

Primo rapporto sugli effetti per l'ecosistema marino della tecnica dell'airgun

4.2 Ricognizione dello stato delle autorizzazioni rilasciate dal Ministero dello Sviluppo Economico nel periodo 2015-2016

Tutti i dati riportati nel presente paragrafo sono desunti dal sito web del Ministero dello Sviluppo Economico - Direzione generale per la sicurezza dell'approvvigionamento e le infrastrutture energetiche (DGSAIE) - Divisione VII - Rilascio e gestione titoli minerari, espropri, royalties (<http://unmig.mise.gov.it/dgsaie/dgsaie.asp>) che è l'autorità competente al rilascio dei permessi di prospezione, di ricerca e delle concessioni di coltivazione di idrocarburi ed alla gestione delle relative entrate economiche. Nel sito della DGSAIE-Divisione VII è possibile acquisire tutte le informazioni relative alle istanze per il rilascio di titoli minerari, alle royalties, canoni ed espropri.

Dalle informazioni riportate sul citato sito web del Ministero dello Sviluppo Economico, **per nessuno dei 19 progetti di prospezione e ricerca idrocarburi per i quali è stata conclusa la procedura di VIA con esito positivo nel periodo 2015-2016 è stata rilasciata l'autorizzazione (titolo minerario) da parte del Ministero dello Sviluppo Economico.**

In particolare, 8 istanze di permesso di ricerca risultano in fase decisoria, ovvero nella fase, successiva all'emanazione del provvedimento di VIA, che va dalla Conferenza dei Servizi per l'acquisizione dei pareri alla successiva emanazione del decreto di conferimento del titolo minerario da parte del MISE.

Per 2 permessi di ricerca già rilasciati (nell'ambito dei quali l'operatore ha effettuato la VIA per svolgere indagini geofisiche) risulta richiesta dall'operatore e concessa dal MISE la sospensione del decorso temporale del permesso già titolo minerario (dal 26 settembre 2014 al 26 settembre 2016) motivata dalla necessità di adempiere alle specifiche prescrizioni previste dal decreto VIA e di effettuare le verifiche di ottemperanza imposte legate ad operazioni da eseguire *ante operam*, propedeutiche all'acquisizione del rilievo sismico 3D (monitoraggi). Si tratta, nello specifico, delle due procedure di verifica di ottemperanza delle prescrizioni citate nel precedente capitolo, che risultano attualmente in corso presso il Ministero dell'Ambiente.

Primo rapporto sugli effetti per l'ecosistema marino della tecnica dell'airgun

Nell'ambito dei titoli minerari vigenti, non risultano ad oggi permessi di prospezione idrocarburi autorizzati dal Ministero dello Sviluppo Economico (<http://unmig.mise.gov.it/dgsaie/titoli/titoli.asp>).

4.3 Esiti contenziosi contro i provvedimenti di VIA nazionale

In merito all'utilizzo della tecnica dell'*airgun*, Enti territoriali, singoli Comuni e associazioni ambientaliste hanno presentato 53 ricorsi contro i provvedimenti di VIA con cui il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare ha rilasciato giudizio positivo di compatibilità ambientale per progetti di prospezione e ricerca di idrocarburi nel Mar Adriatico e del Mar Ionio.

I ricorsi sono stati presentati al TAR Lazio dalle regioni Puglia, Calabria, Basilicata, dalla Provincia di Teramo, dai Comuni di Ostuni (Br) e Amendolara (Cs) (ricorsi plurimi) e da diversi altri Comuni.

I ricorrenti hanno eccepito, con motivi sostanzialmente identici in tutti i ricorsi, le violazioni di seguito elencate:

1. Difetto di istruttoria omesso richiamo di un parere rilevante del procedimento.
2. Eccesso di potere. Contraddittorietà, difetto di istruttoria, travisamento, abnormità procedimentale.
3. Violazione dell'articolo 5 del Decreto legislativo n. 152/2006. Violazione del principio impositivo della valutazione di impatto ambientale cumulativa.
4. Omessa valutazione dell'impatto ambientale transfrontaliero.
5. Violazione del principio di precauzione di cui all'art. 3-ter del D.Lgs. n. 152/2006 e ss.mm.ii.
6. Violazione della direttiva 2008/56/CE recepita con D.Lgs. n. 190/2010 (Strategia per l'Ambiente Marino).
7. Violazione della direttiva 2013/30/UE sulla sicurezza delle operazioni in mare nel settore degli idrocarburi.
8. Carenza di istruttoria del Ministero dei Beni e delle Attività Culturali. Difetto o insufficiente motivazione dei pareri della CTVA e delle prescrizioni ivi contenute.
9. Impugnativa della art. 38 comma 1 bis del D.L. n. 133/2014 e del Decreto MISE del 25.03.2015, mancata istituzione del Tavolo Tecnico Permanente.

