Hz)	(Hz)	(Hz)	larghezza_banda (Hz)	(Hz)	(Hz)	(Hz)	larghezza_banda (Hz)
11	16	22	11	14.1	16	17.8	3.7
				17.8	20	22.4	4.6
				22.4	25	28.2	5.8
22	31.5	44	22	28.2	31.5	35.5	7.3
				35.5	40	44.7	9.2
				44.7	50	56.2	11.5
44	63	88	44	56.2	63	70.8	14.6
				70.8	80	89.1	18.3
				89.1	100	112	22.9
88	125	177	89	112	125	141	29
				141	160	178	37
				178	200	224	46

Bande di 1/3 di ottava



Frequency (Hz)							
Octave Bands				1/3 Octave Bands			
Lower Band Limit	Center Frequency	Upper Band Limit		Lower Band Limit	Center Frequency	Upper Band Limit	
(Hz)	(Hz)	(Hz)	larghezza_banda (Hz)	(Hz)	(Hz)	(Hz)	larghezza_banda (Hz)
11	16	22	11	14.1	16	17.8	3.7
				17.8	20	22.4	4.6
				22.4	25	28.2	5.8
22	31.5	44	22	28.2	31.5	35.5	7.3
				35.5	40	44.7	9.2
				44.7	50	56.2	11.5
44	63	88	44	56.2	63	70.8	14.6
				70.8	80	89.1	18.3
				89.1	100	112	22.9
88	125	177	89	112	125	141	29
				141	160	178	37
				178	200	224	46

6. Strumenti di registrazione, analisi ed interpretazione del dato acustico

Attività di ARPA FVG



Parte più a Nord di tutto il bacino mediterraneo



Data la sua peculiare geomorfologia e «destinazione d'uso» è un'area acusticamente complessa.



13 registrazioni al mese da 10' l'una. Modalità di registrazione ed analisi come viste prima.



Stazioni registrazione



13 registrazioni al mese da 10' l'una. Modalità di registrazione ed analisi come viste prima.

Più di 1300 tracce da circa 10 minuti l'una registrate fino a settembre 2023; calcolati l'intensità:



Stazioni registrazione



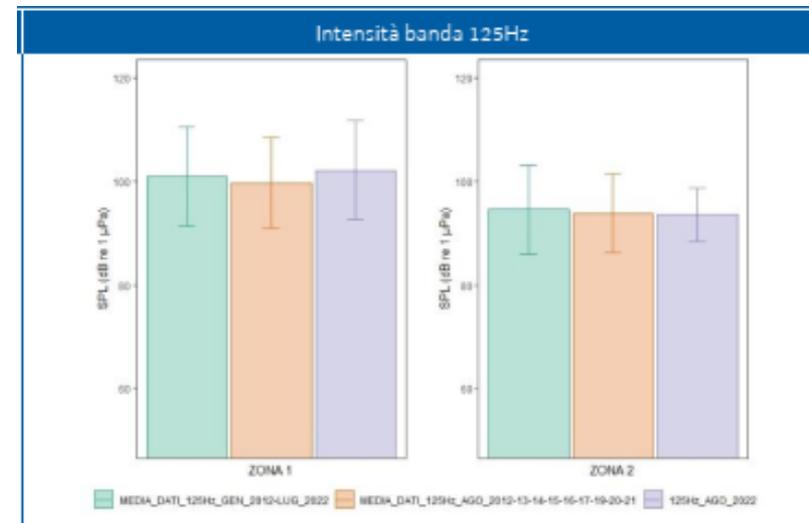
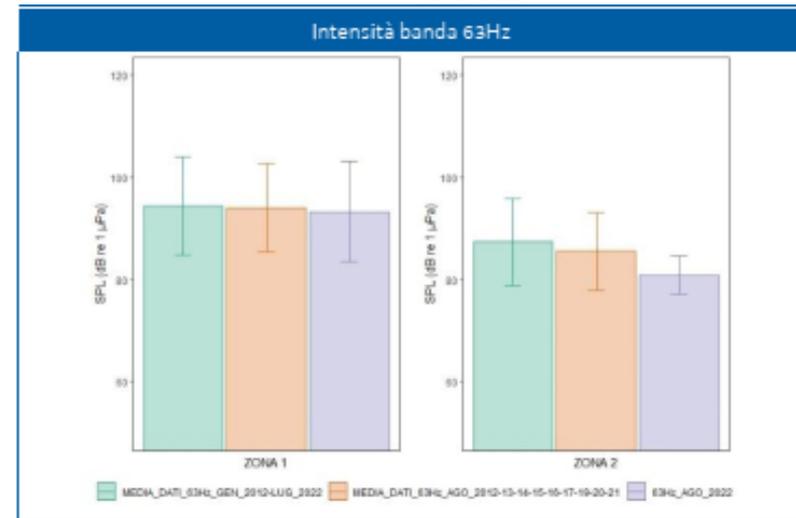
13 registrazioni al mese da 10' l'una. Modalità di registrazione ed analisi come viste prima.

Più di 1300 tracce da circa 10 minuti l'una registrate fino a settembre 2023; calcolati l'intensità:

- ✓ delle singole bande di un 1/3 di ottava comprese tra i 10 ed i 20000 Hz (34 bande)
- ✓ dell'intero campione sugli interi 10 minuti (*Wideband*)

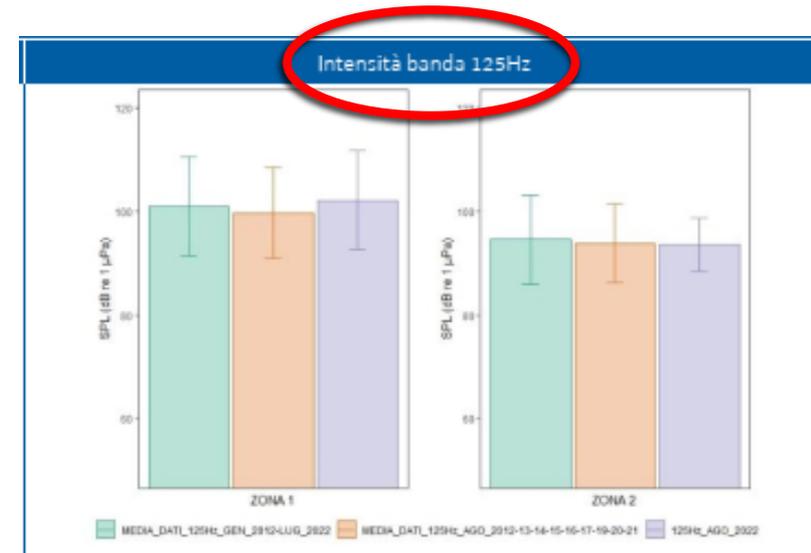
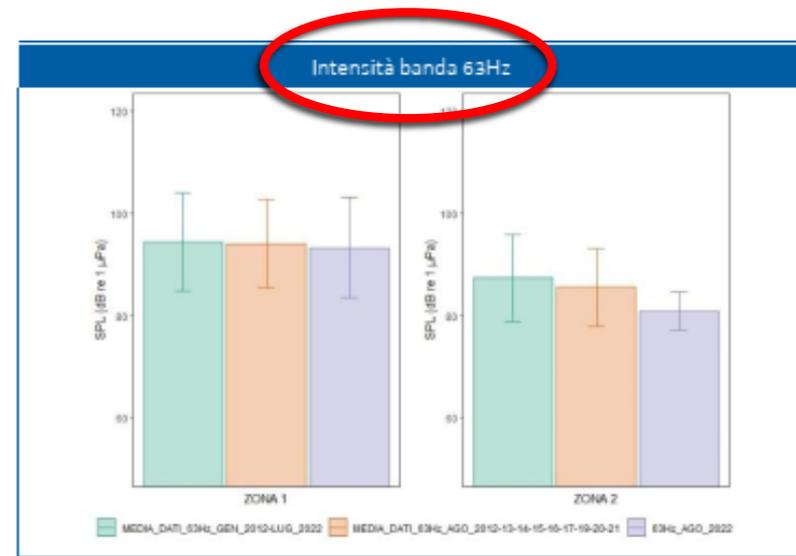
BOLLETTINO MENSILE STATO OCEANOGRAFICO ED ECOLOGICO DEL GOLFO DI TRIESTE

<https://www.arpa.fvg.it/temi/temi/acqua/sezioni-principali/acque-marino-costiere-e-di-transizione/bollettino-oceanografico/>



BOLLETTINO MENSILE STATO OCEANOGRAFICO ED ECOLOGICO DEL GOLFO DI TRIESTE

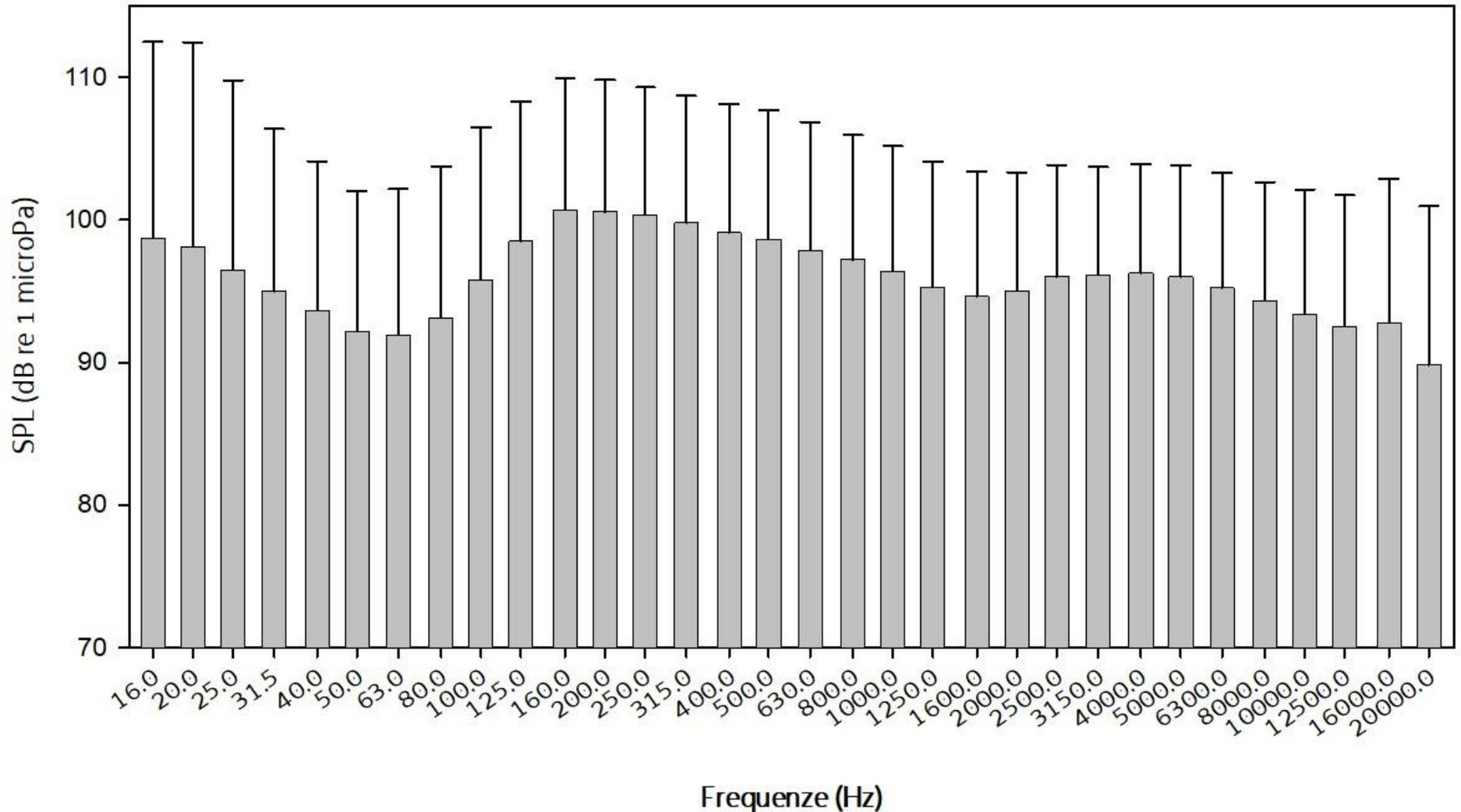
<https://www.arpa.fvg.it/temi/temi/acqua/sezioni-principali/acque-marino-costiere-e-di-transizione/bollettino-oceanografico/>



