

## **FASE. 4.1 “Raccolta e l’elaborazione dati sulle fonti di inquinamento acustico e la loro interazione con i cetacei nell’area marino costiera toscana”**

Valutazione dell'inquinamento acustico presente nell'area del santuario PELAGOS dovuto alla componente “traffico navale” secondo le indicazioni della *Marine Strategy Framework Directive 2008/56/CE*

ARPAT – dicembre 2011

## Introduzione

L'ambiente marino è un elemento indispensabile alla vita sulla terra (in quanto principale fonte di ossigeno), svolge un ruolo determinante negli equilibri climatici, e rappresenta un capitale prezioso, nonché un importante fattore di prosperità economica, di benessere sociale e di qualità della vita.

La comunità scientifica è ormai unanime nel ritenere che il rumore prodotto dalle attività umane (traffico navale, SONAR ed indagini geosismiche, etc.) possa avere un pesante impatto sulla qualità di un ambiente naturale. Numerosi esperimenti scientifici hanno evidenziato una relazione conflittuale fra attività umane rumorose e disturbi sui cetacei (Payne & Webb, 1971, Hildebrand 2005, Richardson *et al.* 1995, NRC 2000, 2003, Gordon *et al.* 2004, Evans & England 2001, NOAA 2001).

Con la direttiva n° 56 del 17 Giugno 2008 (*Marine Strategy Framework Directive*), la Comunità Europea istituisce un quadro legislativo trasparente e coerente per la tutela e la salvaguardia degli ambienti marini, con il quale contrastare il graduale deterioramento degli habitat marini, attraverso un approccio ecosistemico con il quale raggiungere un migliore equilibrio tra conservazione e sfruttamento sostenibile.

Gli stati firmatari dovranno impegnarsi concretamente per cercare di raggiungere, entro il termine del 2020, il “buon stato ecologico” delle acque marine inteso come “*stato ecologico tale per cui queste preservano la diversità ecologica e la vitalità di mari ed oceani che siano puliti, sani e produttivi nelle proprie condizioni intrinseche e l'utilizzo dell'ambiente marino resta ad un livello sostenibile, salvaguardando in tal modo il potenziale per gli usi e le attività delle generazioni presenti e future...*” (2008/56/CE, Articolo 3°).

Nello specifico ciascun paese dovrà:

1. realizzare un'analisi delle caratteristiche delle acque marine individuando i principali impatti e pressioni a cui sono sottoposte,
2. definire un set di requisiti di buon stato ecologico applicabili alle loro acque marine,
3. indicare i traguardi ambientali e i programmi di monitoraggio che consentano una valutazione dello stato di qualità delle acque marine interessate,
4. istituire ed attuare programmi di misura volti al conseguimento ed al mantenimento del buon stato ecologico. Tali programmi dovranno essere sia flessibili per adeguarsi agli sviluppi scientifici e tecnologici, ma anche elaborati sulla base del principio di precauzione e del danno ambientale.

Per quello che attiene al rumore, la direttiva lo inserisce all'interno del descrittore qualitativo n°11: “*introduzione di energia, comprese le fonti sonore sottomarine, a livelli che non hanno effetti negativi sull'ambiente marino*” (2008/56/CE, Allegato I), indicando come possibili impatti quelli causati dai trasporti marini piuttosto che dall'attrezzatura acustica sottomarina (2008/56/CE, Allegato III).

Per ciascuno degli undici descrittori qualitativi gruppi di esperti e studiosi del settore hanno definito una serie di indicatori e norme metodologiche con i quali valutare e quantificare periodicamente lo stato di qualità delle acque marine relativamente al descrittore in questione.

Per le principali tipologie di suoni presenti negli ambienti marini potenzialmente impattanti, devono essere considerati:

1. i suoni impulsivi a media-bassa frequenza,
2. i suoni impulsivi ad alta frequenza,
3. i suoni continui a bassa frequenza.

Alle prime due classi di segnali sonori sono riconducibili all'impiego di sonar e di airguns per le indagini geosismiche dei fondali marini, mentre nella terza tipologia ricade il rumore delle grande

imbarcazioni come cargo e tanker.

Nel caso dei suoni continui a bassa frequenza, la direttiva individua come indicatore del buon stato ecologico delle acque marine il livello di rumore ambientale, mediato all'interno di un anno nelle bande di terzi di ottava dei 63 e 125 Hz, che non deve eccedere il valore limite di 100 re 1  $\mu\text{Pa}$  @ 1m.

## Obiettivo

In base alle indicazioni fornite dalla Comunità Europea nella *Marine Strategy*, ed unitamente al lavoro di elaborazione e sperimentazione del modello di propagazione portato a termine dal centro IDASC del CNR di Roma, ARPAT ha realizzato una serie di simulazioni della rumorosità da traffico navale nell'area del Santuario.

I risultati ottenuti sono stati confrontati infine con quanto previsto dall'attuale normativa per i suoni continui a bassa frequenza, al fine di evidenziare zone caratterizzate da livelli sonori oltre i limiti e quindi, potenzialmente dannose per i mammiferi marini che popolano l'area marina protetta del Santuario.

I dati sui volumi di traffico, forniti dal centro NURC di La Spezia erano già stati precedentemente elaborati ed organizzati in un database, di quasi 27 milioni di righe, che fornisce una rappresentazione ampia e dettagliata della distribuzione spazio-temporale delle imbarcazioni, unitamente ai dati acusticamente sensibili:

1. il numero totale ed il tempo di permanenza delle navi presenti in un'area (secs),
2. la tipologia dei natanti;
3. la velocità media;
4. il tonnellaggio.

			mmsi	lat	lon	day	hour	speed	secs	status	kton
<input type="checkbox"/>			203157100	43.46035	10.22033	2009-01-01	1	4	80	0	0
<input type="checkbox"/>			203157100	43.45763	10.22077	2009-01-01	1	4	86	70	7
<input type="checkbox"/>			203157100	43.45455	10.22132	2009-01-01	1	4	90	70	7
<input type="checkbox"/>			203157100	43.45133	10.22172	2009-01-01	1	4	85	70	7
<input type="checkbox"/>			203157100	43.44833	10.22223	2009-01-01	1	4	91	70	7
<input type="checkbox"/>			203157100	43.44532	10.22270	2009-01-01	1	4	94	70	7
<input type="checkbox"/>			203157100	43.44220	10.22310	2009-01-01	1	4	90	70	7

Si è poi proceduto ad integrare queste informazioni con quelle relative alle emissioni delle sorgenti, che sono state acquisite sia attraverso dati letteratura che mediante campagne di misura.