Primo rapporto sugli effetti per l'ecosistema marino della tecnica dell'airgun

Alle suddette censure, il Ministero dell'Ambiente ha replicato con le seguenti principali motivazioni.

- In Italia le risorse minerarie appartengono al patrimonio indisponibile dello Stato. Non procedendo direttamente al loro sfruttamento, l'Amministrazione assegna questo compito in concessione ad operatori privati, dopo averne verificato le capacità tecnico-economiche e mantenendo comunque sullo svolgimento delle attività una vigilanza finalizzata ai controlli sulla sicurezza ed a garantire il buon governo dei giacimenti, oltre che il puntuale rispetto della normativa che disciplina l'intero settore *upstream* degli idrocarburi (prospezione, ricerca e coltivazione degli idrocarburi liquidi e gassosi nella terraferma e nelle aree marine ricadenti sotto la giurisdizione nazionale).

- La Commissione VIA/VAS del Ministero dell'Ambiente si esprime unicamente in merito alla compatibilità ambientale dei progetti presentati. Le aree di ricerca, la loro definizione, e l'attribuzione alle diverse società sono di competenza esclusiva del Ministero dello Sviluppo Economico. La Commissione VIA/VAS del Ministero Ambiente avendo accesso, come tutti, ai dati del Ministero dello Sviluppo Economico ha valutato non soltanto le singole istanze dei proponenti, riferite alle singole aree, ma anche il complesso del sistema di ricerca di idrocarburi nelle aree interessate dalle istanze.

Tra le censure formulate vi è quella afferente al fatto che l'attività di prospezione e ricerca di idrocarburi sia profondamente impattante sull'ambiente e che in proposito vi siano criticità non considerate o poco approfondite da parte della Commissione Tecnica VIA/VAS del Ministero dell'Ambiente. In proposito il Ministero dell'Ambiente ha argomentato, con motivazioni condivise dal Tribunale Amministrativo, che il progetto valutato dal punto di vista ambientale dalla Commissione VIA/VAS si riferisce unicamente a permessi di indagine non distruttiva, con la tecnica dell'*airgun*, escludendo qualsiasi operazione di ricerca diretta ed escavazione di pozzi di prova. Le autorizzazioni concesse in questa fase permettono soltanto di acquisire studi e conoscenze in merito ad eventuali possibilità future di sfruttamento, la cui compatibilità ambientale dovrà essere valutata ulteriormente con un nuovo e specifico procedimento di VIA.

Tra le altre principali motivazioni di carattere procedurale e tecnico, contenute nei

Primo rapporto sugli effetti per l'ecosistema marino della tecnica dell'airgun

ricorsi presentati, si segnalano:

- mancata considerazione nell'ambito dell'istruttoria di VIA del parere integrativo reso da talune Regioni;
- distanza delle attività dalla costa;
- durata delle attività;
- effetti del rumore sugli organismi acquatici (con particolare riferimento ai mammiferi marini);
- impatto cumulativo.

La magistratura amministrativa ha ritenuto meritevoli di accoglimento le argomentazioni tecnico-difensive del Ministero dell'Ambiente, rigettando tutti i ricorsi ad oggi proposti e statuendo in maniera chiara e definitiva che la fase di prospezione legata all'indagine sismica con il conseguente utilizzo della tecnica dell'*airgun*, possa essere oggetto di positiva valutazione ambientale, non essendo invasiva né dannosa per l'ambiente.

Si segnala inoltre che nell'iter di approvazione parlamentare della legge n. 68/2015 (sui c.d. "ecoreati") è stato proposto al Senato l'emendamento al disegno di legge (art. 452 undecies – Ispezione fondali marini) che individuava come fattispecie di reato l'impiego dell'*airgun* per le attività di ricerca e di ispezione dei fondali marini finalizzate alla coltivazione di idrocarburi.