6. Strumenti di registrazione, analisi ed interpretazione del dato acustico

Considerazioni in ambito locale

GOLFO DI TRIESTE: BANDE MEDIE 1/3 OTTAVA 2012-2023

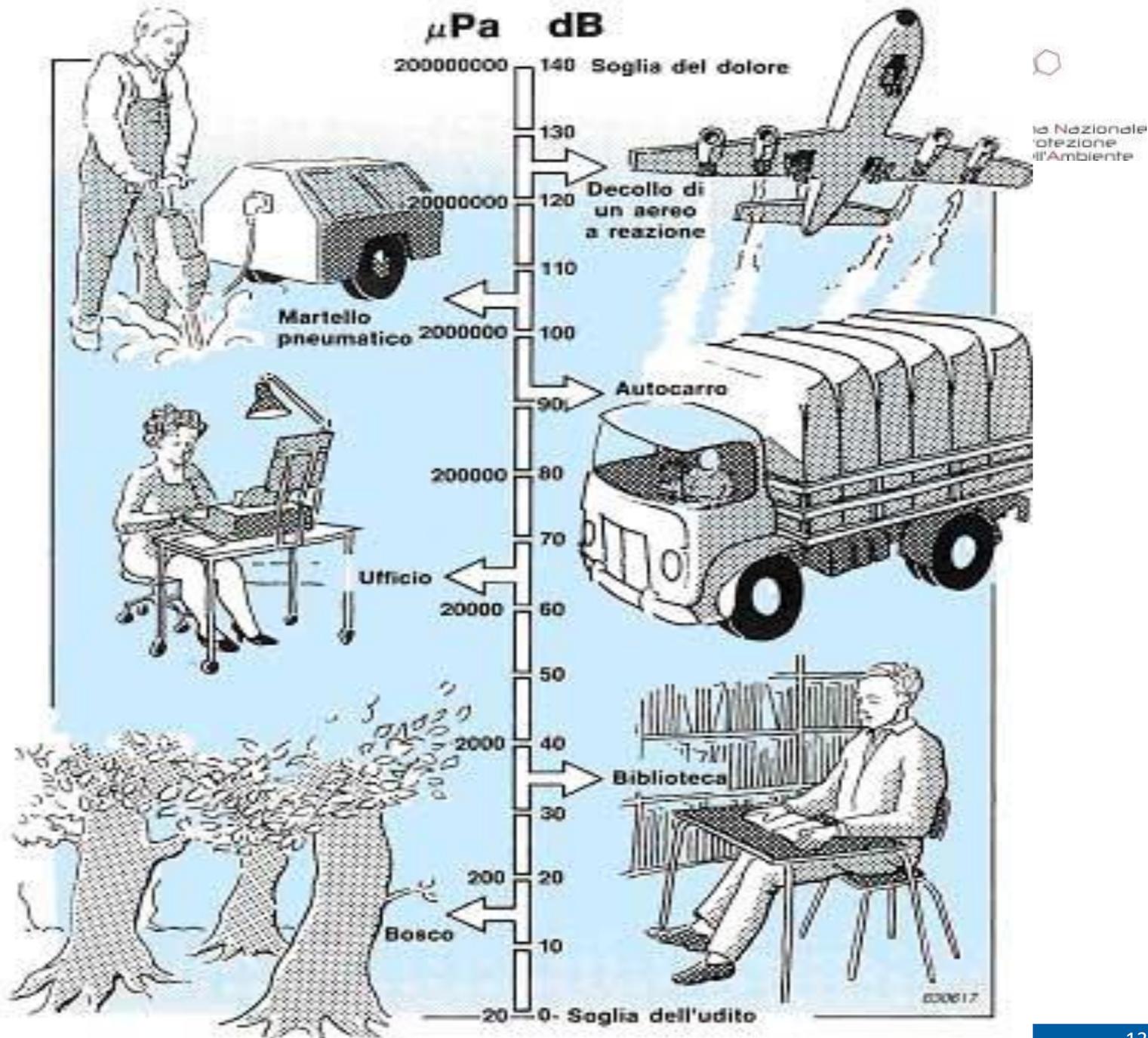


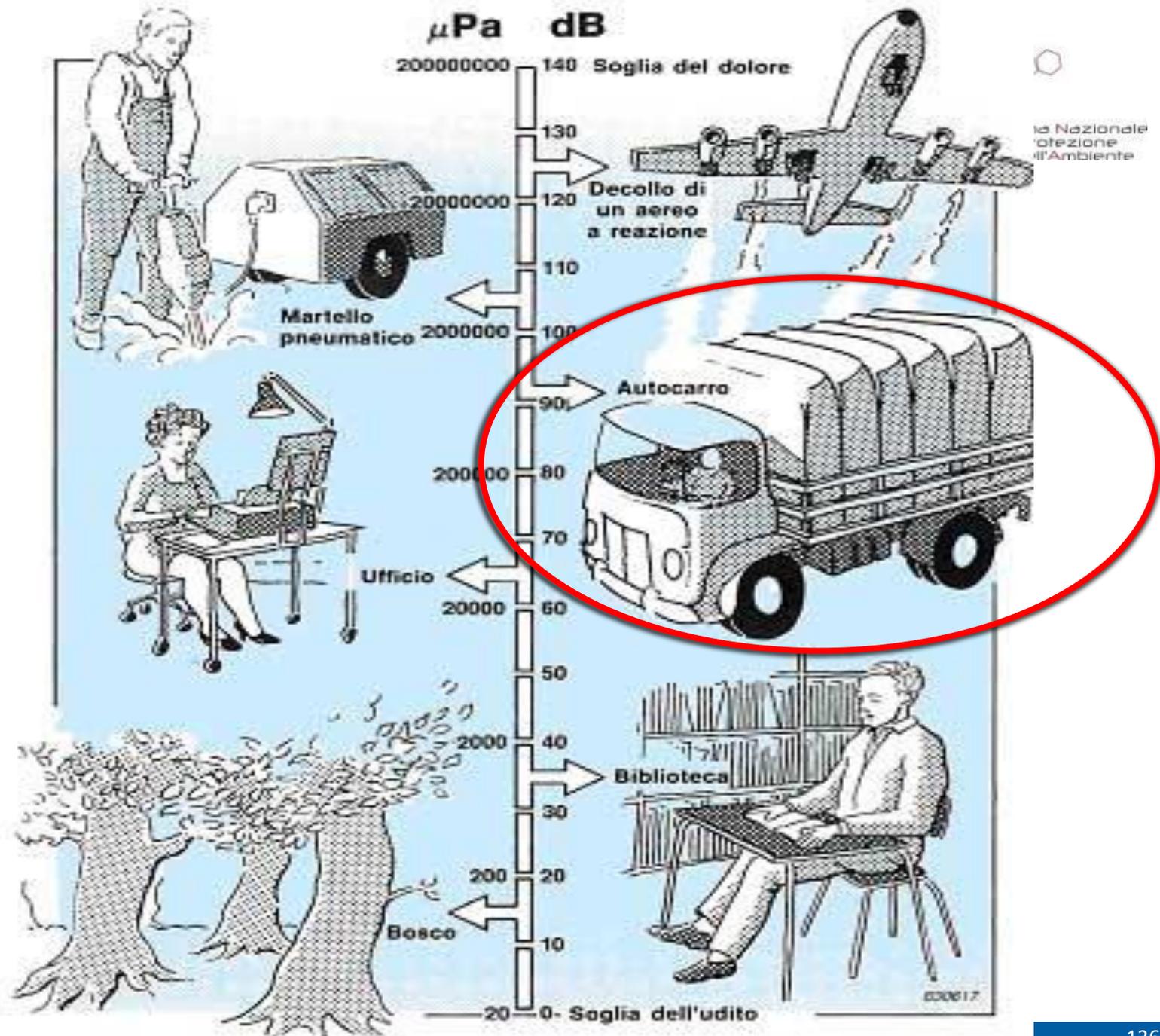
Wideband (range 20 Hz - 20 kHz)