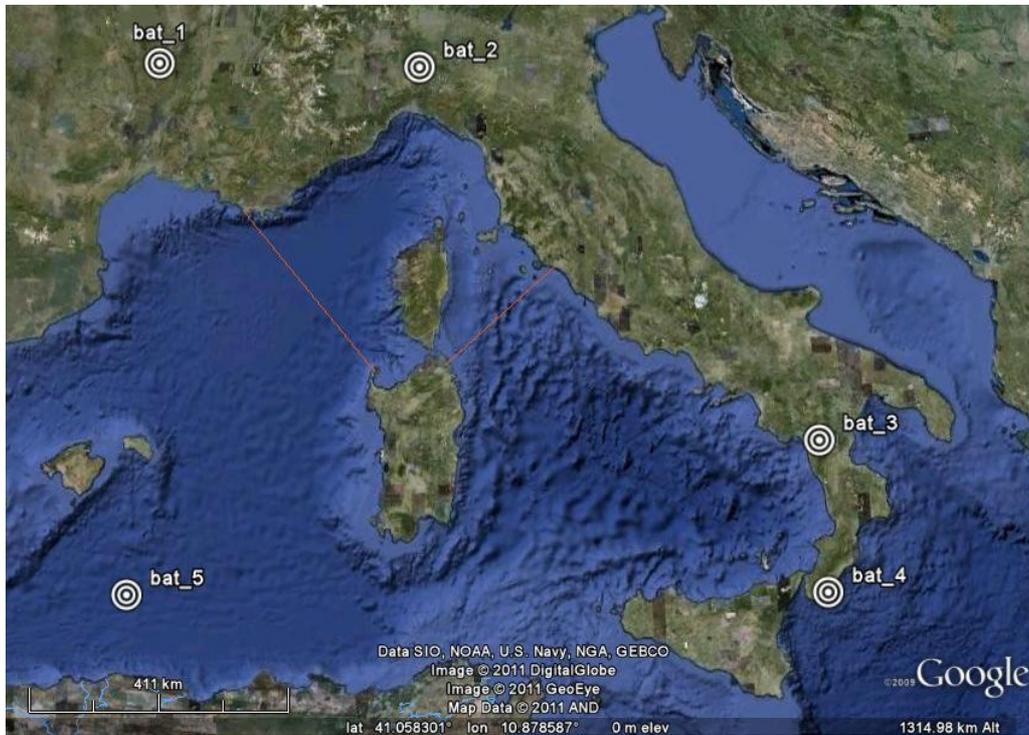
## Modello e database parametri di input

Il modello scelto (Bellhop), in funzione sia degli obiettivi progettuali che del volume di propagazione, permette sia di lavorare all'interno di ambienti oceanici caratterizzabili nelle principali proprietà acusticamente sensibili che di poter di descrivere in maniera accurata un'area molto vasta in tempi ragionevoli.

Seguendo le indicazioni fornite dal centro IDASC nel loro rapporto sono stati dapprima formati i relativi database dei dati da fornire come input al modello.

Per la **batimetria** del fondale, l'informazione è stata estratta dal database ETOPO1 per un'area complessiva corrispondente alla porzione delimitata dai cinque punti elencati di seguito.

Punto	Coordinate [latitudine - longitudine]
bat_1	44.9833 °N - 4 °E
bat_2	44.9833 °N - 9.01667° °E
bat_3	39.9833° N° - 16 °E
bat_4	38 °N - 16° E
bat_5	38 °N - 4° E



Nell'insieme si dispone di un database batimetrico sufficientemente ampio e fitto (240,000 punti con una precisione di 1 minuto di arco), dove per ciascun punto viene riportata la corrispondente elevazione (“depth”) rispetto ad un “riferimento 0” (coincidente con la superficie marina). I punti sotto la superficie marina, che nell'ETOPO iniziale vengono riportati come numeri negativi, sono stati invertiti di segno, in accordo con il formato richiesto dal Bellhop per il file di input.

			lon	lat	depth
<input type="checkbox"/>			4	44.9833	822
<input type="checkbox"/>			4.01667	44.9833	886
<input type="checkbox"/>			4.03333	44.9833	916
<input type="checkbox"/>			4.05	44.9833	962
<input type="checkbox"/>			4.06667	44.9833	954
<input type="checkbox"/>			4.08333	44.9833	1032
<input type="checkbox"/>			4.1	44.9833	1119

			lon	lat	depth
<input type="checkbox"/>			4.5	44.9833	680
<input type="checkbox"/>			4.51667	44.9833	590
<input type="checkbox"/>			4.53333	44.9833	522
<input type="checkbox"/>			4.55	44.9833	481
<input type="checkbox"/>			4.56667	44.9833	441
<input type="checkbox"/>			4.58333	44.9833	447
<input type="checkbox"/>			4.6	44.9833	520

Nel caso dei **profili di velocità**, è stata seguita la seguente procedura:

1. estrazione dei dati di CTD dal World Ocean Database per l'area di pertinenza,
2. pulizia e controllo della validità dei dati tramite *Quality Flag* e *Quality Codes*,
3. completamento delle parte mancanti dei profili di velocità (punto a zero e parte fino al fondale).

Al termine della procedura il database dei profili è composto da quasi 10,500 profili, provenienti da un'area che coincide sostanzialmente con quella utilizzata per la batimetria e all'interno di un periodo temporale di quasi quarant'anni (1970-2009).

			id	cruise	station	type	date_time	lon	lat	bottom
<input type="checkbox"/>			1	WOD09_DE011324	12242285	C	1991-08-08 02:30:00	11.9883	41.405	766
<input type="checkbox"/>			2	WOD09_DE011324	12242296	B	1991-08-08 16:40:00	11.999	41.921	30
<input type="checkbox"/>			3	WOD09_DE011324	12242297	B	1991-08-08 17:15:00	11.9798	41.906	45
<input type="checkbox"/>			4	WOD09_DE011324	12242298	B	1991-08-08 17:55:00	11.9577	41.886	85
<input type="checkbox"/>			5	WOD09_DE011324	12242299	B	1991-08-08 19:19:00	11.9233	41.862	113
<input type="checkbox"/>			6	WOD09_DE011324	12242300	C	1991-08-08 22:10:00	11.8395	41.792	471
<input type="checkbox"/>			7	WOD09_DE011324	12242301	C	1991-08-08 23:49:00	11.7987	41.756	662
<input type="checkbox"/>			8	WOD09_DE011324	12242302	C	1991-08-09 01:13:00	11.756	41.714	580
<input type="checkbox"/>			9	WOD09_DE011324	12242303	B	1991-08-09 03:19:00	11.71	41.927	216
<input type="checkbox"/>			10	WOD09_DE011324	12242304	B	1991-08-09 05:16:00	11.739	42.131	31

Per ciascun profilo vengono riportate le seguenti informazioni:

- identificativo (id) del profilo,
- codice della crociera di rilevazione,
- numero della stazione,
- data di misura,
- coordinate del punto di misura,
- profondità del fondale nel punto di misura.

Per ogni punto di misura è possibile visualizzare il corrispondente profilo (es. per il primo punto di misura un profilo per i primi 10 metri).

			header_id	depth	temp	salinity	soundspeed	QF
<input type="checkbox"/>			1	1	25.01	38.143	1537.8	0000
<input type="checkbox"/>			1	2	25.01	38.143	1537.8	0000
<input type="checkbox"/>			1	3	25.02	38.143	1537.9	0000
<input type="checkbox"/>			1	4	25.02	38.143	1537.9	0000
<input type="checkbox"/>			1	5	25.02	38.143	1537.9	0000
<input type="checkbox"/>			1	6	25.02	38.143	1537.9	0000
<input type="checkbox"/>			1	7	24.91	38.146	1537.7	0000
<input type="checkbox"/>			1	8	24.67	38.141	1537.1	0000
<input type="checkbox"/>			1	9	24.62	38.139	1537	0000
<input type="checkbox"/>			1	10	24.44	38.138	1536.6	0000

La strutturazione del database del **fondale** ha previsto inizialmente la georeferenziazione della carta sedimentologica dei mari Toscani. Le varie porzioni di sedimenti sono state digitalizzate applicandovi dei *marker* che ne delineassero i contorni. Le varie porzioni della carta sedimentologica, unitamente alle informazioni estratte dalle schede dei carotaggi, sono stata relazionata, secondo le indicazioni del CNR, alle corrispondenti proprietà acustiche, formando infine un database di oltre 400 punti.