"Art. 452- undecies. -- (Ispezione fondali marini) -- Chiunque, per le attività di ricerca e di ispezione dei fondali marini finalizzate alla coltivazione di idrocarburi, utilizza la tecnica dell'airgun, o altre tecniche esplosive è punito con la reclusione da uno a tre anni".

A seguito di tale proposta la Comunità scientifica italiana ha mostrato al Governo la propria netta e motivata contrarietà (Allegato 2), pur evidenziando la necessità che le procedure e le pratiche disponibili per la minimizzazione dell'impatto ambientale siano rigorosamente rispettate. Alle relazioni difensive del Ministero dell'Ambiente presentate per i ricorsi è stato allegato il contributo dei principali Enti di ricerca in merito alla ipotesi di emendamento legislativo finalizzato all'inserimento dell'utilizzo della tecnica *airgun* tra gli eco reati.

Primo rapporto sugli effetti per l'ecosistema marino della tecnica dell'airgun

4.4 Ricerca scientifica

Per il rilievi di geofisica marina finalizzati alla ricerca scientifica esiste un'ampia gamma di energizzatori acustici utilizzabili da quasi tutte le navi oceanografiche nelle loro campagne: dai metodi acustici ad altissima frequenza, capaci di fornire immagini dettagliate del fondo marino (prevalentemente *side-scan*, *sonar*, *Compressed High-Intensity Radiated Pulse* – CHIRP e multibeam), alla strumentazione utile ad indagare i primi livelli del sottosuolo (*sub bottom profilers*), fino alla sismica profonda con sorgenti di tipo monocanale ad alta risoluzione e bassa penetrazione (*sparker*) o di tipo multicanale, ad alta penetrazione (*airgun*).

Anche le campagne oceanografiche svolte nel Mediterraneo ed in particolare nelle acque territoriali italiane, hanno utilizzato tali strumentazioni - spesso in maniera combinata - per ottenere, ad esempio, informazioni relative alla individuazione e ricostruzione degli andamenti geometrici delle unità geologiche costituenti il sottofondo marino, finalizzate alla comprensione dell'evoluzione degli ambienti deposizionali utili per ricostruzioni paleogeografiche e paleoambientali. Tali metodologie sono inoltre state utilizzate per tomografie sismiche volte alla comprensione delle strutture vulcano-tettoniche profonde ed all'individuazione delle camere magmatiche di complessi vulcanici.

Ai fini della stesura del presente Rapporto i dati relativi alle campagne di indagine sismica a mare per ricerca scientifica con utilizzo della tecnica *airgun* sono stati richiesti ai principali Enti ed Istituti Nazionali di Ricerca (CNR, INGV, INFS, ISPRA, OGS, CIBRA, CoNISMa), al Ministero degli Affari Esteri e della Cooperazione Internazionale e al Corpo delle Capitanerie di Porto – Guardia Costiera. Informazioni sono state fornite dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), (informazioni relative ad una singola campagna oceanografica), dall'Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale (OGS) e dal Ministero degli Affari Esteri e della Cooperazione Internazionale – Direzione Generale per l'Unione Europea - Ufficio VII - Paesi dell'Europa meridionale e mediterranea.

I dati del CNR sono stati reperiti sul sito istituzionale dell'Ente, che rende disponibile in rete una considerevole e dettagliata mole di rapporti tecnici riguardanti le campagne effettuate a mare dai propri istituti. Tutte le informazioni reperite, integrate

Primo rapporto sugli effetti per l'ecosistema marino della tecnica dell'airgun

con quelle estratte da pubblicazioni scientifiche, relative a campagne condotte tra gli anni 2001 e 2015, sono rappresentate nei grafici e nelle tabelle restituite nell'Allegato 3 e rappresentano un quadro d'insieme delle diverse tecnologie utilizzate per le prospezioni sismiche finalizzate alla ricerca scientifica nel Mediterraneo.