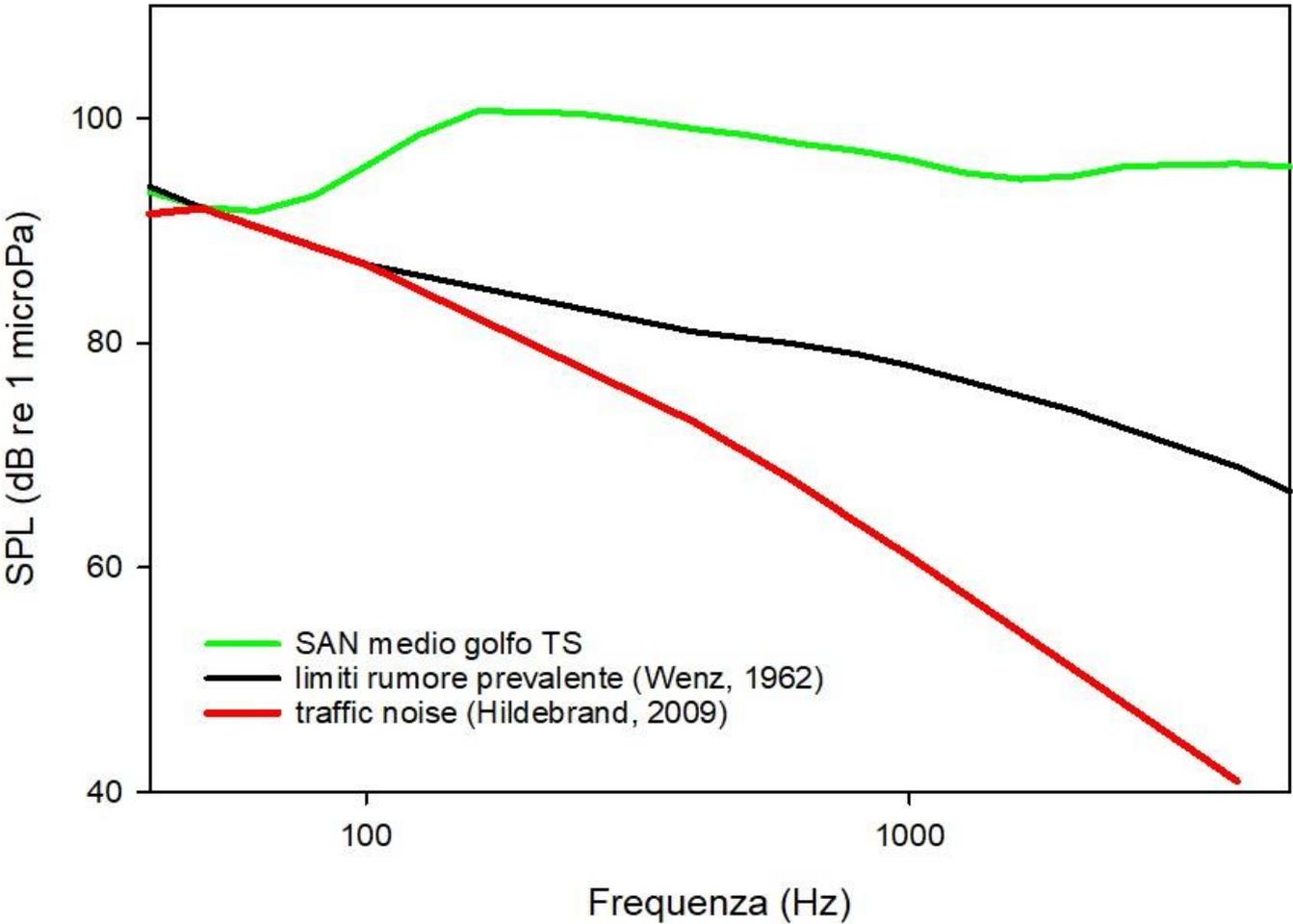
Min: 78.5 dB re 1 μ Pa

Max: 142.5 dB re 1 μ Pa

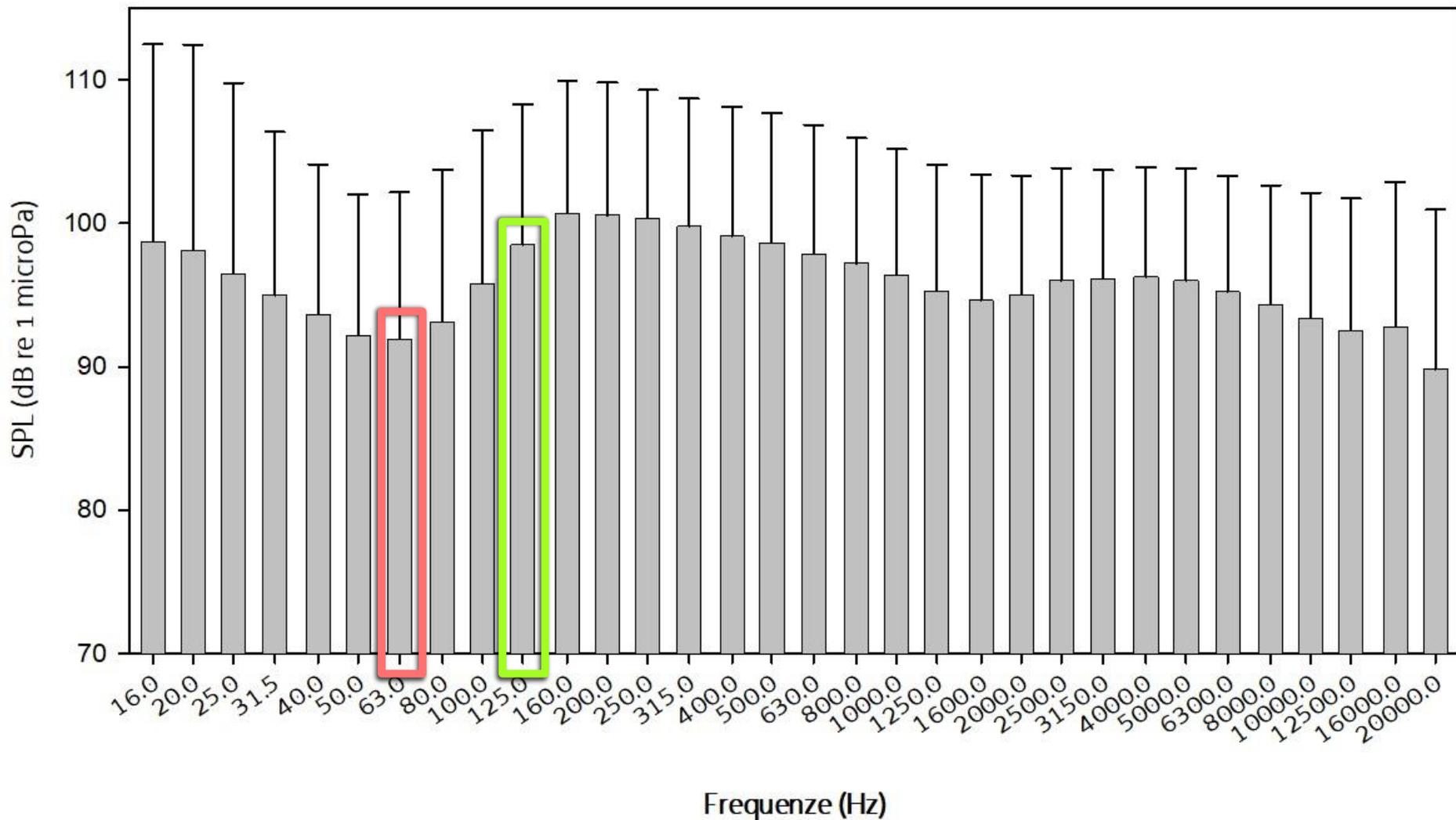
Media: 116.4 ± 8.9 dB re 1 μ Pa







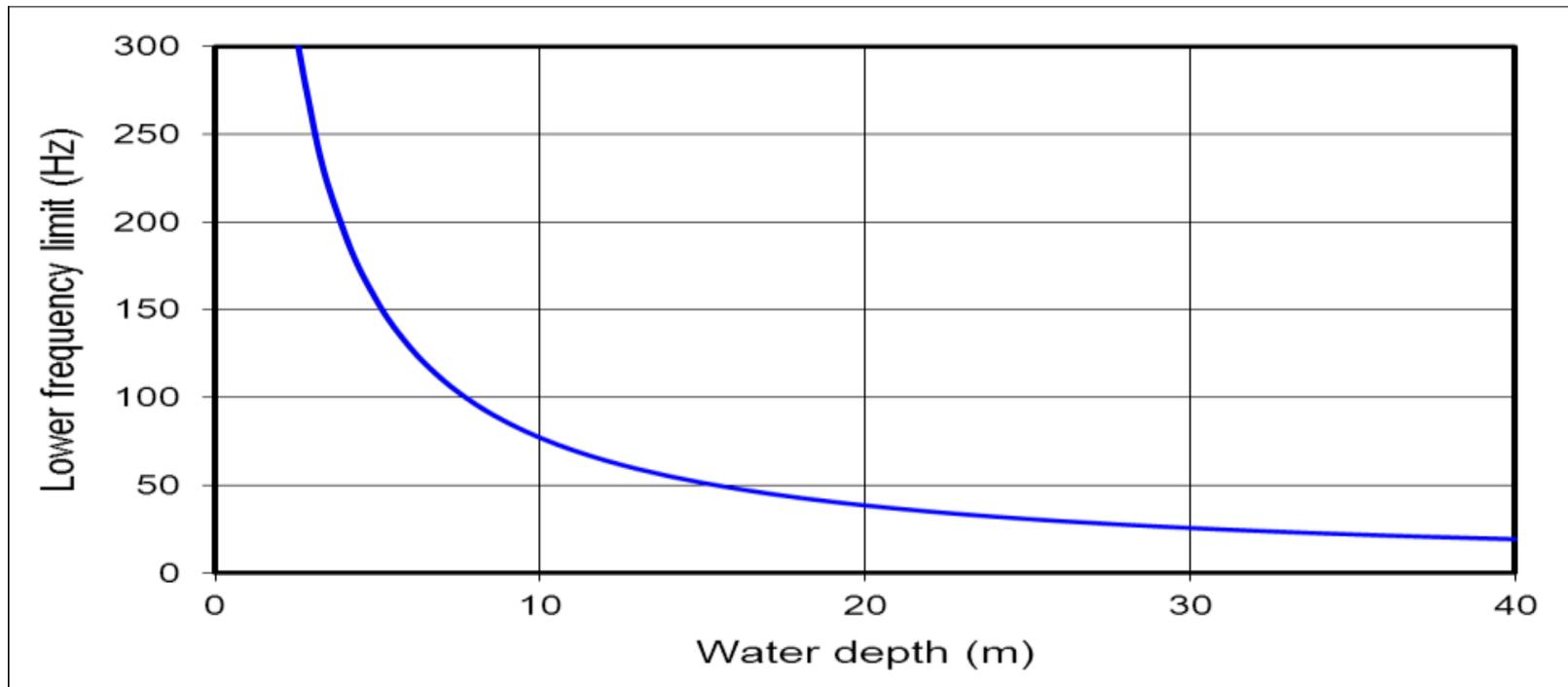
GOLFO DI TRIESTE: BANDE MEDIE 1/3 OTTAVA 2012-2023



Frequenza di cut-off

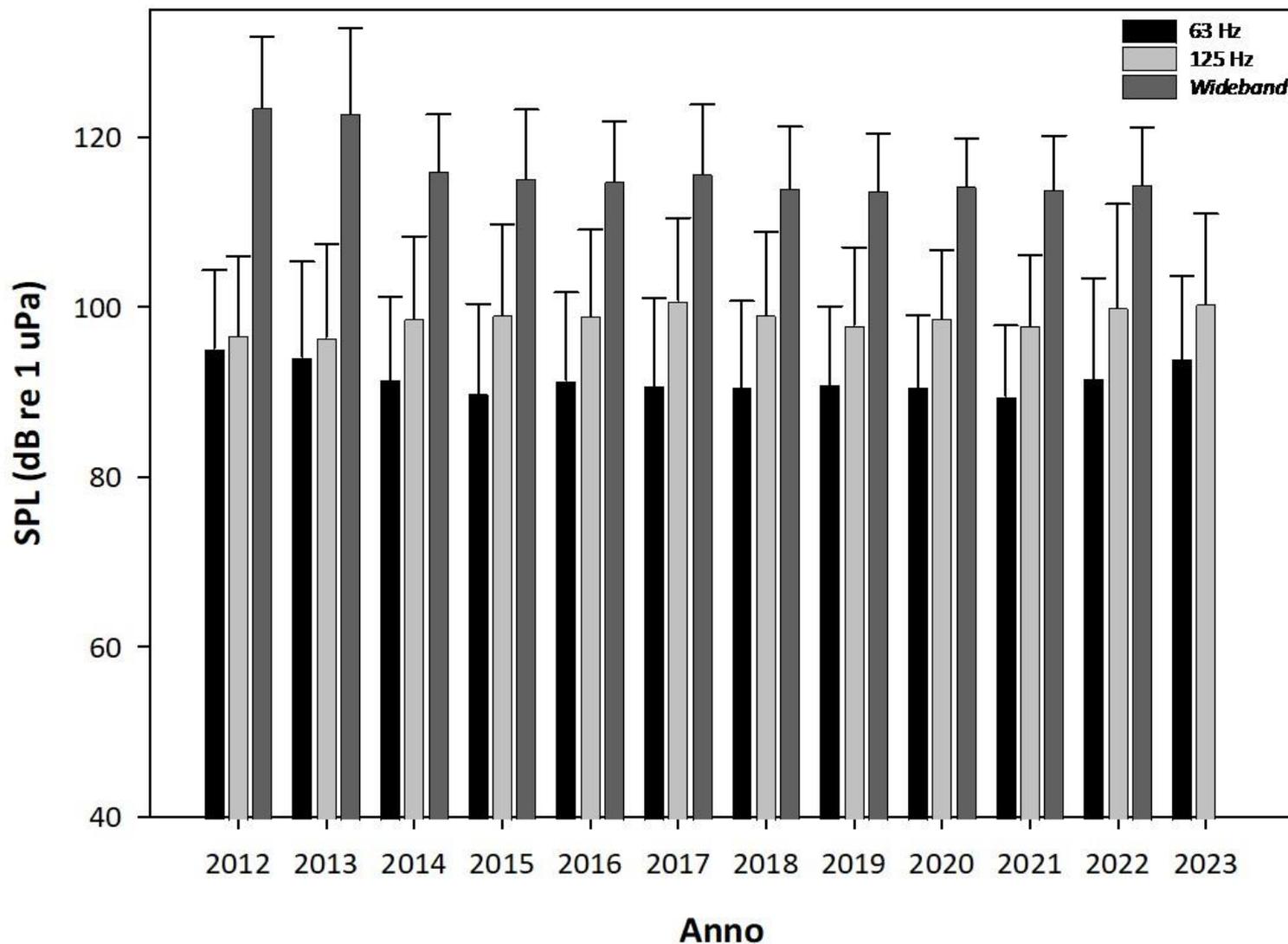
Frequenza sotto la quale l'onda sonora non può propagarsi.

L'onda sonora perde rapidamente energia causa le multiple interazioni tra superficie e fondale.

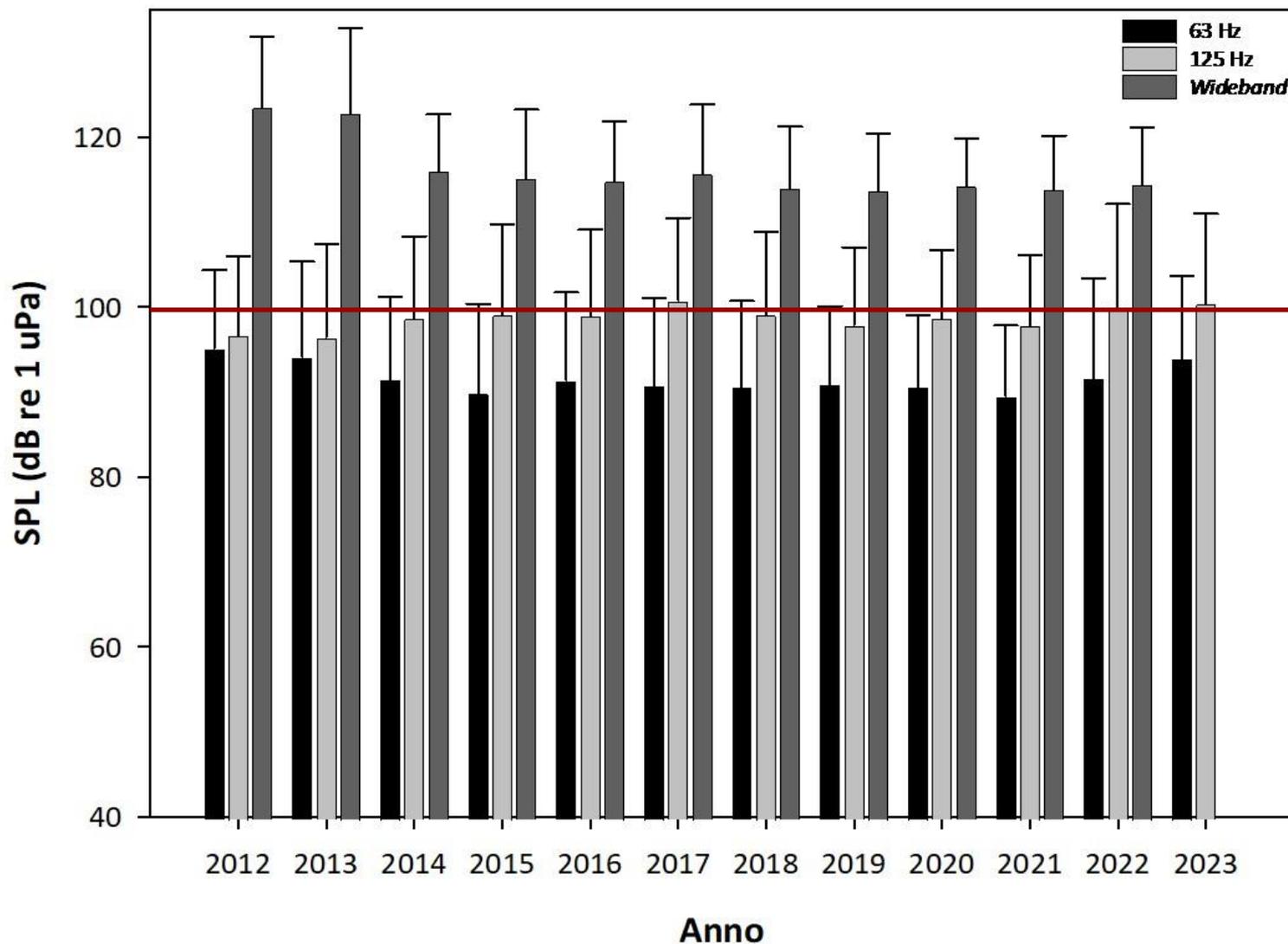


Good Practice Guide for Underwater Noise Measurement, National Measurement Office, Marine Scotland, The Crown Estate, Robinson, S.P., Lepper, P. A. and Hazelwood, R.A., NPL Good Practice Guide No. 133, ISSN: 1368-6550, 2014.