			id	lon	lat	speed	dens	att
<input type="checkbox"/>			1	8.4	43.8417	1515.4	1.46	0.06
<input type="checkbox"/>			2	9.895	42.3417	1515.8	1.46	0.06
<input type="checkbox"/>			3	9.89167	42.56	1510.5	1.44	0.06
<input type="checkbox"/>			4	9.69167	43.305	1630.6	1.71	0.657
<input type="checkbox"/>			5	8.68333	44.1967	1509.6	1.44	0.06
<input type="checkbox"/>			6	9.78	42.8617	1515.5	1.46	0.06
<input type="checkbox"/>			7	9.41883	43.6112	1538.2	1.51	0.075
<input type="checkbox"/>			8	8.625	44.0367	1516	1.49	0.06
<input type="checkbox"/>			9	9.165	43.53	1528.4	1.49	0.065
<input type="checkbox"/>			10	9.28333	43.6833	1920.3	2.31	0.46

### Griglia delle Transmission Loss (TL)

La griglia per il calcolo dell'attenuazione delle onde sonore è stata implementata sfruttando la contemporanea sovrapposizione di una griglia dei ricevitori con una griglia dei punti sorgente:

- **Griglia dei ricevitori:** griglia rettangolare con passo fisso, distribuita uniformemente sul piano, permette di campionare l'intera area di indagine in maniera omogenea e completa. Il passo con cui viene dimensionata la griglia dei ricevitori può essere impostato in funzione del grado di precisione dei risultati ottenibili, ma anche del tempo a disposizione da destinare alla fase di computazione (dimezzando ad esempio la dimensione massima delle celle, si disporrebbe di una griglia con un numero di punti ricevitori quattro volte maggiore).
- **Griglia delle sorgenti:** griglia radiale centrata su ciascun ricevitore, con distanza da esso crescente in progressione geometrica. La disposizione radiale dei vari punti permette di ottenere una differenza teorica della Transmission Loss tra un raggio e quello successivo pressoché costante.

### Sistema di simulazione

Avendo a disposizione sia i dati di input che il modello, il lavoro è proseguito nell'implementazione di un sistema; che, in maniera automatica, provvedesse alla gestione dell'intera fase di simulazione, consistente in:

1. estrazione dei dati di input dai relativi database,
2. lancio del modello e calcolo della griglia delle Transmission Loss,
3. attribuzione dei livelli di emissione ai punti sorgente,
4. incrocio dei dati di emissione e di attenuazione.

Il sistema automatico, una volta che vengono impostati nella finestra di dialogo i vari parametri liberi, lancia l'intero ciclo produttivo che si finalizza nella creazione delle relative mappe di rumore.

## FINESTRA DI DIALOGO PER LANCIO DEL SISTEMA AUTOMATICO DI SIMULAZIONE

**LONGITUDINE:**  
min:   
max:

**LATITUDINE:**  
min:   
max:

**ALTERNATIVAMENTE specifica il file KML**  
File KML:

**GRID SIZE:**  
km:

**SRC OFFSET SIZE:**  
km:

**FREQUENCIES:**  
hz (space sep. array):

**Days Of Year:**  
Days (space sep. array):

Densità angolare raggi:

**DEPTHS:**  
Depths (space sep. array):

**SOVRA-SCRITTURA:**  
Ricalcola valori già presenti:

In questa finestra vengono inseriti tutti i criteri necessari per una simulazione:

- l'area di simulazione: possono essere inserite sia le coordinate di un ipotetico rettangolo (latitudine e longitudine come valori massimi e minimi), oppure i contorni di una qualsiasi area caricando uno specifico file kml,
- il passo con cui dimensionare la griglia dei ricevitori (1, 2, 4, 8 o 16 km),
- i parametri del Bellhop:
  - frequenza
  - giorni dell'anno
  - densità di raggi

- le profondità a cui calcolare i livelli sonori.

## Scelta dei parametri di simulazione

La fase di simulazione e valutazione, punto di arrivo della caratterizzazione acustica del Santuario *Pelagòs*, permette di concretizzare un lavoro basato sull'impiego di tecniche miste, come la diffusione di dati sulla presenza di natanti (AIS) ed i modelli di previsione della propagazione del suono in acqua, per effettuare delle valutazioni, all'interno di aree molto vaste e per intervalli di tempo lunghi, sull'impatto della componente navale all'inquinamento acustico sottomarino.

### *Area di simulazione*

L'area di simulazione è stata inserita caricando un file kml corrispondente all'area sotto raffigurata. L'area scelta costituisce una porzione piuttosto significativa dell'area del Santuario, e permette di superare una serie di problemi legati, ad esempio, all'accuratezza dei dati AIS che, man mano che ci si allontana dal ricevitore di La Spezia (raggio di circa 150 km) diventano sempre più imprecisi. Inoltre l'area scelta ha una copertura pressoché perfetta per quanto riguarda i dati di fondale, che nelle altre parti del Santuario sono al contrario più radi.

Per concludere essendo una zona costiera è attraversata da traffico navale più intenso, con tutte le tipologie di imbarcazioni ben rappresentate, dalle piccole barche che si muovono lungo costa alle navi passeggeri che collegano le principali isole dell'arcipelago Toscano.

La situazione che si viene a creare è ottimale perché permette di valutare la rumorosità della zona nelle condizioni più avverse, con la possibilità di distinguere il contributo dato da una tipologia di imbarcazione piuttosto che un'altra.



### Grid size

Il passo con cui dimensionare la griglia dei ricevitori è stato scelto di 16 km, per un numero complessivo di 90 ricevitori.

In queste prime simulazioni è stato scelto un passo piuttosto largo, che se da un lato diminuisce la precisione del risultato finale, dall'altro permette comunque di avere in tempi più rapidi dei risultati finali comunque abbastanza apprezzabili.

Da questo punto di vista appare comunque necessario pianificare delle future simulazioni che impieghino delle griglie di ricevitori un po' più fitte, ovvero con una dimensione che oscilli tra gli 8 ed i 4 km.

Analisi con griglie più fitte (1,2 km) sono possibili, ma in questi casi i tempi di calcolo, considerando sia la fase di determinazione delle TL che di incrocio dei dati di emissione con quelli di attenuazione, iniziano a diventare piuttosto importanti.

### Parametri Bellhop

In questa parte vengono inseriti i parametri liberi con i quali impostare il modello per il calcolo della griglia delle Transmission Loss.

- Le **frequenze** di simulazione sono state selezionate in accordo con quanto indicato dalla Marine Strategy, che individua come indicatore dei suoni continui a bassa frequenza il rumore ambientale nelle bande (in terzi di ottava) dei 63 e 125 Hz.
- Il **giorno dell'anno** (DOY – Day Of the Year) rappresenta il parametro che viene impiegato per selezionare i profili di velocità dal database dei dati di CTD.

L'estrazione dei profili è stata implementata secondo un criterio spazio-temporale, che tiene conto sia di una variabilità spaziale, connessa con le differenti condizioni geografiche presenti da sito a sito, che di una temporale, a cui si possono ricondurre le differenti condizioni climatiche medie presenti durante l'anno.

L'algoritmo implementato procede quindi, lungo le numerose sezioni di simulazione, ad estrarre i profili che soddisfano le varie condizioni, organizzandoli nei file di input richiesti dal Bellhop.

