

# **INQUINAMENTO ACUSTICO IN AMBIENTE MARINO**

*A cura di:* Flavia DI CESARE  
A.A. 2016-2017

L'essere umano ha ormai occupato e alterato qualsiasi tipo di ecosistema sulla terra.

Il disturbo antropico è, infatti, ormai presente in quasi tutte le parti del mondo.

Di recente, a tutte le forme di inquinamento più conosciute e studiate, si aggiunge quella acustica che, dopo essersi impossessata con violenza delle nostre metropoli, ha trovato un nuovo habitat nelle profondità dell'oceano.

Recenti studi attribuiscono all'eccessivo rumore subacqueo la responsabilità di numerose morti e spiaggiamenti di diverse creature marine, in particolar modo i cefalopodi e i cetacei. Le fonti principali di questo inquinamento sono state individuate nella navigazione, nell'attività di estrazione di gas e petrolio dai fondali, in quella di ricerca dei relativi giacimenti e, soprattutto, nell'utilizzo dei sonar attivi da parte delle navi militari e commerciali.

La quantità di suoni subacquei è aumentata significativamente nel corso del secolo scorso, tanto da aver coperto quasi totalmente i rumori sottomarini naturali.

## **INTRODUZIONE**

Gli invertebrati (perlopiù crostacei), pesci, e mammiferi acquatici (cetacei e pinnipedi) sfruttano il suono come strumento di comunicazione e di visione subacquea, ma ora si trovano ad affrontare un ambiente alterato dall'inquinamento acustico dovuto ad attività umane.

Questi animali vivendo in un ambiente scarsamente illuminato, nel quale la vista non può essere il senso principale, si basano quasi esclusivamente sul suono per conoscere ciò che li circonda. L'emissione e la ricezione dei suoni, infatti, rappresentano un elemento importante per la vita di molti organismi acquatici: per la comunicazione sessuale, per la percezione dell'ambiente, per la cattura delle prede.

I loro segnali sonori si integrano al rumore naturale dell'ambiente formando un insieme acustico complesso, al quale contribuisce sempre più

anche l'uomo con una forma di inquinamento, quello acustico, che ha numerosi impatti sulla loro vita.

Fra i mammiferi marini sono soprattutto i Cetacei Odontoceti (delfini, orche, capodogli) e Mysticeti (balene) ad avere sviluppato specifici adattamenti per sfruttare al meglio il suono come strumento di comunicazione su grandi distanze, nonché di “visione” subacquea tramite l'ecolocalizzazione (biosonar).

### **Ma a cosa è dovuto esattamente questo inquinamento e perché è così dannoso per la fauna marina?**

Il suono si propaga sotto la superficie dell'acqua in modo più efficiente e veloce che nell'aria e su distanze molto maggiori. È fondamentale comprendere che soprattutto il suono a bassa frequenza si sposta molto bene in acqua e che i suoni forti a bassa frequenza possono essere uditi da animali in aree molto vaste (fino al livello di interi bacini oceanici). Questo aspetto può avere implicazioni importanti relativamente alla gestione delle aree protette, poiché le fonti di rumore che hanno un impatto significativamente negativo sugli animali all'interno dell'area potrebbero avere origine a decine o centinaia di chilometri di distanza.

Alcuni di questi suoni hanno natura geofisica, come la pioggia, le onde, i movimenti dei ghiacci e i terremoti, altri invece, biologica, come quelli prodotti da numerose specie marine per orientarsi, nutrirsi, comunicare e proteggersi; a questi tipi di rumore gli animali si sono adattati nel corso dell'evoluzione sviluppando una curva di sensibilità uditiva e schemi di comunicazione adeguati.

Purtroppo, a questi suoni naturali, se ne aggiungono molti altri prodotti dall'uomo, caratterizzati da un'intensità e una diffusione tali, da aver quasi completamente coperto i rumori dell'ambiente marino.

### **LIVELLI DI RUMORE**

Numerosi studi hanno individuato livelli di pressione acustica che inducono

reazioni (allontanamento, deviazione di rotta, cessazione o alterazione delle vocalizzazioni) già a partire da 120 dB, perdita di sensibilità uditiva temporanea (TTS) intorno a 160 dB e perdita definitiva di sensibilità (PTS) a livelli superiori a 180 dB. Inoltre la durata e la ripetizione del disturbo, riducono sensibilmente i sopra indicati livelli soglia e per questo sono state definite anche delle soglie di esposizione cumulativa.