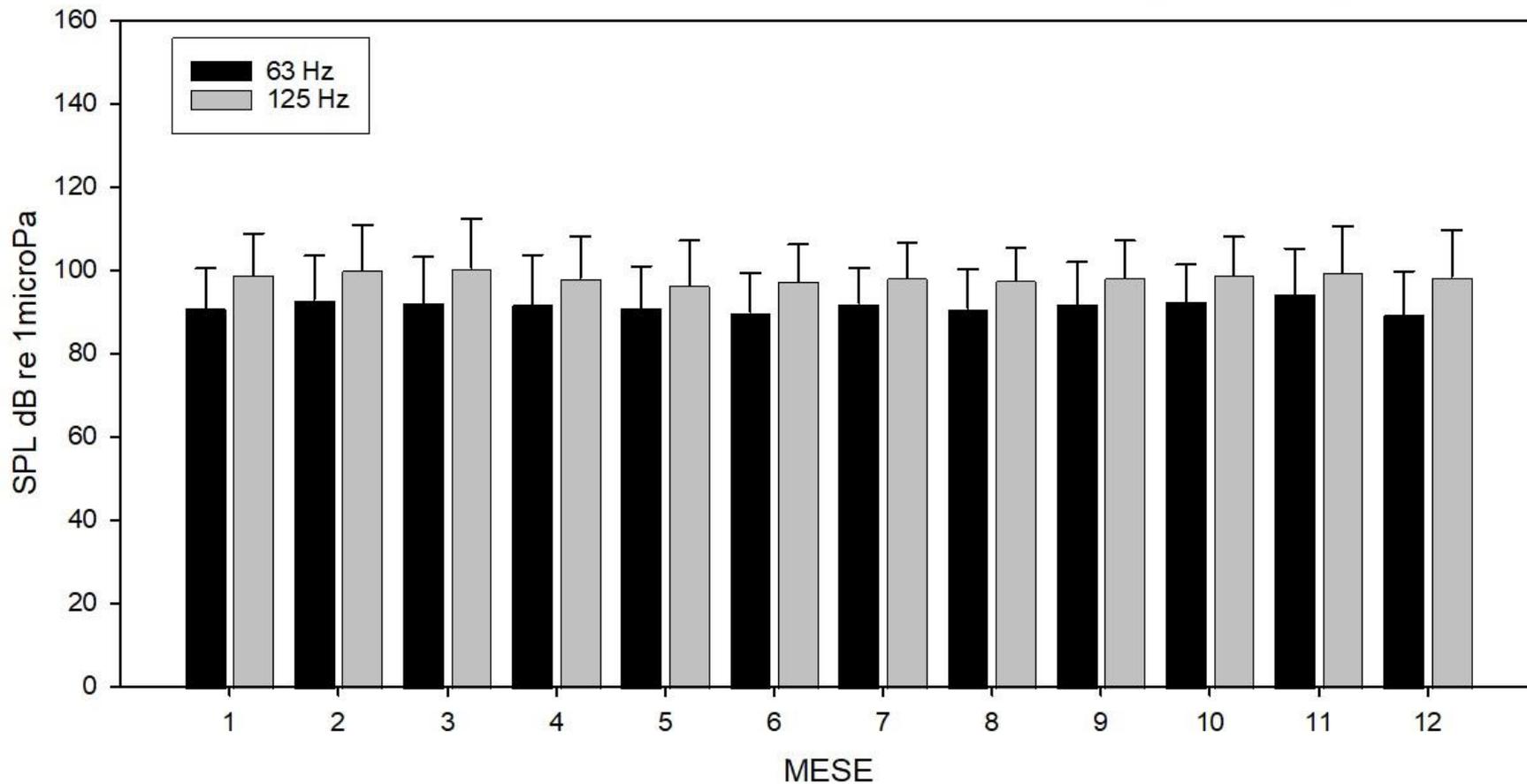
GOLFO DI TRIESTE: TREND ANNUO 2012-2023



GOLFO DI TRIESTE: TREND ANNUO 2012-2023



GOLFO TRIESTE: TREND MENSILE 63 & 125 Hz (2012-2023)





Marine Pollution Bulletin
Volume 101, Issue 2, 30 December 2015, Pages 694-700



Underwater noise assessment in the Gulf of Trieste (Northern Adriatic Sea, Italy) using an MSFD approach

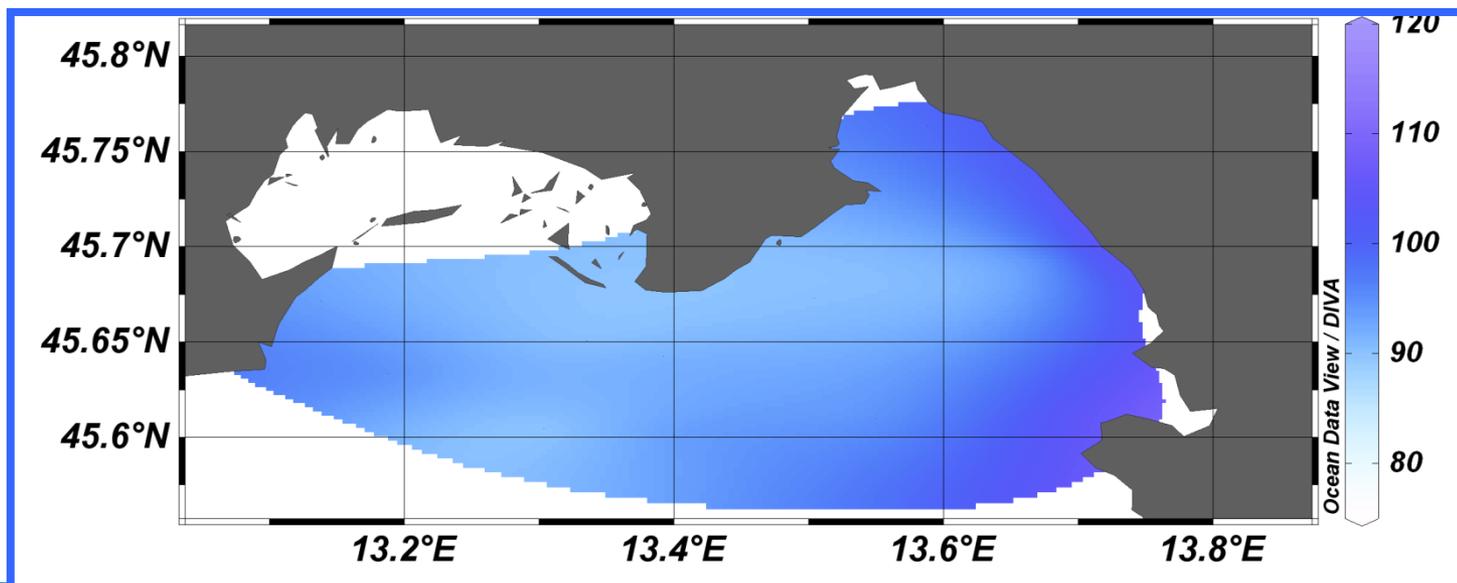
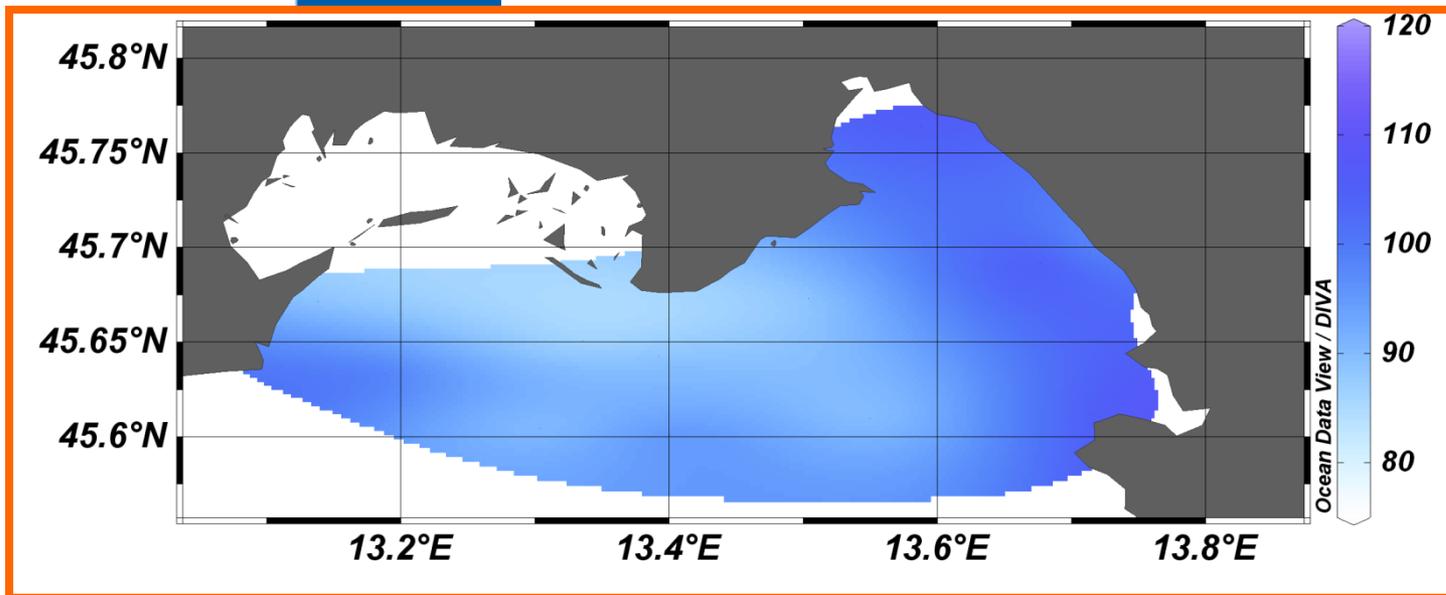
[Antonio Codarin](#)^a  , [Marta Picciulin](#)^b 

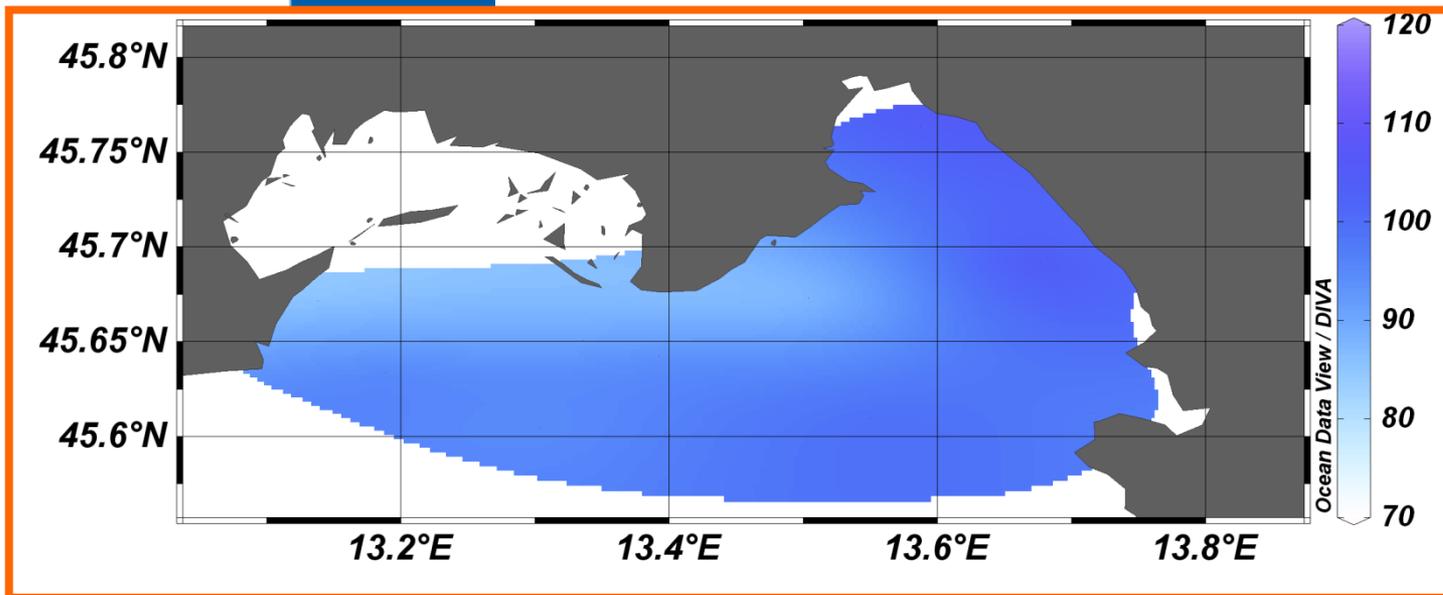
Show more 

 Add to Mendeley  Share  Cite

<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.10.028> 

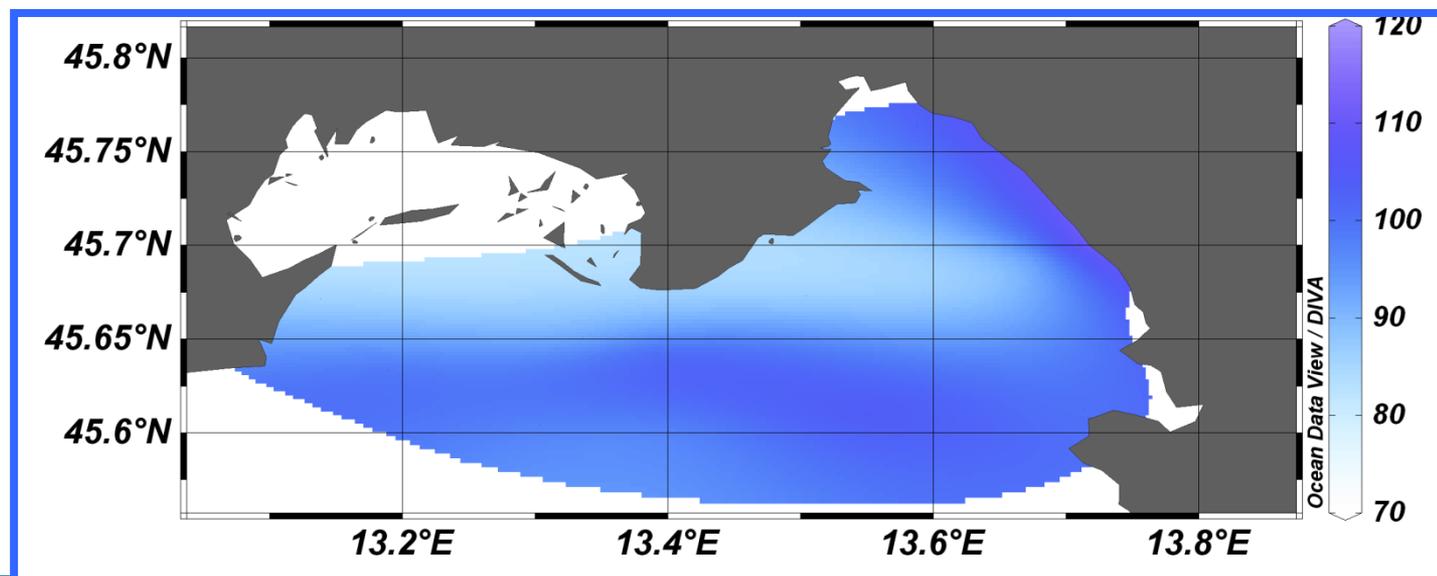
[Get rights and content](#) 