Si è scelto di eseguire delle simulazioni per ognuno dei mesi dell'anno, utilizzando come DOY il giorno centrale di ciascun mese. Utilizzando il giorno centrale si aveva una maggiore certezza che le condizioni climatiche, in grado di influenzare pesantemente i valori di velocità del suono, fossero “tipiche” del periodo considerato, evitando quindi di avere condizioni intermedie qualora si fosse scelto un doy all'inizio o alla fine del mese.

Mese dell'anno	doy	Mese dell'anno	doy
gennaio	15	luglio	196
febbraio	45	agosto	227
marzo	74	settembre	258
aprile	105	ottobre	289
maggio	136	novembre	319
giugno	166	dicembre	349

- La **densità angolare** definisce l'accuratezza che si vuole avere nella fase di *ray-tracing*.  
Da un punto di vista di implementazione rappresenta il numero di raggi per grado angolare, numero che moltiplicato successivamente per l'intera estensione del fan angolare determina il numero totale di raggi che il modello utilizza per calcolare numericamente il campo di pressione acustica.  
Da alcuni test eseguiti, con una disposizione geometrica che prevede una sorgente superficiale (10 metri) ed un array di ricevitori posizionati verticalmente, in grado di coprire completamente la colonna d'acqua, si possono avere dei fan angolari nell'ordine dei 60°-70°. avendo impostato, per le simulazioni che si andranno ad eseguire, una densità angolare di 100, il modello andrà ad impiegare, a seconda delle condizioni, un numero totale di raggi tra 6000 e 7000.  
Altri test hanno dimostrato come il numero dei raggi scelto permetta di ottenere dei risultati accurati, aumentando il numero dei raggi i valori della TL che si ottengono rimangono pressoché costanti, con dei tempi di calcoli che rimangono accettabili.
- L'ultimo parametro è rappresentato dalle **profondità** di calcolo dei livelli sonori. Le profondità che verranno inserite nella finestra di dialogo saranno poi le profondità a cui verranno realizzate le mappe di rumore.  
Per avere una rappresentazione significativa dell'intera colonna d'acqua sono state individuate tre differenti profondità: 10, 100 e 1000 metri.  
Queste tre profondità coprono un'estensione verticale che coincide con quelli che sono gli habitat vitali della quasi totalità dei mammiferi marini, difatti con la profondità a 1000 metri si vanno ad indagare anche gli ambienti oceanici di profondità, ambienti in cui possono spingersi i grandi mammiferi marini.

## Risultati

In quest'ultima parte vengono presentate alcune mappe di rumore realizzate in funzione dei parametri di simulazione precedentemente esposti.

I livelli sonori calcolati nei vari punti della griglia dei ricevitori sono evidenziati utilizzando una legenda che tenga conto di quanto indicato dalla *Marine Strategy* sugli indicatori per i suoni continui a bassa frequenza: che identifica il livello limite a 100 dB re 1  $\mu$ Pa @ 1m (nella bande dei 63 e 125 Hz).

I simboli utilizzati seguono quindi tale suddivisione:

- Livelli molto alti:  $L > 106$  dB (triangolo rosso),
- Livelli alti :  $100 < L < 106$  dB (triangolo arancione),
- Livelli accettabili :  $94 < L < 100$  dB (cerchio giallo),
- Livelli bassi :  $L < 94$  dB (cerchio verde).

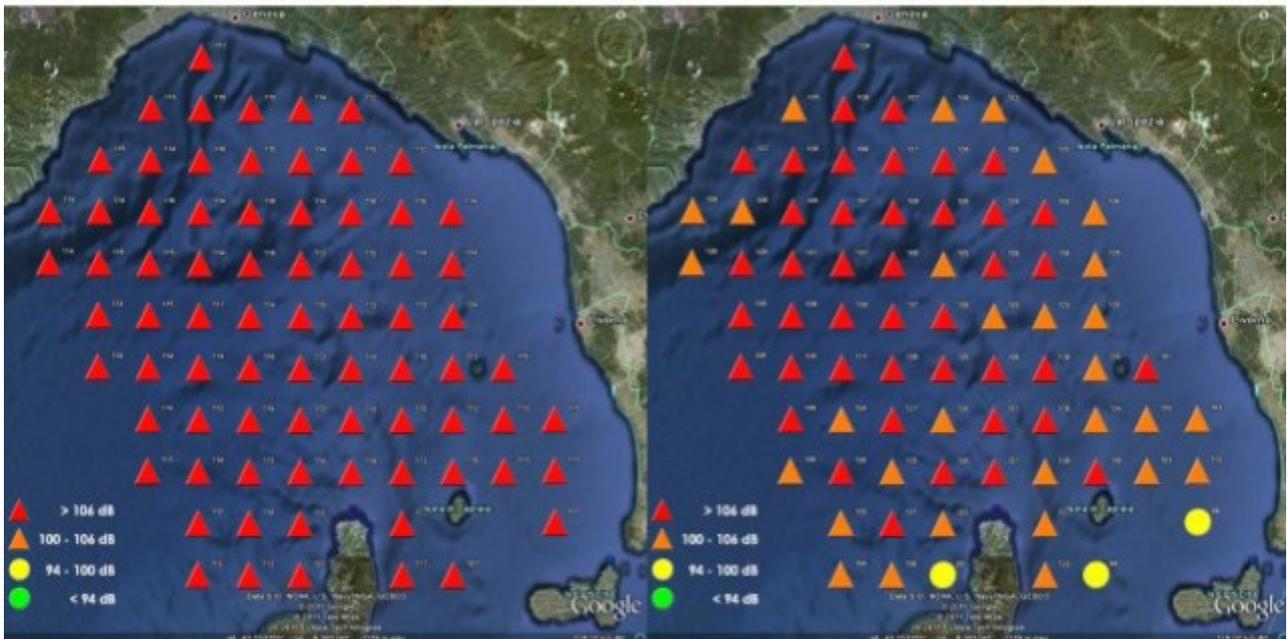
La scala è centrata intorno al valore di 100 dB, con due due classi superiori (fino a 106 dB) e due inferiori (fino a 94 dB).