L'analisi della documentazione scientifica ha permesso un primo *screening* delle informazioni associate alle campagne di prospezioni *airgun* effettuate dagli Enti di Ricerca nei nostri mari ed in zone contigue che si possono sintetizzare nei seguenti punti:

- Le aree di indagine afferiscono al Golfo di Provenza, al Mar Ligure, al Margine Ovest della Sardegna, al Mare di Alghero-Balearico, all'Alto Adriatico, al Canale d'Otranto, al Mar Tirreno centro-meridionale, al Mare Ionio ed alla Scarpata di Malta;
- Sono state realizzate con navi oceanografiche battenti bandiera italiana, francese, spagnola e greca;
- I cannoni *airgun*, spesso disposti in batterie, hanno volumetrie complessive di scoppio comprese tra gli 0,2 l e gli 85,2 l, con una media che si attesta tra il litro e 4-5 litri;
- la pressione di esercizio varia tra i 90 *bar* ed i 180 *bar* (9000 – 18000 kPa)
- durante la navigazione, che si svolge di norma a bassa velocità, gli intervalli di scoppio variano tra i 12,5 ed i 50 metri;
- gli *array* di cannoni *airgun* sono posti ad una profondità variabile tra 1.5 e 15 m dal pelo libero del mare.

Nei grafici seguenti sono riassunti i dati complessivi disponibili relativi alle campagne *airgun* eseguite negli anni dal 2001 al 2015 dal settore della ricerca scientifica, di interesse per le acque marine nazionali e zone limitrofe di altri Stati costieri.

Primo rapporto sugli effetti per l'ecosistema marino della tecnica dell'airgun

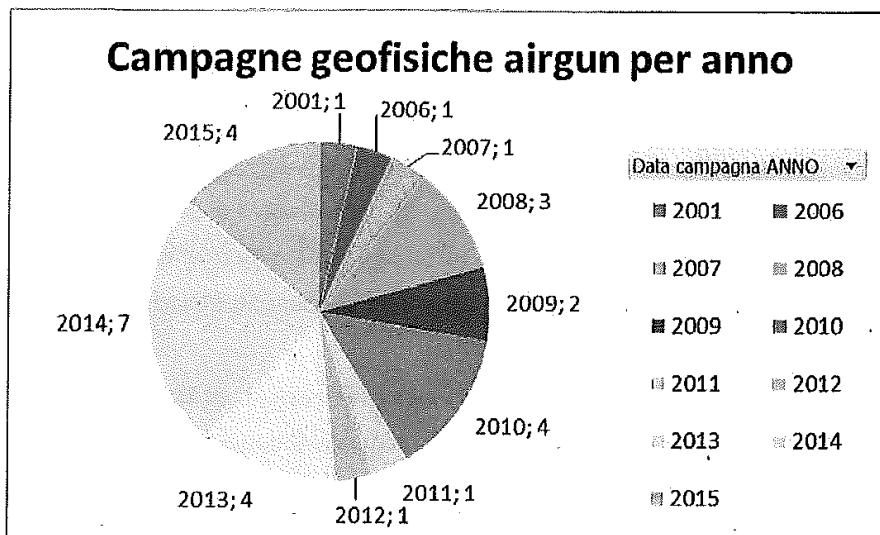


Grafico 1 : Numero campagne *airgun* eseguite negli anni 2001-2015 dal settore della ricerca scientifica

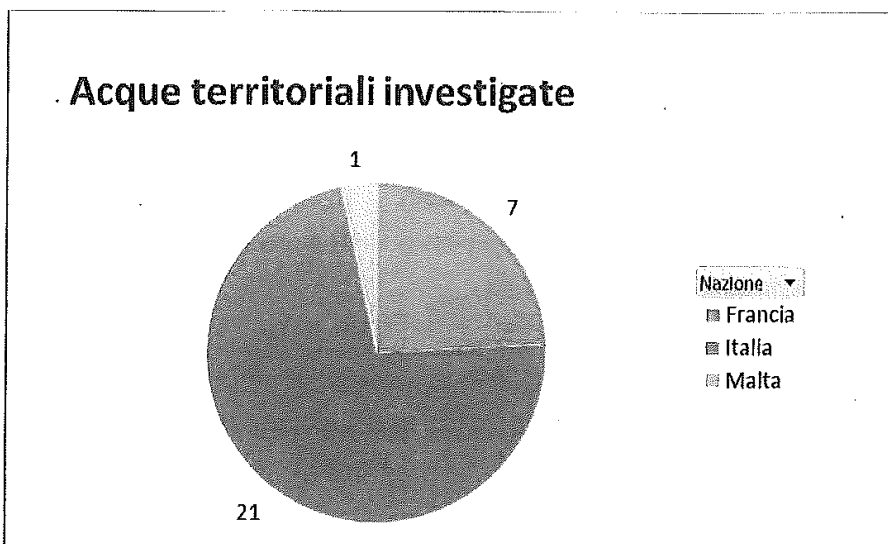


Grafico 2 - Acque territoriali interessate da campagne *airgun* eseguite dal settore della ricerca scientifica (anni 2001-2015)