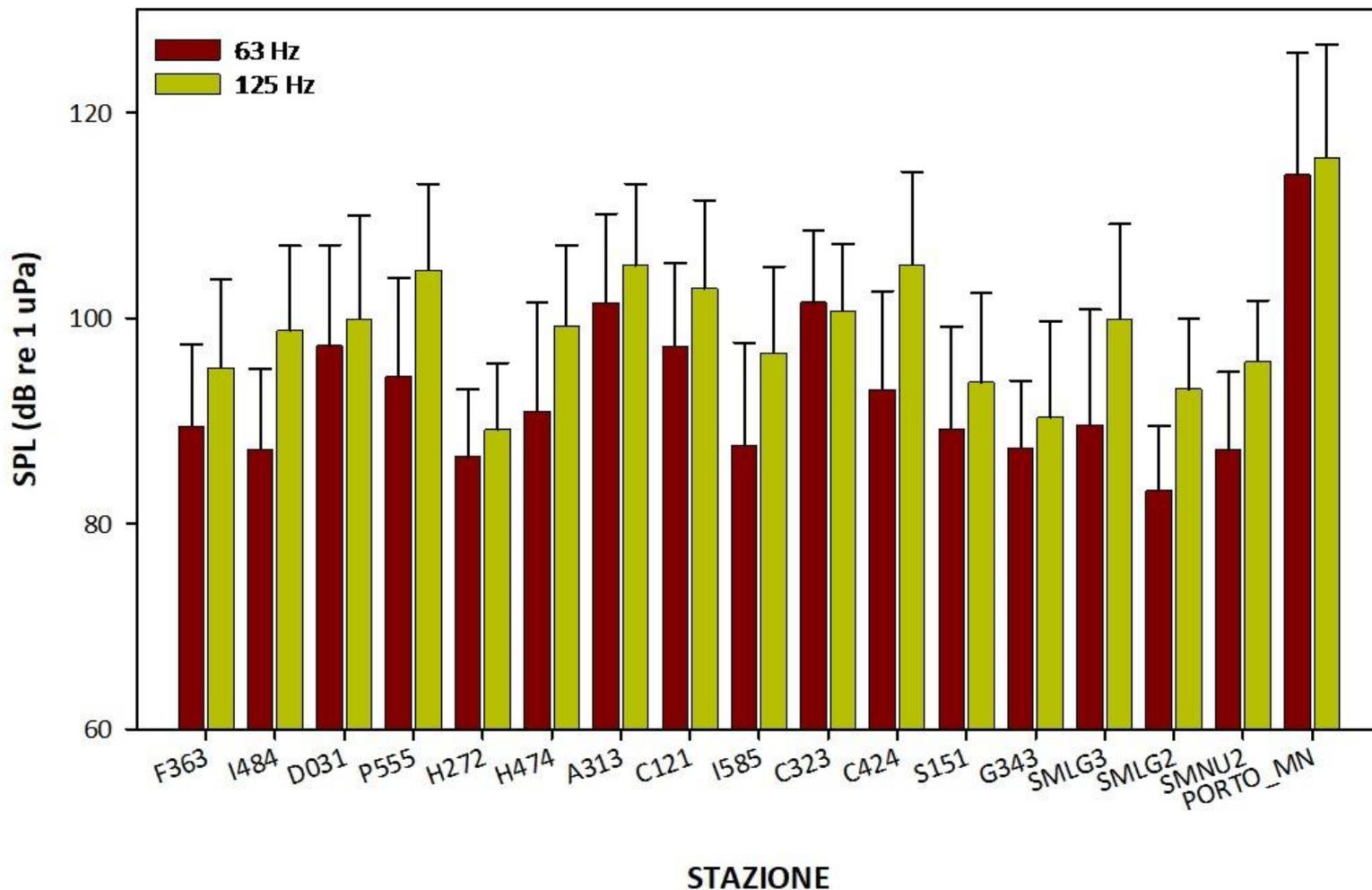


Estivo

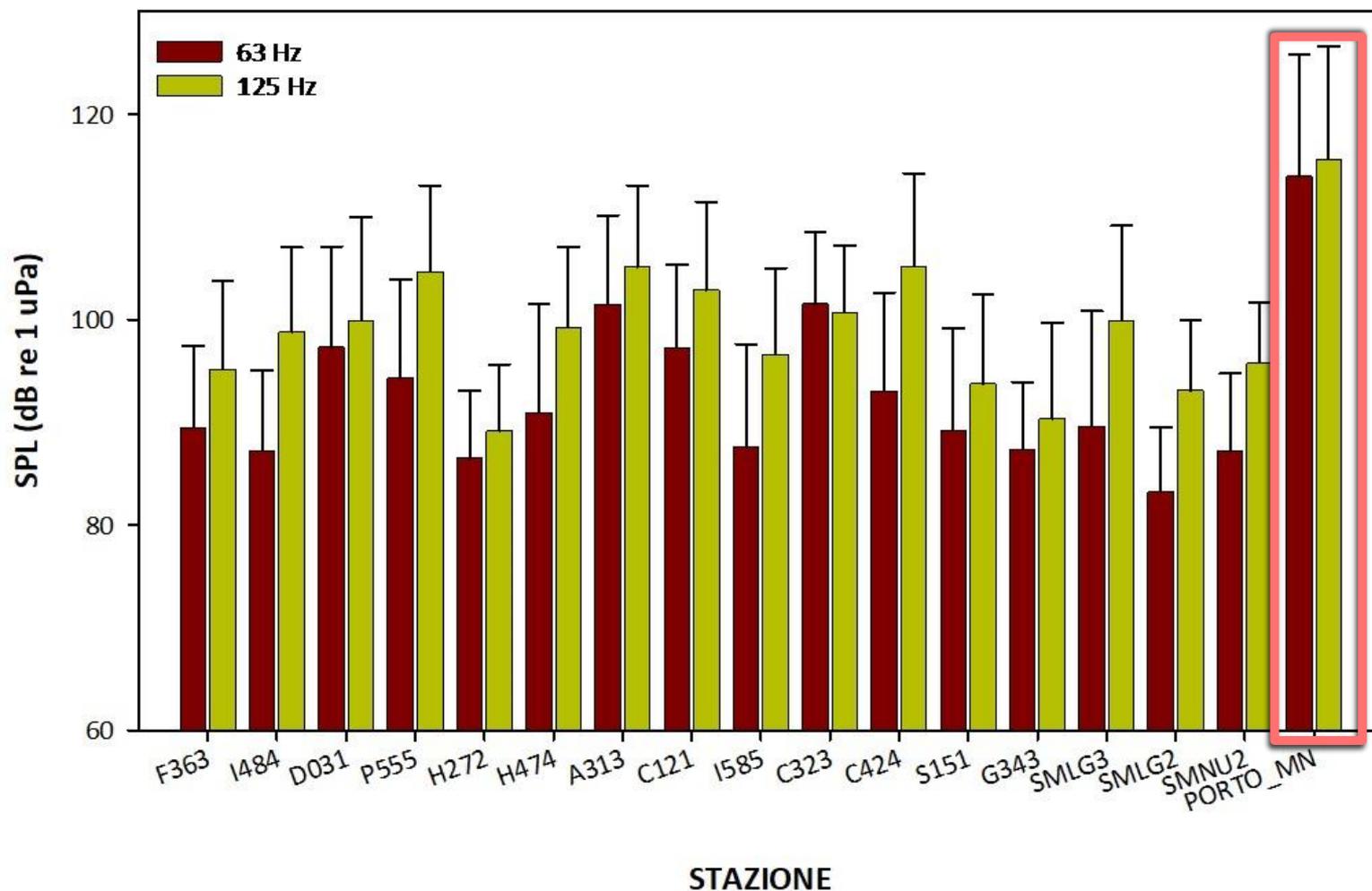
Invernale



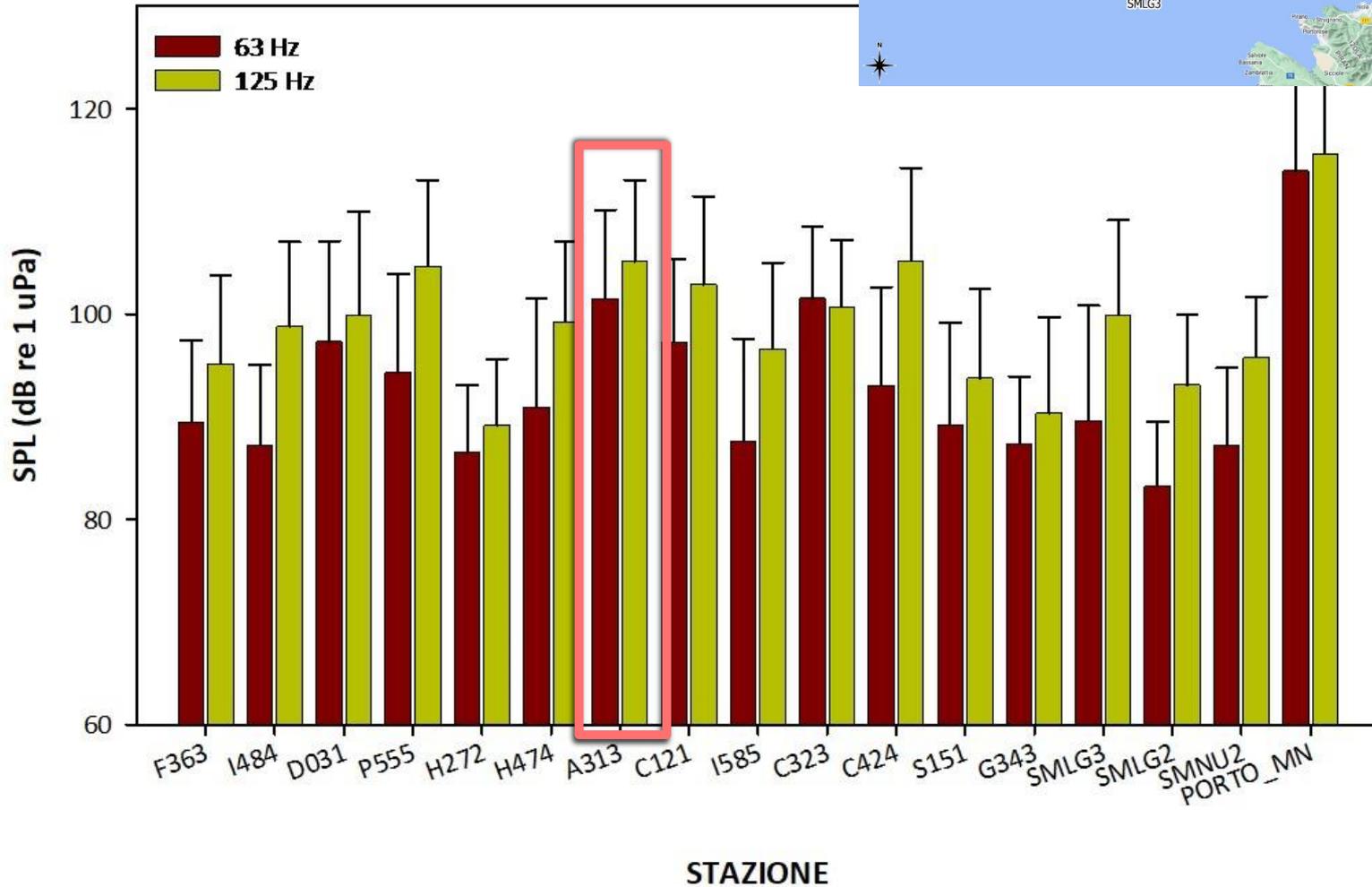
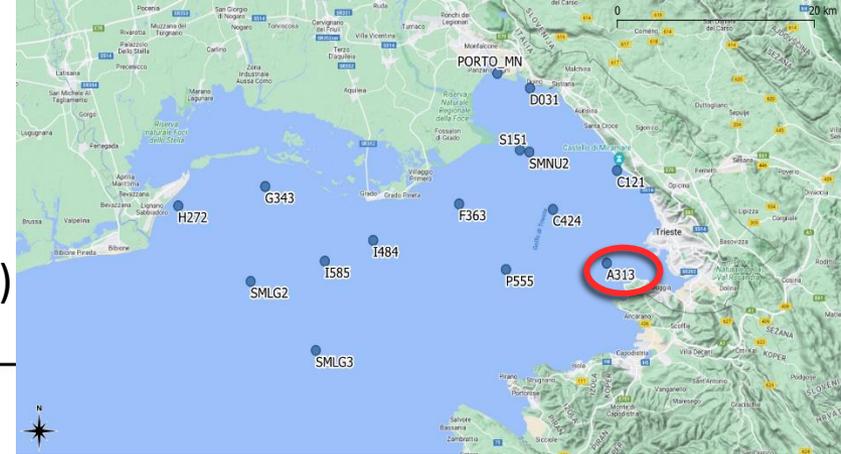
VALORI MEDI 63 e 125 Hz PER STAZIONE (2012-2023)