Si pensi che l'inquinamento acustico rilevato nel Mediterraneo è nell'ordine dei 190-230 dB di picco e di 160-180 dB per i segnali tonali (continui).

Queste conoscenze sono però limitate a poche specie e pertanto i livelli di attenzione sono generalmente modellati non a livello di specie ma a livello di gruppi di specie con caratteristiche uditive e comportamentali simili.

## **FONTI PRINCIPALI DI RUMORE IN MARE**

Una delle principali cause di questo inquinamento è l'**attività di ricerca dei giacimenti di combustibili fossili**. Si deve considerare il sempre più frequente impiego, da parte dell'industria del settore, del sistema delle prospezioni sismiche, che risulta ecologicamente distruttivo. Il metodo utilizzato per individuare i depositi di gas e petrolio consiste, infatti, nella scansione dell'intera zona prescelta mediante dei dispositivi detti "**airguns**" (cannoni d'aria) che, trainati da apposite navi, emettono suoni per via dell'introduzione in una camera stagna di aria ad altissimi livelli di pressione che, rilasciata istantaneamente genera onde sonore sottomarine: l'eco di questi suoni, riflessi dal fondale, rivela presenza, profondità e tipologia del giacimento.

Gli "spari", che continuano per settimane o mesi al ritmo di uno ogni 10-12 secondi, toccano i 260 decibel. Un livello intollerabile (anche per l'uomo) che a cetacei e pesci può provocare la perdita dell'udito.

La forma di rumore antropico più devastante sugli ecosistemi marini, però, è quella prodotta dai **sonar attivi**, utilizzati per scopi militari o civili, in

grado di produrre onde che si diffondono per centinaia di chilometri in mare. E' scientificamente provato che l'utilizzo di questi dispositivi di localizzazione può provocare, in alcune specie, in particolare nei cetacei, oltre al già grave effetto di mascheramento (in cui l'aggiunta di rumore etero-prodotto al naturale suono di fondo dell'ambiente, rende più difficile all'animale interessato rilevare un segnale particolare come suoni di comunicazione, eco-localizzazione e suoni provenienti da prede o predatori), anomalie nel comportamento, perdita temporanea o permanente dell'udito, lesioni gravi e, in alcuni casi, persino la morte.

Nel corso degli ultimi anni si sono documentati, in ogni parte degli oceani, numerosi e frequenti episodi di spiaggiamenti di mammiferi marini, sempre in concomitanza con esercitazioni di navi militari che utilizzavano apparecchiature sonar. Analisi necroscopiche sui cetacei e approfonditi studi in materia da parte di istituti scientifici ed altri enti di ricerca, hanno fornito prove inconfutabili circa il nesso di causalità sussistente tra l'utilizzo dei sonar e la morte degli animali.

Il rumore, però, anche se di non elevata intensità ma diffuso su ampie aree, come avviene con il **traffico navale**, può agire in modo subdolo e difficilmente identificabile: può interferire con i processi di comunicazione fra gli animali mascherandone i segnali; può quindi limitare la capacità degli animali di comunicare, di chiamarsi e di riconoscersi ad esempio nel periodo riproduttivo, ma anche di segnalare situazioni di pericolo o di individuare ostacoli e prede tramite il biosonar.

Se subito estensivamente, protratto nel tempo, il rumore può produrre stress, alterazioni del comportamento, o indurre l'allontanamento da determinate aree o dalle usuali rotte di migrazione, con effetti sulle popolazioni e imprevedibili conseguenze ecologiche per l'ambiente marino.

## **EFFETTI SULLA FAUNA**

Per molti anni si è ritenuto che alcuni spiaggiamenti di massa fossero determinati dai sonar navali, ma solo nel 1996 se ne è avuta evidenza con lo spiaggiamento di massa di zifi nella baia di Kyparissia, in Grecia; successivi studi hanno consentito di correlare episodi di spiaggiamenti con esercitazioni navali a partire già dagli anni '60 evidenziando la estrema sensibilità al

rumore del gruppo degli Zifidi.