Primo rapporto sugli effetti per l'ecosistema marino della tecnica dell'airgun

5 Impatti sugli ecosistemi marini, stato delle conoscenze

Secondo la definizione d'inquinamento marino data dal GESAMP³, l'organismo consultivo delle Nazioni Unite, "pollution means the introduction by man, directly or indirectly, of substances or energy into the marine environment (including estuaries) resulting in such deleterious effects as harm to living resources, hazards to human health, hindrance to marine activities including fishing, impairment of quality for use of sea water and reduction of amenities"⁴ (GESAMP, 1969), quello acustico, causato dall'immissione nell'ambiente marino di energia in forma di suono, è una delle forme di inquinamento più comuni, peraltro non circoscrivibile e quindi transfrontaliero.

Nelle righe che seguono si vogliono rendere disponibili, in particolare ai non specialisti, i risultati delle indagini scientifiche pertinenti al tema degli "effetti sull'ecosistema marino della tecnica dell'airgun" pubblicate soprattutto nell'ultimo decennio. L'indagine bibliografica condotta ha riguardato lavori su riviste nazionali e internazionali pubblicati sino all'inizio del 2016.

I risultati della ricognizione esperita su detta letteratura scientifica, possono essere sintetizzati nel pensiero espresso in una pubblicazione del Dipartimento "pesca e oceani" canadese: "... From the evidence available, it can be concluded that seismic sounds in the marine environment are neither completely without consequences nor are they certain to result in serious and irreversible harm to the environment"⁵ (Department of Fisheries and Oceans, Environment Canada, 2004).

Questa conclusione è evidentemente applicabile a "conseguenze", quali "danni all'ambiente", che siano "serie" e "irreversibili" dando per assunto che conseguenze meno "serie" e reversibili, vale a dire, temporanee sia rispetto al ciclo vitale dell'individuo sia per gli equilibri ecosistemici, non sono considerate. Si potrebbe obiettare l'opinabilità di un tale approccio, ma lo studio della letteratura esaminata

³ GESAMP: Joint (IMO/FAO/UNESCO/WMO/WHO/AEA/UN/UNEP) Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection (formerly Marine Pollution).

⁴ "... introduzione diretta o indiretta da parte umana, di sostanze o energia nell'ambiente marino ... che provochi effetti deleteri quali danno alle risorse viventi, rischio per la salute umana, ostacolo alle attività marittime compresa la pesca, deterioramento della qualità dell'acqua marina e riduzione delle attrattive".

⁵ "... dalle evidenze disponibili si può concludere che i suoni sismici in ambiente marino non sono completamente senza conseguenze come non sono certamente imputabili di effetti seri e irreversibili".

Primo rapporto sugli effetti per l'ecosistema marino della tecnica dell'airgun

permette di considerare indubbiamente irrilevanti osservazioni di "effetti" molto difficilmente o niente affatto percepibili con gli strumenti a disposizione della ricerca più avanzata. Ad esempio, è molto difficile immaginare evidenze scientifiche di danno temporaneo, in organismi provvisti di recettori acustici e di un "linguaggio" basato su suoni, indotto dal "disturbo alla comunicazione" provocato dal rumore isolato e sporadico di un *airgun*. Posto che le caratteristiche fisiche del rumore siano adeguate e il campione della popolazione della specie osservata sia significativo in termini di numerosità degli individui esaminati, un danno all'ecosistema può evidenziarsi qualora si osservino e misurino, in individui ripetutamente esposti al rumore, reazioni comportamentali anomale che alterano, ad esempio, la vita di relazione, compromettendo le capacità di riprodursi. In altri termini, qualora le "conseguenze" dell'esposizione alla sorgente rumorosa siano "serie" e "irreversibili".