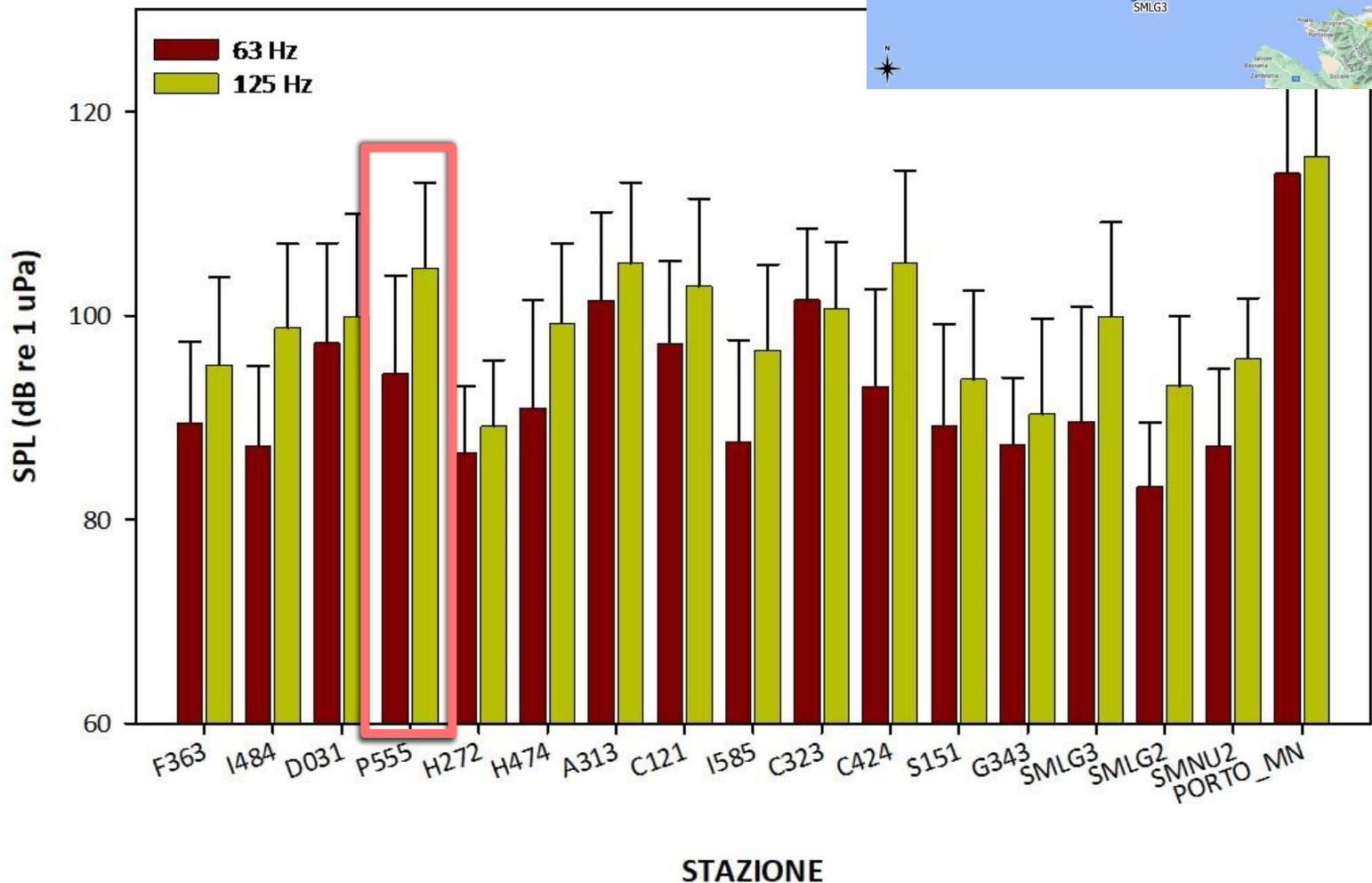
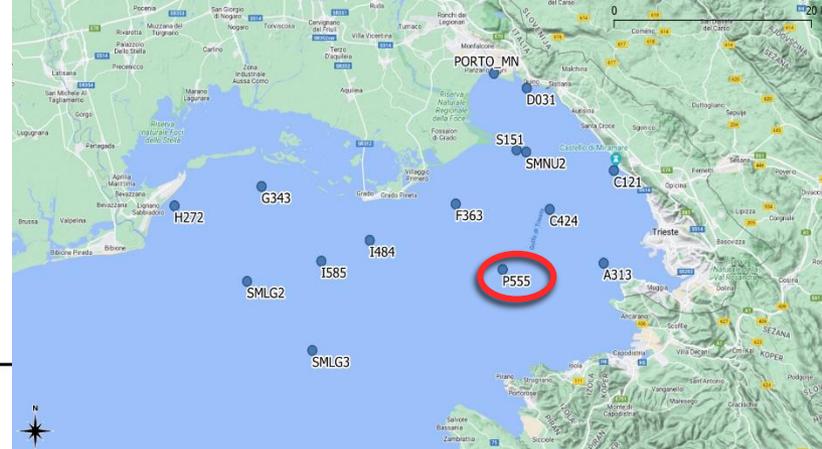
VALORI MEDI 63 e 125 Hz PER STAZIONE (2012-2023)



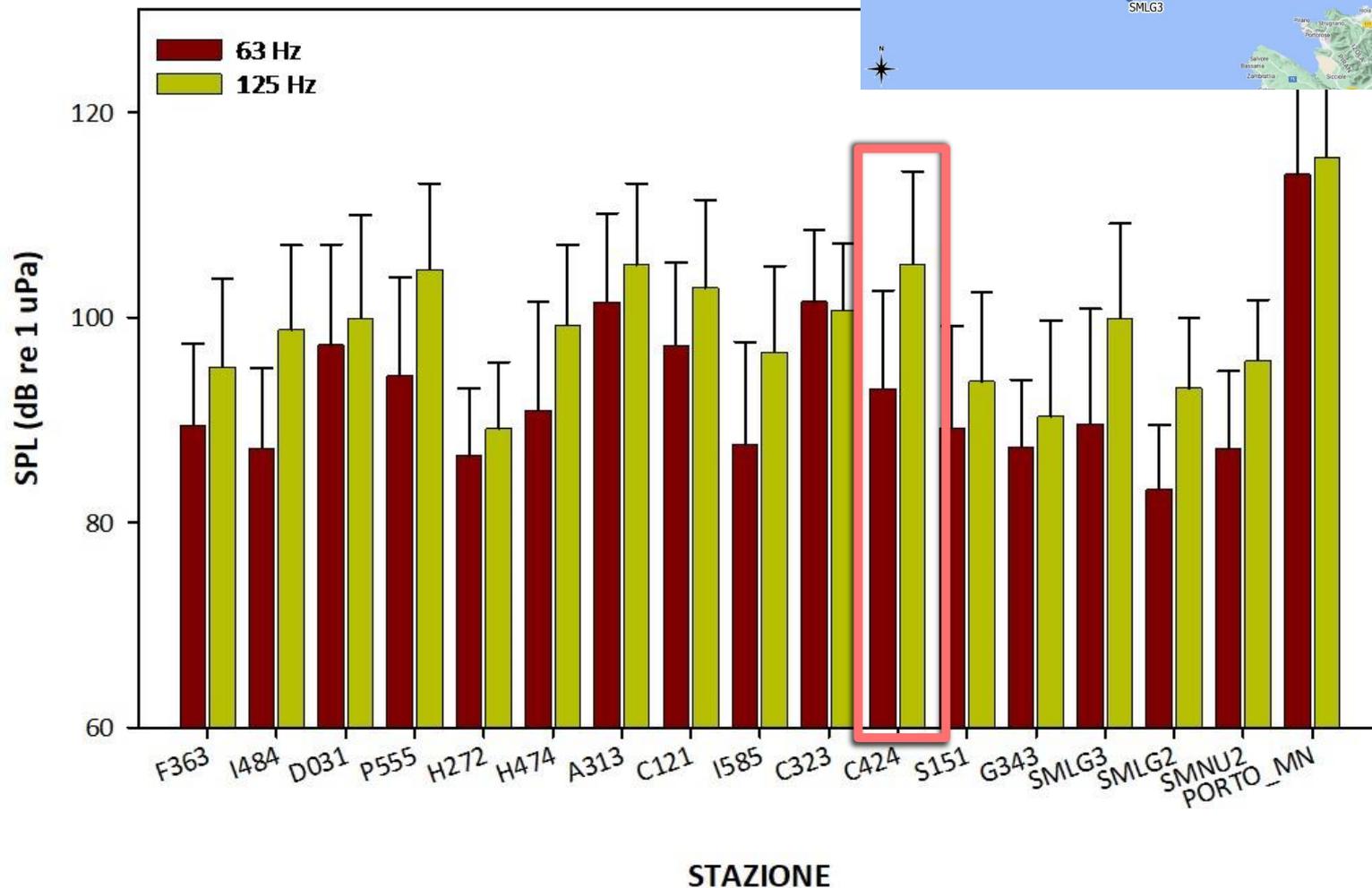
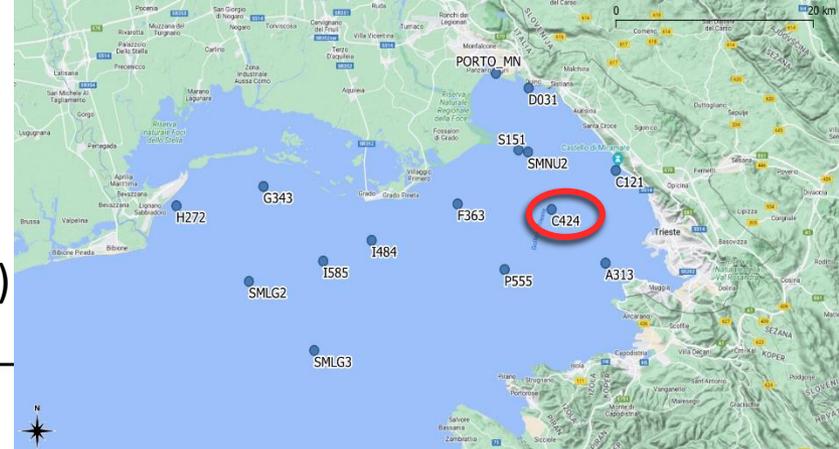
VALORI MEDI 63 e 125 Hz PER STAZIONE (2012-2023)