In un altro episodio, 17 zifi si sono spiaggiati nelle Bahamas nel marzo del 2000 a seguito di esercitazioni fatte con i sonar dalla marina americana. Quest'ultima ammise, dopo l'autopsia, che le balene morte avevano subito emorragie alle orecchie provocate acusticamente e che la conseguente perdita dell'orientamento aveva portato agli spiaggiamenti. Ken Balcomb, esperto di



balene, si è specializzato sulle orche che popolano lo Stretto di Juan de Fuca tra lo stato di Washington e le Vancouver Island.

I suoi studi sugli spiaggiamenti lo hanno portato a concludere che i potenti impulsi dei sonar mandano in risonanza le

sacche d'aria interne alle balene, lacerando i tessuti intorno alle orecchie e al cervello.

Un altro modo con cui i sonar danneggiano le balene è tramite una sorta di malattia da decompressione. Se ne è parlato per la prima volta dopo l'esame necrologico di 14 zifidi arenatisi nelle Isole Canarie. Gli spiaggiamenti si verificarono il 24 settembre 2002, vicino a una zona che era stata sede di una esercitazione navale internazionale, circa 4 ore dopo l'attivazione di un sonar a media frequenza.

Gli esami riportarono un danno acuto ai tessuti provocati da lesioni da bolla di gas, indicative di una malattia da decompressione. Non si conosce l'esatto meccanismo tramite il quale il sonar provoca la formazione di bolle di gas. Potrebbe essere causato da un attacco di panico delle balene che riemergono troppo velocemente nel tentativo di allontanarsi dagli impulsi dei sonar.

I Cetacei non sembrerebbero le sole specie minacciate dalle attività antropiche, in quanto anche i cefalopodi risulterebbero fortemente traumatizzati da questi eventi.

Secondo uno studio, pubblicato sulla rivista *Frontiers in Ecologia e Ambiente*, la morte di migliaia di calamari di Humboldt, al largo della costa dell'Oregon

nel 2004 e nel 2008 non è riconducibile a variazioni di correnti ma all'inquinamento acustico che ha fatto letteralmente esplodere le teste degli animali, dimostrando che i suoni a bassa frequenza, causano lesioni negli organi sensoriali di calamari, octopus e seppie. Partendo da questo caso, gli scienziati hanno esaminato in laboratorio gli effetti dell'esposizione a basse frequenze in quattro specie di cefalopodi, riproducendo, così, condizioni simili a quelle dei calamari nelle Asturie. Tutti i calamari, gli octopus e le seppie in esame hanno mostrato un intenso trauma acustico che ha portato a gravi lesioni nelle loro strutture uditive. In particolare, i ricercatori hanno esposto 87 individui cefalopodi per un periodo di tempo breve a onde di intensità relativamente bassa (suoni a bassa frequenza tra i 50 e i 400 Hertz) ed esaminato i loro statocisti. Gli statocisti sono strutture simili a piccole sfere piene di liquido che aiutano questi invertebrati a mantenere l'equilibrio e la posizione – simili al sistema vestibolare dei mammiferi.

I risultati degli scienziati hanno confermato che gli statocisti giocano un ruolo importante nella percezione dei suoni a bassa frequenza nei cefalopodi. Successivamente all'esposizione ai suoni a bassa frequenza, i cefalopodi mostravano anche danni alle ciglia dell'epitelio sensoriale degli statocisti.

Con il passare del tempo, le fibre nervose si gonfiavano e comparivano grandi fori; queste lesioni divenivano gradualmente più pronunciate negli individui che venivano esaminati diverse ore dopo l'esposizione. In altre parole, i danni al sistema uditivo dei cefalopodi emergevano immediatamente dopo l'esposizione a questo tipo di onde.

Tutti gli individui esposti ai suoni, se paragonati con altri non sottoposti alle stesse condizioni e privi di tali danni, avevano subito un trauma acustico.



Il team leader dello studio Michel André, dell'Università Tecnica della Catalogna, a Barcellona, si chiede “Se un'intensità relativamente bassa e una breve esposizione durante il nostro studio può causare traumi così seri, allora l'impatto di continui e intensi

rumori dell'inquinamento negli oceani potrebbe essere considerevole. Per esempio, possiamo prevedere che dal momento che gli statocisti sono responsabili dell'equilibrio e dell'orientamento, i danni indotti dai rumori a queste strutture potrebbero similmente influenzare l'abilità dei predatori di cacciare, evitare i predatori e anche riprodursi; in altre parole, questo non sarebbe compatibile con la vita”. La loro sopravvivenza, quindi, sarebbe compromessa.