# GENNAIO



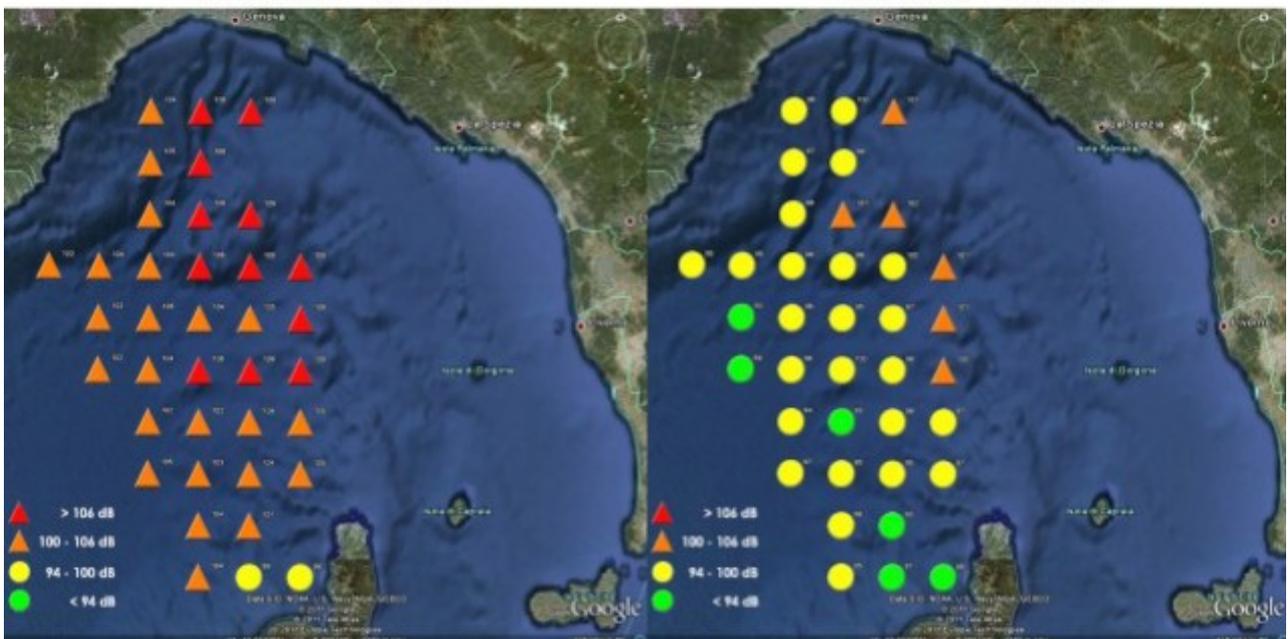
10 metri – 63 Hz

10 metri – 125 Hz



100 metri – 63 Hz

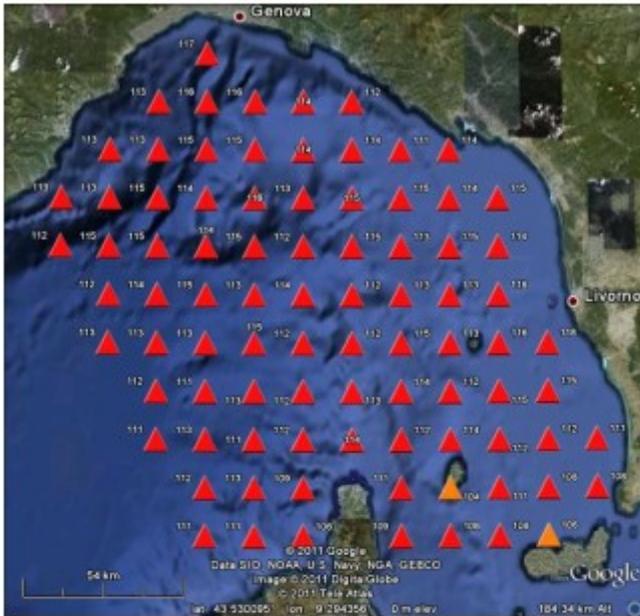
100 metri – 125 Hz



1000 metri – 63 Hz

1000 metri – 125 Hz

# FEBBRAIO



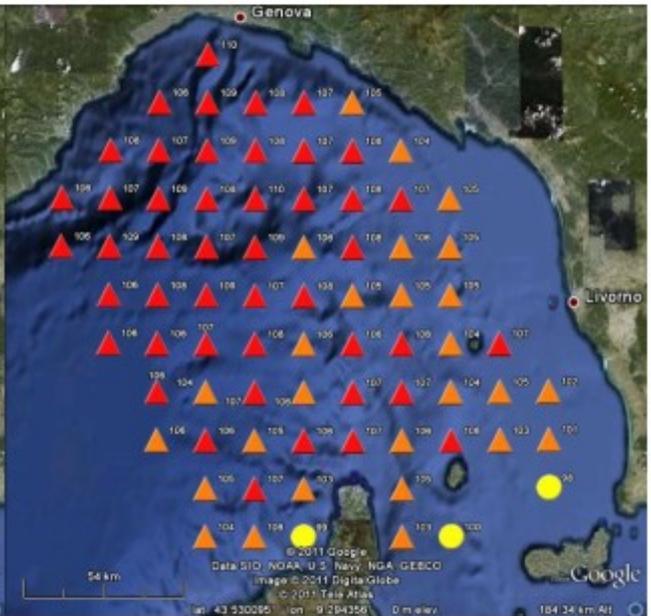
10 metri – 63 Hz



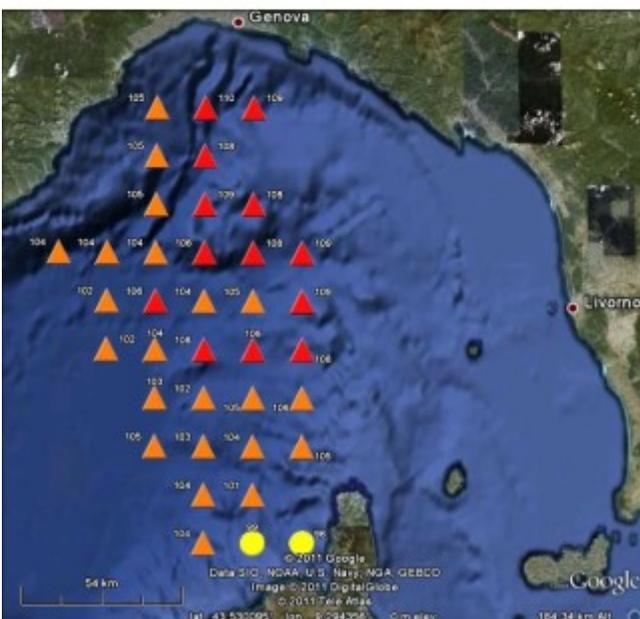
10 metri – 125 Hz



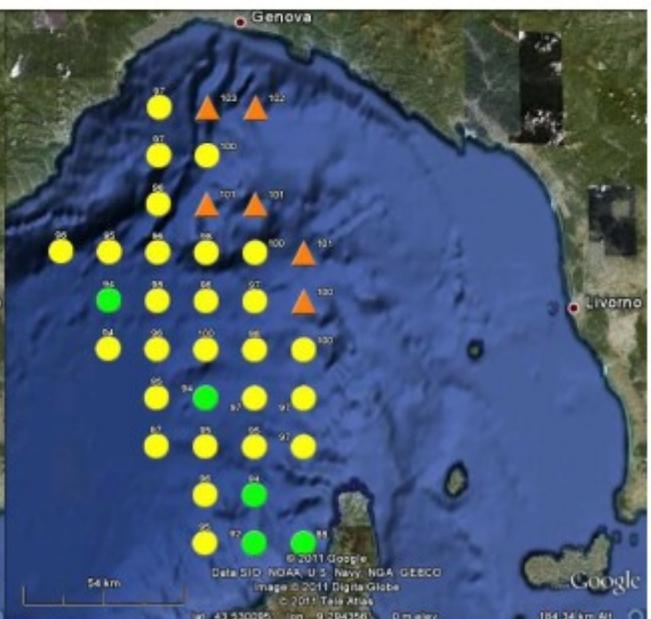
100 metri – 63 Hz



100 metri – 125 Hz

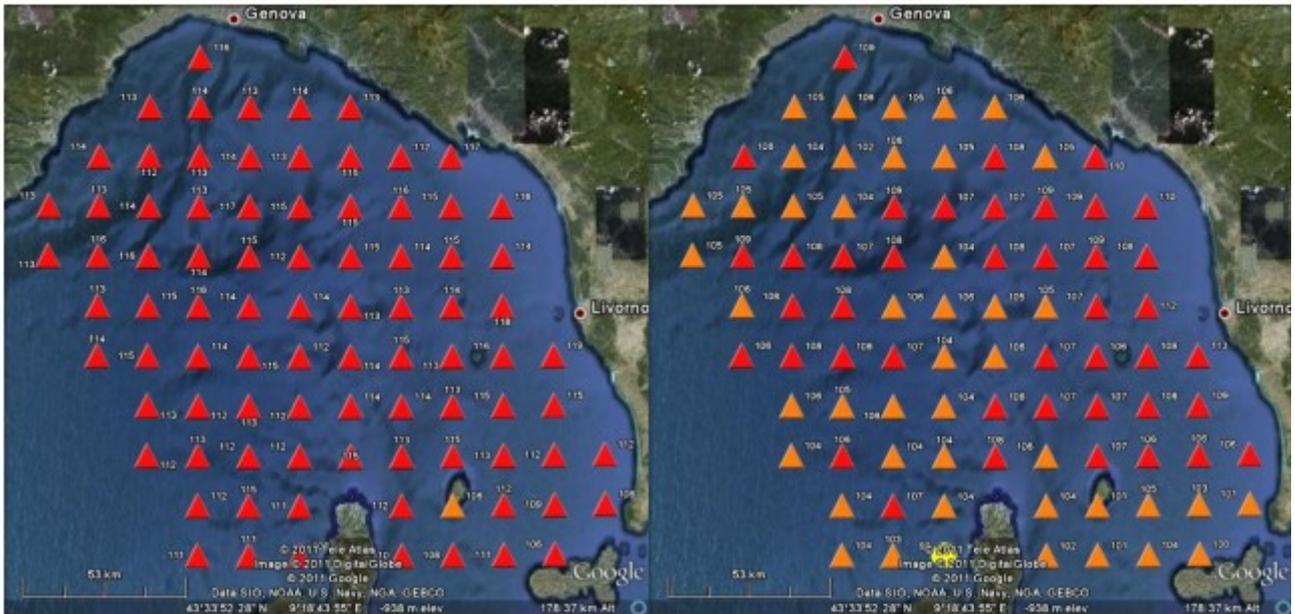


1000 metri – 63 Hz



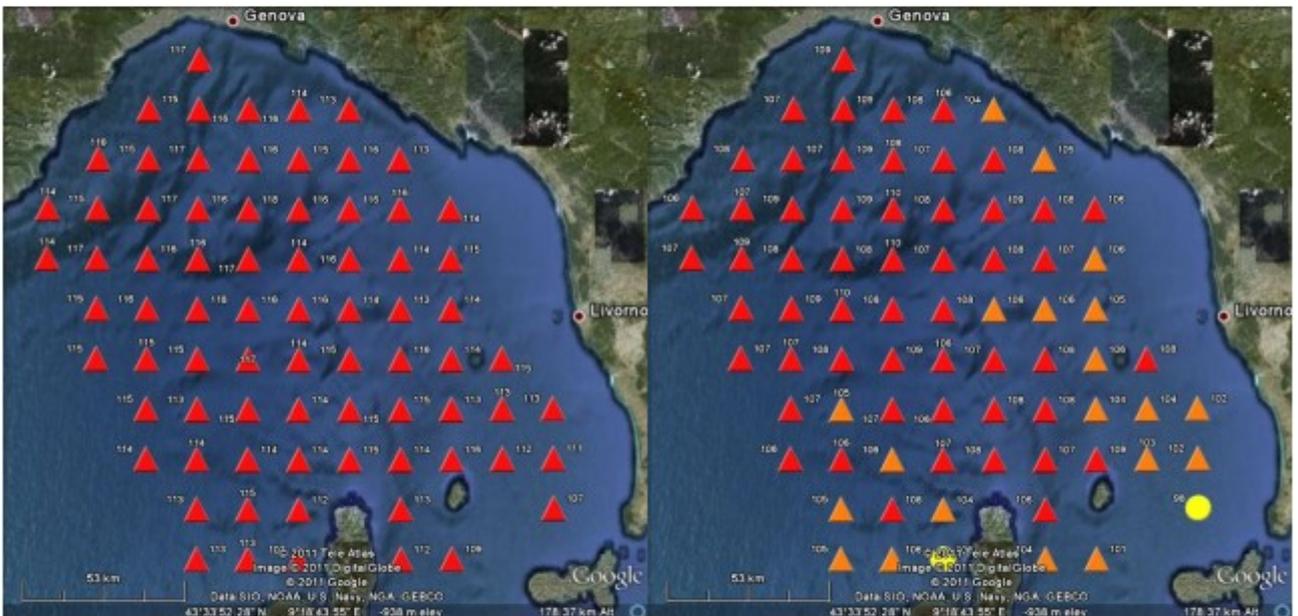
1000 metri – 125 Hz

# MARZO



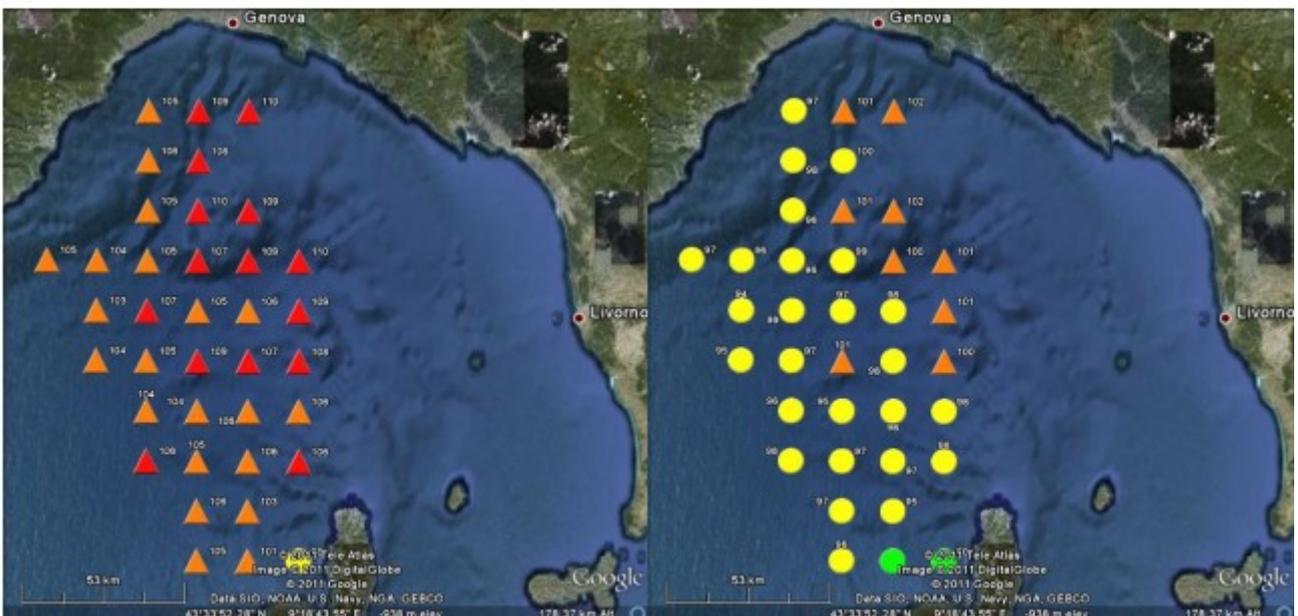
10 metri – 63 Hz

10 metri – 125 Hz



100 metri – 63 Hz