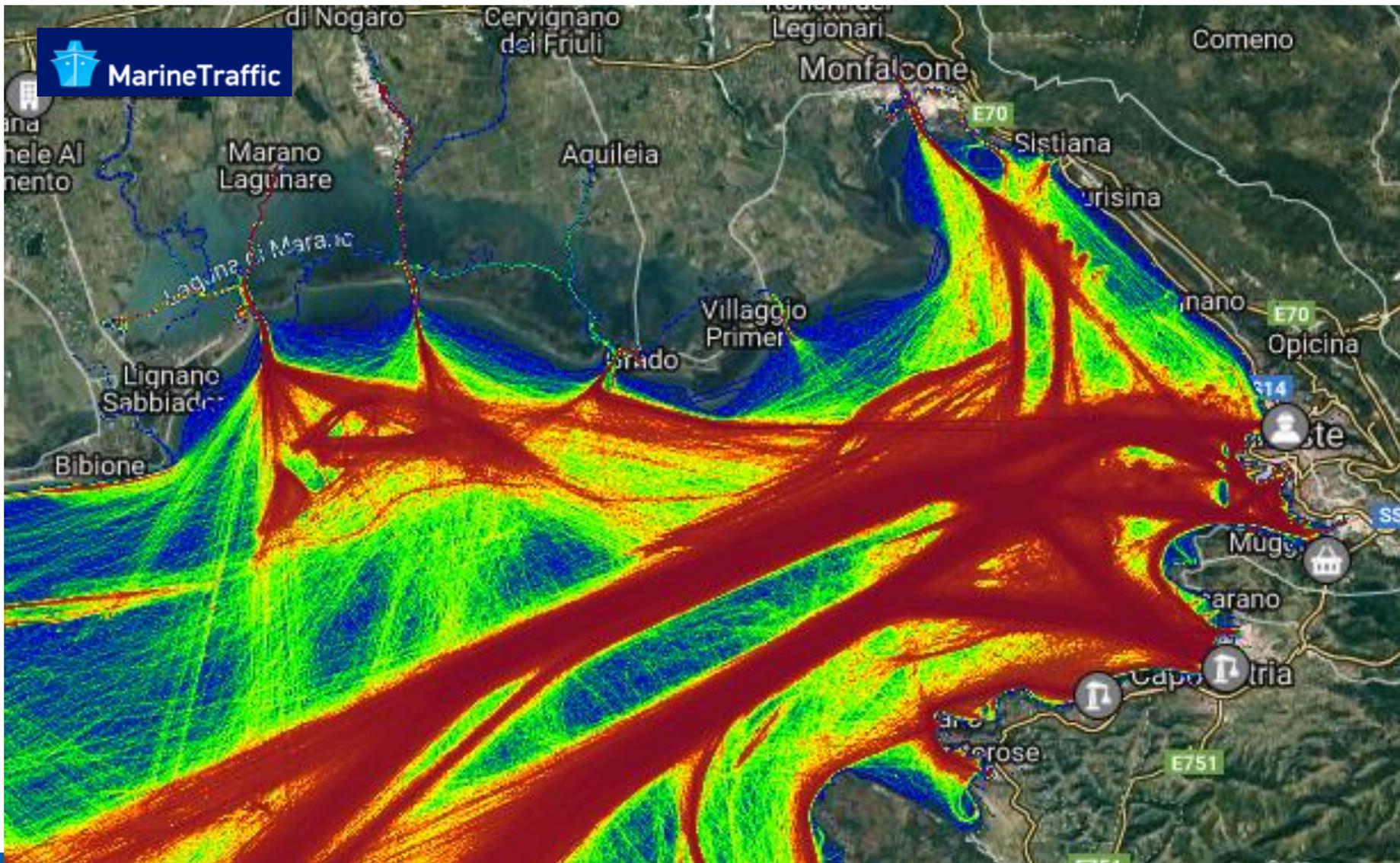


VALORI MEDI 63 e 125 Hz PER STAZIONE (2012-2023)



VALORI MEDI 63 e 125 Hz PER STAZIONE (2012-2023)



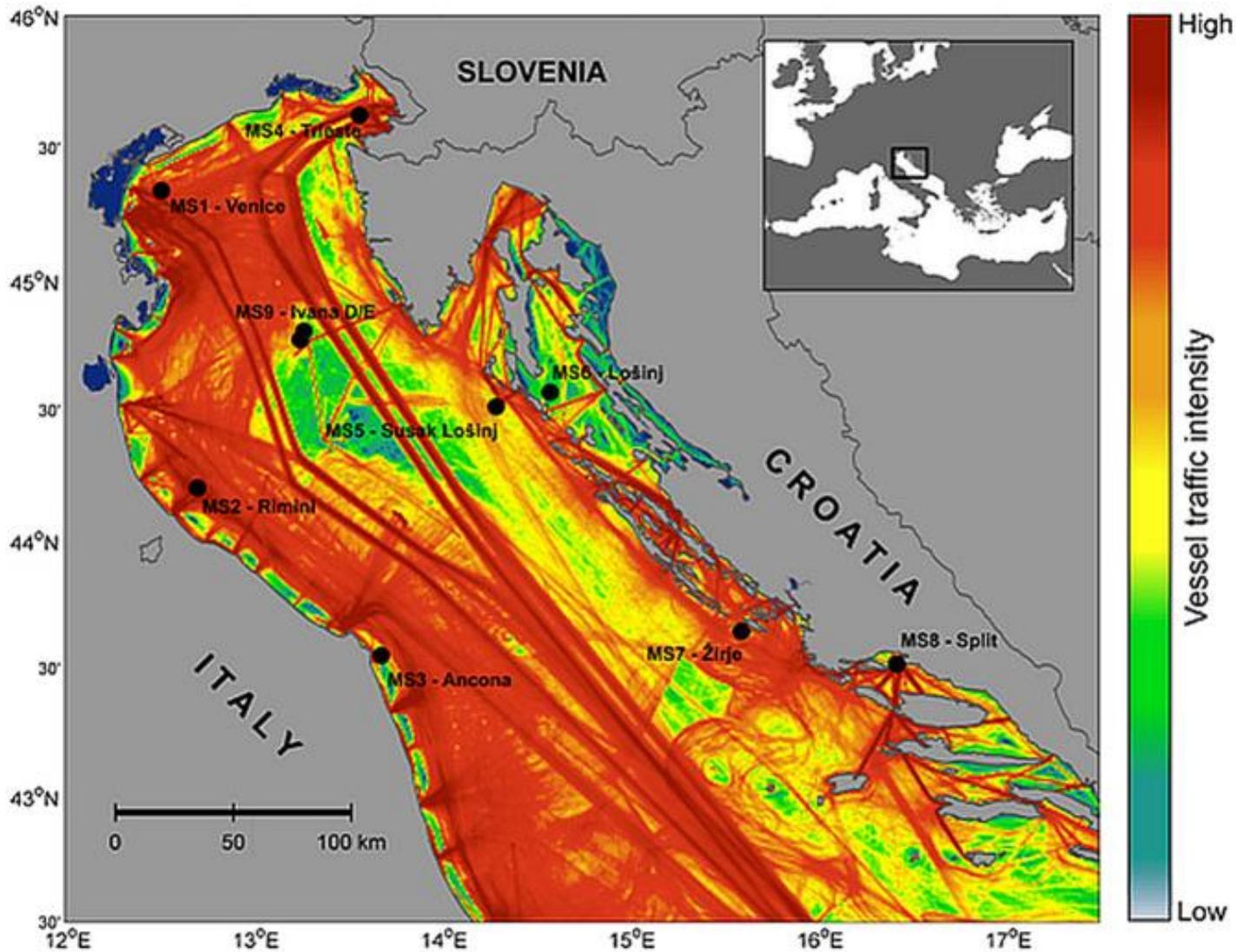


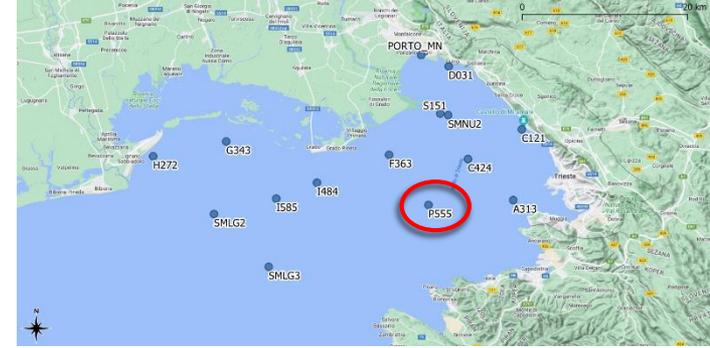
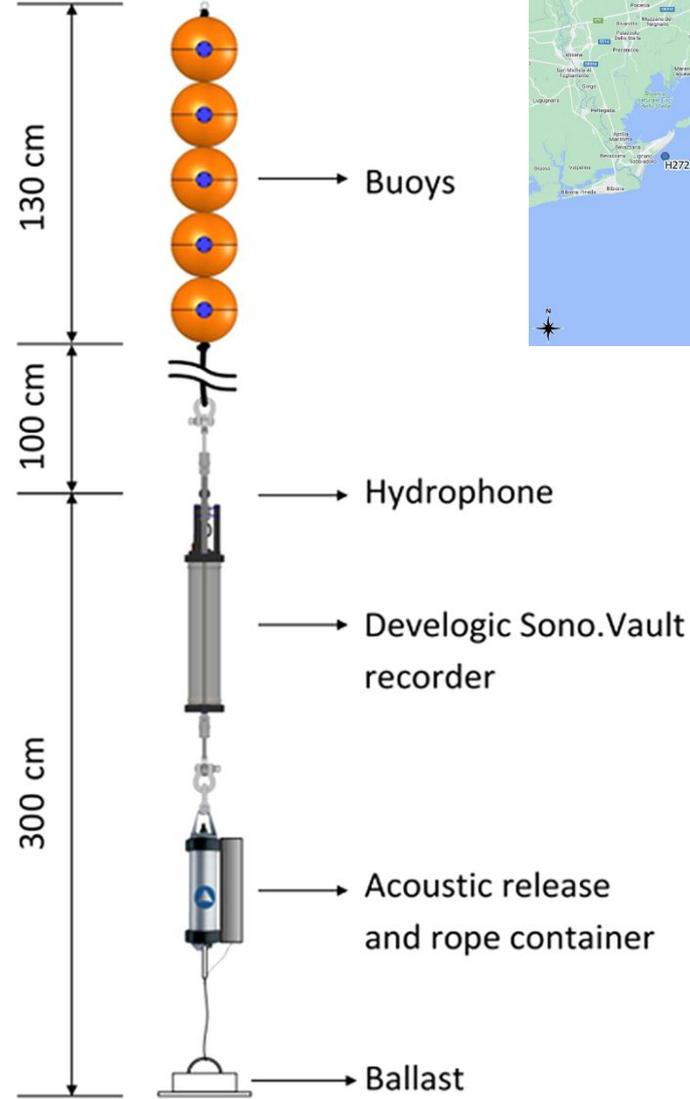


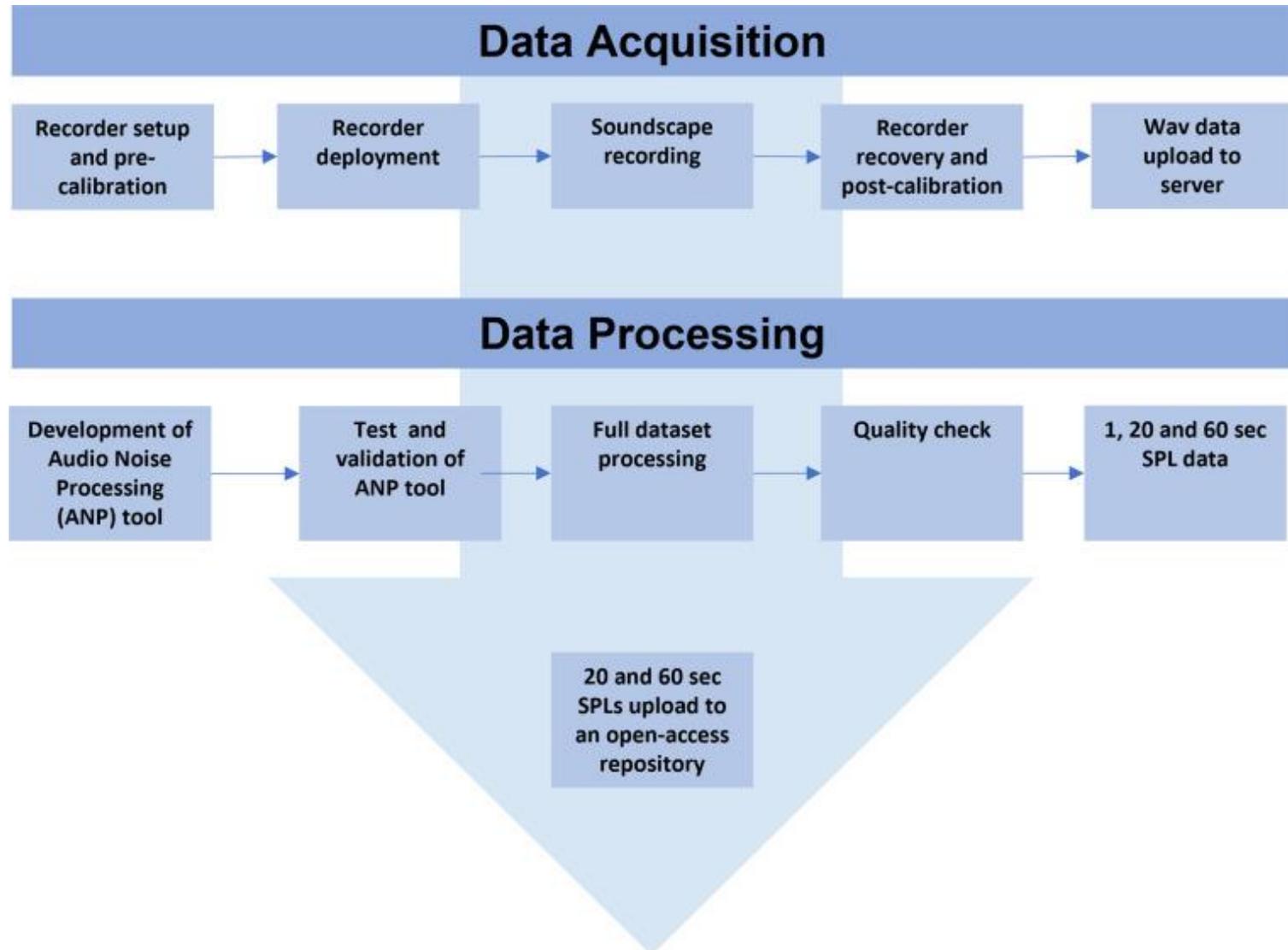
Interreg
Italy - Croatia
SOUNDSCAPE



EUROPEAN UNION







[nature](#) > [scientific data](#) > [data descriptors](#) > [article](#)

Data Descriptor | [Open access](#) | [Published: 15 March 2023](#)

First assessment of underwater sound levels in the Northern Adriatic Sea at the basin scale