## **NORMATIVA NAZIONALE E INTERNAZIONALE DI RIFERIMENTO**

Come visto, l'inquinamento acustico ha molteplici effetti sugli animali marini ed è sempre più considerato a livello legislativo e di gestione delle strategie di conservazione. A partire dagli anni '90 numerosi Enti e organizzazioni (IWC, ICES, IMO, ACCOBAMS, ASCOBANS, Marine Militari) hanno proposto linee guida di vario tipo per la riduzione del rumore subacqueo e la mitigazione dei relativi effetti, in particolare per quanto riguarda sonar e prospezioni geosismiche.

Sotto il profilo giuridico il suono costituisce una forma di energia e l'introduzione di rumore e quindi di energia nell'ambiente marino da parte dell'uomo è considerata come una forma di inquinamento. Nella Convenzione sul diritto del mare (UNCLOS) del 1982 all'art. 1, infatti, l'inquinamento è definito come “introduzione diretta o indiretta, ad opera dell'uomo, di sostanze o energia nell'ambiente marino ivi compresi gli estuari, che provochi o possa presumibilmente provocare effetti deleteri quali il danneggiamento delle risorse biologiche e della vita marina”.

Inoltre, come riportato dai membri del Foro intergovernativo sul cambiamento climatico (IPCC, *Intergovernmental Panel on Climate Change*) il crescente livello di acidificazione dei mari, dovuto alle maggiori quantità di diossido di carbonio disciolto (CO<sub>2</sub>) nell'acqua, provoca un aumento dell'inquinamento acustico sottomarino, poiché a una crescita del grado di acidità corrisponde una riduzione della capacità dell'acqua di assorbire e attenuare le frequenze acustiche. Il cambiamento nella composizione chimica dell'acqua del mare equivarrebbe, attualmente, a una diminuzione del 10% della sua capacità di assorbire i suoni a bassa frequenza, rispetto a prima della Rivoluzione Industriale.

A meno che non si riduca l'emissione di gas serra l'acidità nei mari e negli oceani potrebbe raggiungere, entro il 2050, un livello tale che il rumore causato dalle navi sino a quello generato dai cannoni sismici viaggerebbe su distanze maggiori del 70% rispetto alle attuali.

Alla luce di quanto sopra, la Comunità Europea ha emanato una Direttiva Quadro sulla Strategia Marina (2008/56/CE), recepita dall'Italia con Dlgs. 190/2010, in cui il rumore diventa un parametro di qualità dell'ambiente marino.

La Direttiva Europea quindi, riconosce il rumore come elemento negativo per la qualità dell'ambiente marino, e identifica due principali categorie: il rumore impulsivo (localizzato e limitato nel tempo) di elevata potenza (prospezioni geosismiche con airgun, sonar sia militari che civili, costruzioni offshore con piantapali), e il rumore continuo a bassa frequenza (soprattutto dovuto al traffico navale). In questo ultimo ambito, la consapevolezza che il rumore di origine navale è un fenomeno continuo e ubiquitario ha indotto l'IMO (International Maritime Organization) a redigere linee guida per la riduzione del rumore irradiato dalle navi raccomandando ai costruttori l'adozione di idonee soluzioni progettuali e alle compagnie di navigazione l'adozione di interventi di manutenzione specifici (MEPC66/17, 2013).

Inoltre tra i vari accordi, in particolare c'è l'ASCOBANS, (Accordo per la protezione dei piccoli cetacei nel Mar Baltico e nel Mare del Nord), che nel 2003 ha disposto l'obbligo per gli Stati contraenti di ridurre concretamente l'impatto sui mammiferi marini del rumore derivante dal traffico navale, dai rilievi sismici e dai sonar militari e l'ACCOBAMS (Accordo per la conservazione dei cetacei nel Mediterraneo, nel Mar Nero e nella contigua



area atlantica), di cui è parte anche l'Italia, nel cui ambito l'anno successivo si è adottata una risoluzione per evidenziare la potenzialità lesiva di questo tipo d'inquinamento su alcune specie marine.