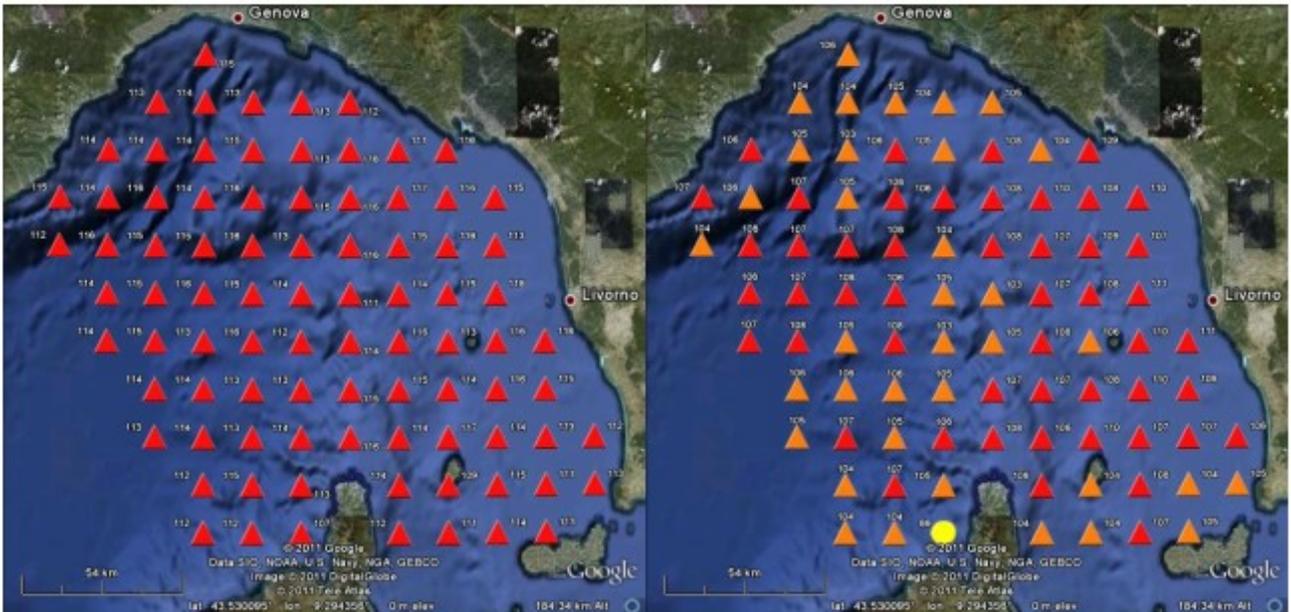
100 metri – 125 Hz



1000 metri – 63 Hz

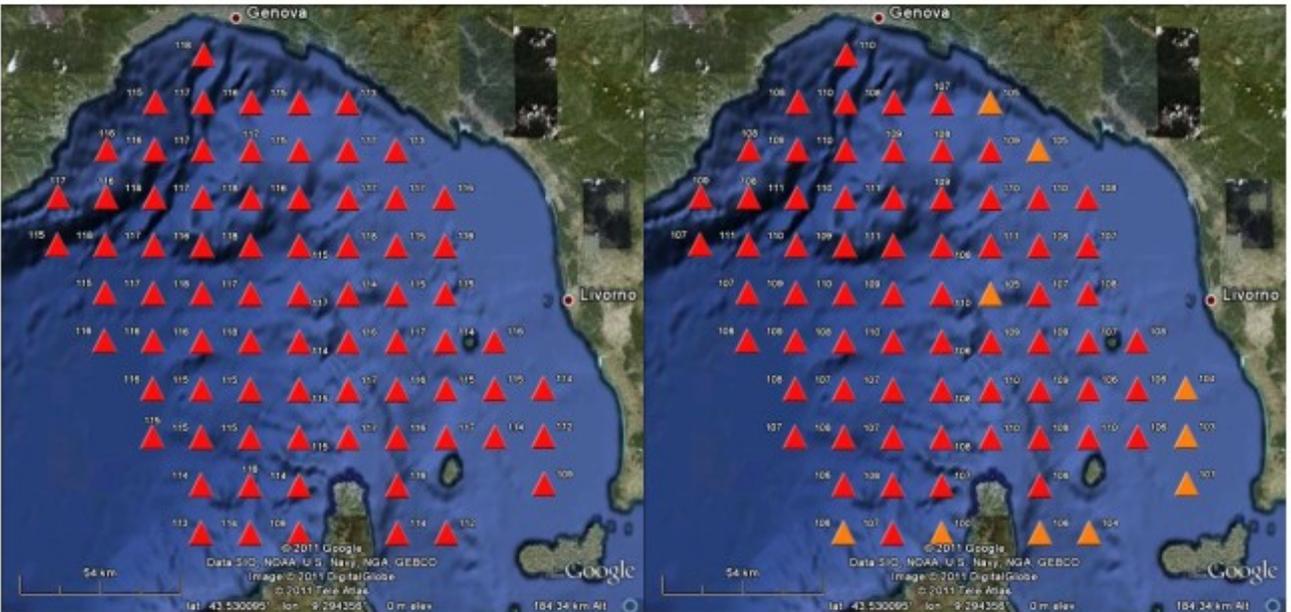
1000 metri – 125 Hz

# APRILE



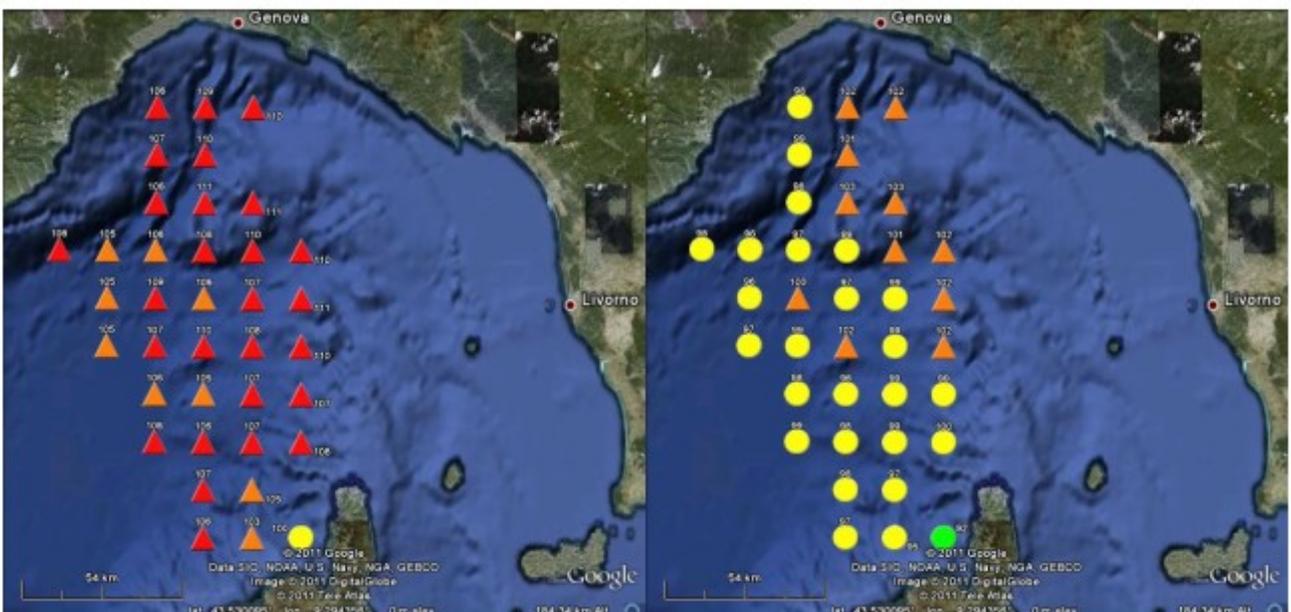
10 metri – 63 Hz

10 metri – 125 Hz



100 metri – 63 Hz

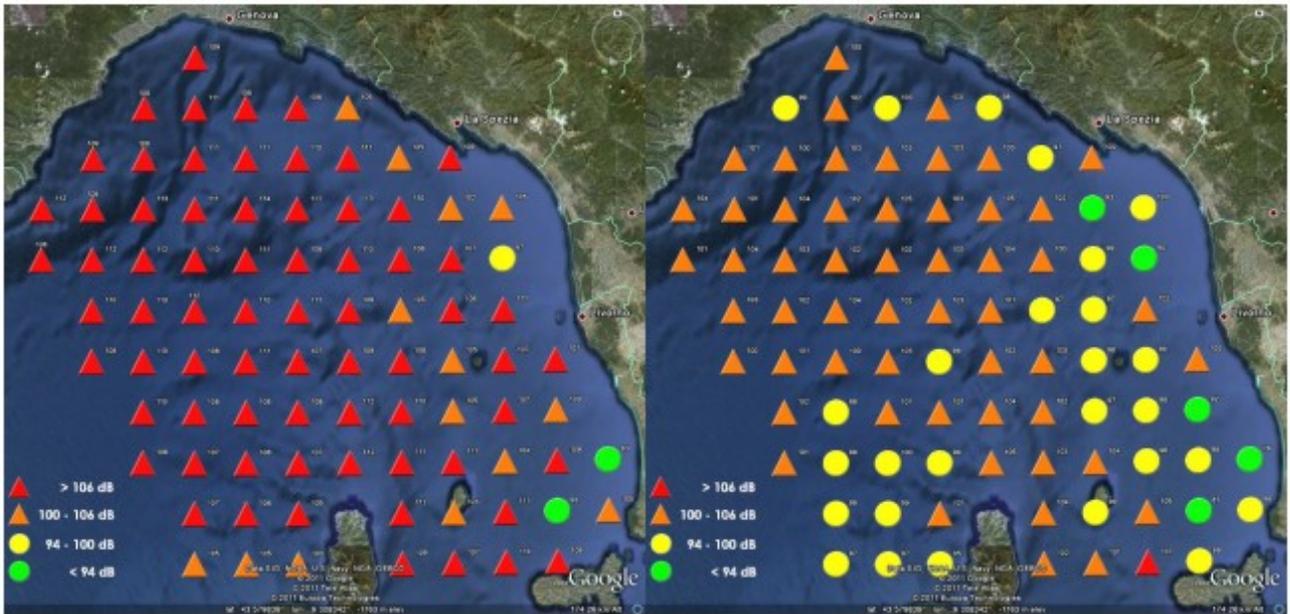
100 metri – 125 Hz



1000 metri – 63 Hz

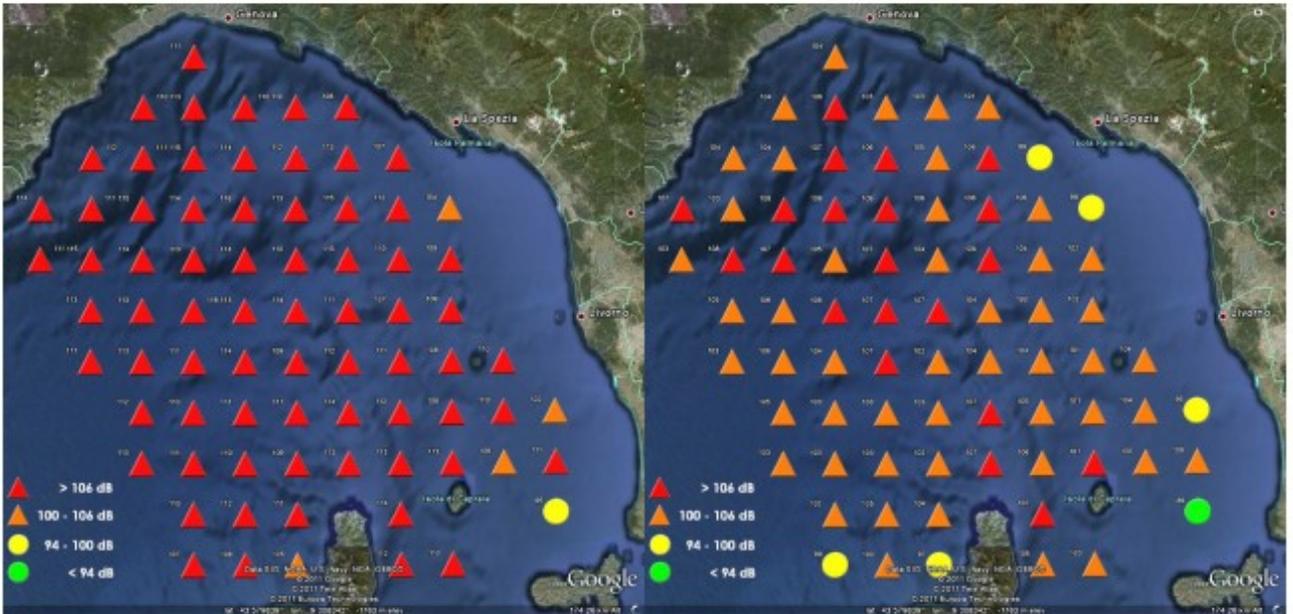
1000 metri – 125 Hz

# GIUGNO



10 metri – 63 Hz

10 metri – 125 Hz



100 metri – 63 Hz

100 metri – 125 Hz



1000 metri – 63 Hz

1000 metri – 125 Hz

## Bibliografia

Evans, D.L., England, G.R. 2001. Joint Interim Report: Bahamas Marine Mammal Stranding Event of 15-16 March 2000. Unpublished Report. U. S. Department of Commerce