[Antonio Petrizzo](#) , [Andrea Barbanti](#), [Giulia Barfucci](#), [Mauro Bastianini](#), [Iaria Biagiotti](#), [Sofia Bosi](#), [Michele Centurelli](#), [Robert Chavanne](#), [Antonio Codarin](#), [Iaria Costantini](#), [Marinela Cukrov Car](#), [Vlado Dadić](#), [Francesco M. Falcieri](#), [Raffaella Falkner](#), [Giulio Farella](#), [Mario Felli](#), [Christian Ferrarin](#), [Thomas Folegot](#), [Roger Gallou](#), [Daphnie Galvez](#), [Michol Ghezzeo](#), [Aleksandra Kruss](#), [Iole Leonori](#), [Stefano Menegon](#), ... [Fantina Madricardo](#) [+ Show authors](#)

[Scientific Data](#) **10**, Article number: 137 (2023) | [Cite this article](#)

1746 Accesses | **2** Citations | **2** Altmetric | [Metrics](#)

[nature](#) > [scientific data](#) > [data descriptors](#) > [article](#)

Data Descriptor | [Open access](#) | [Published: 15 March 2023](#)

First assessment of underwater sound levels in the Northern Adriatic Sea at the basin scale

[Antonio Petrizzo](#) , [Andrea Barbanti](#), [Giulia Barfucci](#), [Mauro Bastianini](#), [Iliaria Biagiotti](#), [Sofia Bosi](#), [Michele Centurelli](#), [Robert Chavanne](#), [Antonio Codarin](#), [Iliaria Costantini](#), [Marinela Cukrov Car](#), [Vlado Dadić](#), [Francesco M. Falcieri](#), [Raffaella Falkner](#), [Giulio Farella](#), [Mario Felli](#), [Christian Ferrarin](#), [Thomas Folegot](#), [Roger Gallou](#), [Daphnie Galvez](#), [Michol Ghezzeo](#), [Aleksandra Kruss](#), [Iole Leonori](#), [Stefano Menegon](#), ... [Fantina Madricardo](#) [+ Show authors](#)

[Scientific Data](#) **10**, Article number: 137 (2023) | [Cite this article](#)



Preprints are preliminary reports that have not undergone peer review.
They should not be considered conclusive, used to inform clinical practice,
or referenced by the media as validated information.

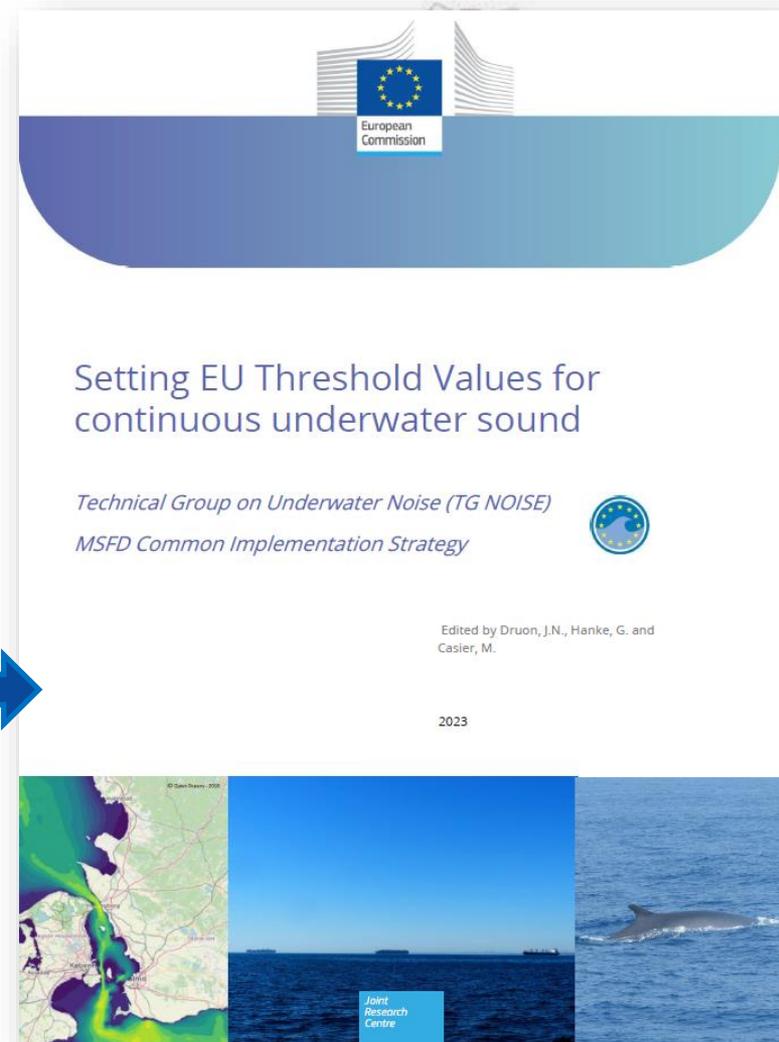
First basin scale spatial-temporal characterization of underwater sound in the Mediterranean Sea

Misure di Mitigazione

*“The spatial distribution, temporal extent and levels of anthropogenic continuous low-frequency sound do not exceed levels that **adversely affect populations of marine animals**”*
(Comm.Dec.2017).

Ultimo aggiornamento Commissione Europea → Report con indicazioni pratiche ed esempi per stabilire valori soglia. 

- **Step 1.** Identificare specie target e habitat
- **Step 2.** Definire **LOBE** (level of onset of biologically adverse effect)
- **Step 3.** Definire periodo di valutazione / monitoraggio (esempi su documento)
- **Step 4.** Monitoraggio e definizione stato acustico,
- **Step 5.** Stabilire condizioni di riferimento,
- **Step 6.** Stabilire current condition
- **Step 7.** Evaluate the condition of the grid cells (proporzione di tempo in cui LOBE viene superato da condizioni)
- **Step 9.** Definire lo stato MRU come GES o non GES.



Esplorazioni ed attività industriali offshore (es. pile driving):

- a) metodi alternativi (gravity foundation/fondazione a gravità and suction buckets/cassoni di aspirazione)
- b) restrizioni temporali e spaziali
- c) monitoraggio in tempo reale (MMO e PAM)
- d) zone di mitigazione intorno area di lavoro
- e) Dispositivi acustici deterrenti (ADD)
- f) Mitigazioni durante attività di lavoro: «soft start», «bubble curtain»

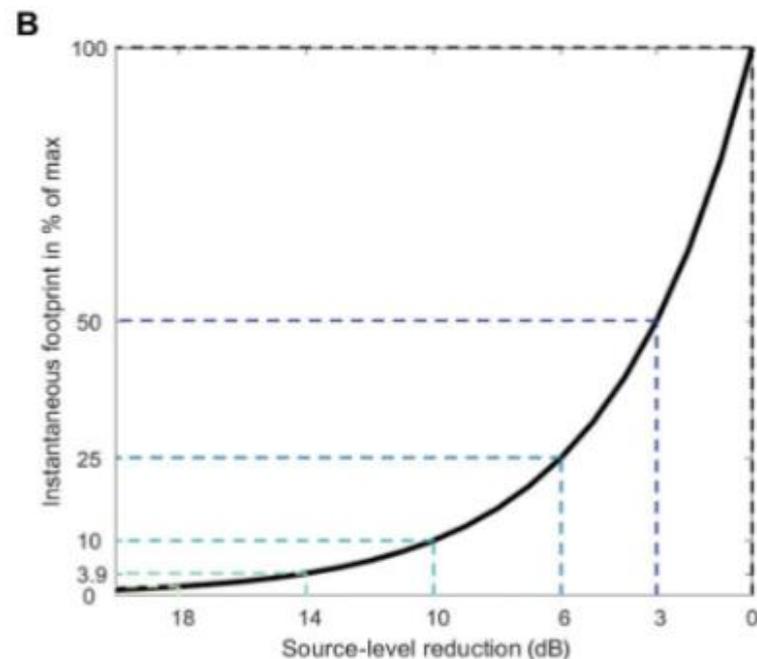
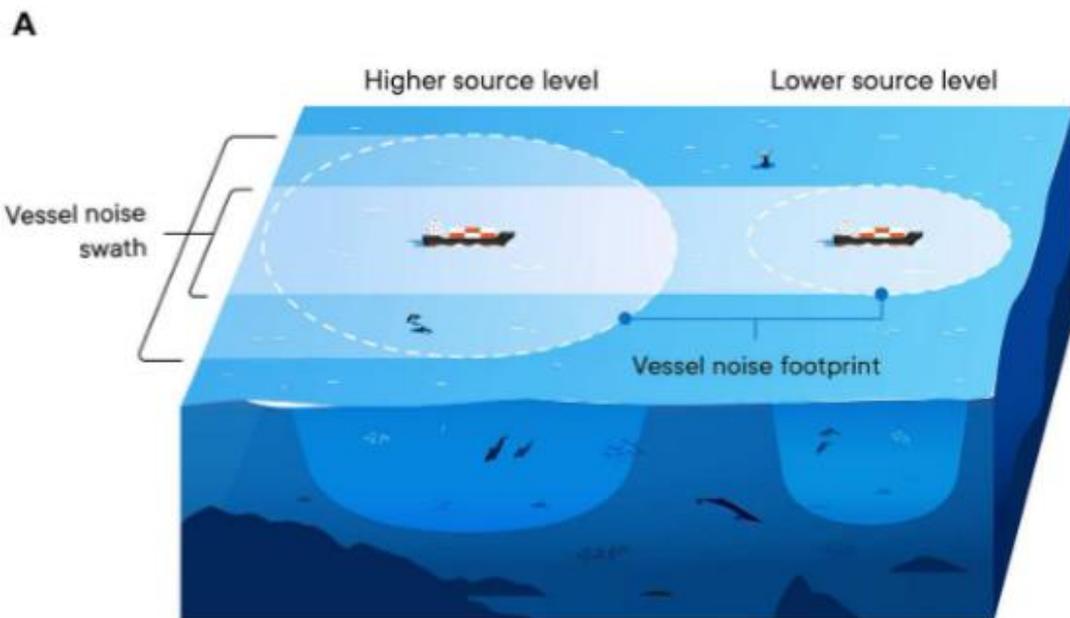


Double Big Bubble Curtain in action, used to mitigation sound propagation from pile-driving.

European Marine Board

Traffico Marittimo:

- a) diminuzione velocità
- b) no transito in zone «hot spots»
- c) eliche più «silenziose»



Findlay et al., 2023. [DOI: 10.1126/sciadv.adf2987](https://doi.org/10.1126/sciadv.adf2987)



Discovery of *Sound in the Sea*

Home

Search

Home

Science of Sound >

Animals and Sound >

People and Sound >

For Decision Makers >

Galleries >

Resources >

Tutorials >

DOSITS FAQ

Facts and Myths

Free Interactive eBooks

Effects of Noise on Aquatic Life
2019 Meeting



Submarine volcanic eruptions

Scientists use underwater acoustics to map, monitor, and evaluate the eruptions of submarine volcanoes.



What's New

Hot Topics





Discovery of *Sound in the Sea*

Search

Home

Science of Sound >

Animals and Sound >

People and Sound >

For Decision Makers >

Galleries >

Resources >

Tutorials >

DOSITS FAQ

Facts and Myths

Free Interactive eBooks

Effects of Noise on Aquatic Life
2019 Meeting



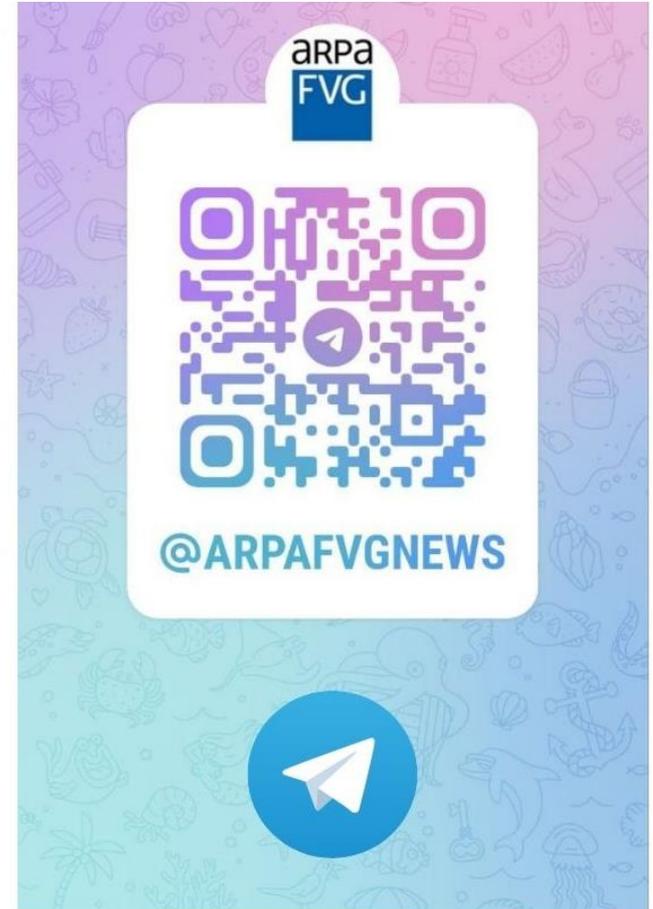
Submarine volcanic eruptions

Scientists use underwater acoustics to map, monitor, and evaluate the eruptions of submarine volcanoes.

What's New

Hot Topics





Resta aggiornato su tutte le news
a carattere ambientale che riguardano
il Friuli Venezia Giulia, seguici sui social!