Di fondamentale rilievo, riguardo alla difesa dall'inquinamento, è quindi il ruolo di chi è preposto al governo degli Stati. I politici dovrebbero non solo provvedere a emanare leggi a tutela dell'ambiente, ma anche far sì che tali leggi vengano poi rispettate, perché spesso avviene che le norme esistono, ma i controlli effettuati dalle autorità sono insufficienti.

Per esempio, in un territorio come l'Alaska (in cui le grandi industrie competono per effettuare ricerca di giacimenti petroliferi) prima di operare sul suolo con l'airgun, viene richiesto di creare dei modelli grafici relativi all'andamento del suono nell'acqua in modo da utilizzarli limitandone l'impatto sulla fauna marina.

Oltre a questi grafici sono spesso richieste delle misurazioni del bacino per confermare o rivedere le previsioni del modello grafico.

Andando a comparare i modelli grafici con le misurazioni effettive, dal 2006 al 2012, si è visto che i grafici teorici si allontanavano di molto dai valori effettivi, questo per tre motivi fondamentali:

- ◆ La grande variabilità dell'ecosistema marino (molto difficile da prevedere)
- ◆ L'applicazione di fattori correttivi precauzionali (c'è quindi una correzione forzata dei valori previsti, già a volte poco realistici)
- ◆ Interpretazione dei dati (che spesso tralascia fattori importanti nella valutazione)

Di fatto una comprensione maggiore della realtà relativa alla scarsa compatibilità tra i due tipi di studio, aiuterebbe a limitare i danni causati dall'airgun.

Gli Stati devono quindi cooperare, direttamente o tramite le competenti organizzazioni internazionali, al fine di promuovere studi e sviluppare programmi di ricerca scientifica sull'inquinamento acustico sottomarino, scambiandosi informazioni e dati al riguardo e aggiornando le rispettive normative sulla base dei risultati acquisiti. Gli stessi sono chiamati, inoltre, a garantire la protezione di tutte le specie a rischio.

Solo in questo modo si riuscirà a far sì che l'ambiente marino, che costituisce un patrimonio prezioso, sia protetto, salvaguardato e, ove possibile, risanato al fine di preservare la biodiversità e migliorare le condizioni di mari ed oceani, ormai già ampiamente compromessi dall'uomo.



### **Sitografia-bibliografia:**

[www.isprambiente.gov.it/it/temi/biodiversita/convenzioni-e-accordi-multilaterali/agreement-on-the-conservation-of-cetaceans-in-the-black-sea-mediterranean-sea-and-contiguous-atlantic-area-accobams](http://www.isprambiente.gov.it/it/temi/biodiversita/convenzioni-e-accordi-multilaterali/agreement-on-the-conservation-of-cetaceans-in-the-black-sea-mediterranean-sea-and-contiguous-atlantic-area-accobams)

[www.ambientediritto.it/dottrina/Dottrina\\_2009/inquinamento\\_acustico\\_sotto\\_marino\\_cristofaro.htm#9](http://www.ambientediritto.it/dottrina/Dottrina_2009/inquinamento_acustico_sotto_marino_cristofaro.htm#9)

[www.arpat.toscana.it/documentazione/report/la-bioacustica-marina-per-lo-studio-dei-cetacei-nella-implementazione-della-marine-strategy-in-italia](http://www.arpat.toscana.it/documentazione/report/la-bioacustica-marina-per-lo-studio-dei-cetacei-nella-implementazione-della-marine-strategy-in-italia)

[www.agentifisici.isprambiente.it/normativa-rumore-subacqueo.html](http://www.agentifisici.isprambiente.it/normativa-rumore-subacqueo.html)

[wikipedia.org/wiki/Spiaggiamento\\_di\\_cetacei](http://wikipedia.org/wiki/Spiaggiamento_di_cetacei)

[www.focus.it/ambiente/ecologia/cetacei-mappa-acustica-del-mediterraneo](http://www.focus.it/ambiente/ecologia/cetacei-mappa-acustica-del-mediterraneo)

PubMed, LAMA Ecological, BP Exploration Alaska, Inc.

Arpat Toscana, Rivista Italiana di Acustica Vol. 39, 2015