and U. S. Navy, 61 pp. Online at [http://www.nmfs.noaa.gov/prot\\_res/overview/Interim\\_Bahamas\\_Report.pdf](http://www.nmfs.noaa.gov/prot_res/overview/Interim_Bahamas_Report.pdf).

Gordon, J.C.D., Gillespie, D., Potter, J., Frantzis, A., Simmonds, M., Swift, R., Thompson, D. 2004. A review of the effects of Seismic Survey on Marine Mammals. *Marine Technology Society Journal*, **37**(4):14-34.

Hildebrand, J. 2005. Impacts of anthropogenic sound. In: J.E. Reynolds III, W.F. Perrin, R.R. Reeves, S. Montgomery, and T.J. Ragen (eds), *Marine mammal research: conservation beyond crisis*. Johns Hopkins University Press, Baltimore, Maryland.

Payne R., Webb, D. 1971. Orientation by means of long range acoustic signalling in baleen whales. *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, **188**:110-141.

National Research Council (NRC). 2000. Marine Mammals and Low-Frequency Sound Washington, DC: National Academy Press. 146 pp.

NRC. 2003. Ocean Noise and Marine Mammals. Washington, DC: National Academy Press. 192 pp.

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) 2001. Joint Interim Report Bahamas Marine Mammal Stranding Event of 15-16 March 2000. NOAA Ocean Acoustics Program, 1-66. Online at <http://www.nmfs.noaa.gov/pr/acoustics/>

Richardson, W.J., Greene, C.R.Jr., Malme, C.I., Thomson, D.H.n. 1995. Marine Mammals and Noise. Academic Press.