Considerato che la misura, in un dato periodo di tempo, del "benessere" degli organismi animali che popolano un ecosistema marino può ben rappresentare lo stato degli equilibri di quel determinato ecosistema, pare opportuno sottolineare l'evidenza della scarsità di conoscenze disponibili sugli effetti inquinanti del rumore a carico della stragrande maggioranza degli organismi marini. Questa carenza di conoscenze è documentata, in particolare, dallo scarso numero di pubblicazioni dedicate alle interazioni rumore/invertebrati. Pertanto, una disamina degli "effetti sull'ecosistema marino" dell'uso di sorgenti di rumore quali l'*airgun* non può che riguardare osservazioni e scoperte documentate di effetti sui pochi gruppi animali indagati. Circa la possibilità di evidenziare alterazioni significative agli equilibri ecosistemici ascrivibili direttamente all'impiego di cannoni ad aria in mare, questa è esclusa sia dalla molteplicità e contemporaneità delle sorgenti di danno sia dalla complessità degli equilibri che regolano l'omeostasi di un ecosistema. Inoltre, l'*airgun* è uno strumento usato al traino di un natante che producendo rumore, riscaldamento dell'acqua, ricaduta di fumi, eccetera, inevitabilmente provoca alterazioni all'ecosistema pelagico che attraverso la cui persistenza e rilevanza possono essere analoghe a quelle prodotte dallo strumento *per se*.

Gli ecosistemi che potenzialmente sono maggiormente soggetti all'uso di *airgun* appartengono al *pelagos* del largo e gli studi reperiti e di seguito delineati, riguardano

Primo rapporto sugli effetti per l'ecosistema marino della tecnica dell'airgun

organismi propri di quel dominio.

Le caratteristiche dell'immissione sonora che possono determinare effetti sugli organismi marini sono:

- a. la frequenza delle onde acustiche (espressa in Hertz, Hz), parametro da considerarsi in relazione allo spettro uditivo delle specie prese in considerazione;
- b. il picco di pressione o energia riferito all'ampiezza istantanea di variazione pressoria (espresso in decibel, dB riferito a 1 μ Pa), parametro rilevante per il rischio di trauma;
- c. la pressione media lungo un intervallo di tempo (*Root Mean Square pressure*, RMS), parametro più rilevante per gli effetti non traumatici ma cronici;
- d. il livello di esposizione sonora (*Sound Exposure Level*, SEL) ovvero una misura della dose di energia sonora ricevuta lungo un intervallo di tempo, in altri termini è misura dell' esposizione all'inquinante "rumore".

Gli effetti dell'esposizione al rumore descritti per primi negli organismi marini sono stati i cambiamenti delle reazioni comportamentali, i più evidenti. Reazioni comportamentali immediate sono state ampiamente documentate, in particolare nei mammiferi marini che mostrano la tendenza a evitare le aree in cui vengono prodotti i suoni o a fuggire da queste o a ridurre le loro vocalizzazioni quando esposti. Le possibili conseguenze a lungo termine, persistenti quindi, sono più difficili da rilevare negli organismi perché richiedono condizioni di osservazione più difficili da realizzare.

La letteratura scientifica consultata è stata vagliata tenendo conto delle diverse condizioni sperimentali adottate negli esperimenti fatti con pesci o invertebrati.

Raramente la documentazione scientifica riporta in maniera dettagliata le caratteristiche delle emissioni sonore utilizzate nelle condizioni sperimentali.

Sebbene la maggior parte degli studi scientifici riportino le interazioni tra l'impiego di *airgun* e specie rientranti nell'elenco di quelle considerate in pericolo (soprattutto mammiferi e rettili marini), molti lavori evidenziano un potenziale rischio anche per

Primo rapporto sugli effetti per l'ecosistema marino della tecnica dell'airgun

altri organismi marini, in particolare pesci e cefalopodi.

Di seguito viene proposta una disamina delle pubblicazioni rilevanti sull'argomento.

5.1 Effetti sui pesci

Le frequenze emesse dall'*airgun* (20-150 Hz) rientrano nello spettro uditivo dei pesci (50-3000 Hz) e sono dunque da ritenersi potenzialmente responsabili di disturbi comportamentali e fisiologici a danno della fauna ittica. Gli effetti possono essere di vario genere e con diversi gradi di gravità, comunque non sono riportati casi di mortalità.

5.1.1 Effetti sul comportamento

Gli effetti che si può ipotizzare si verifichino sul comportamento dei pesci possono essere: risposta di allarme; cambiamento negli schemi di nuoto (aumento della velocità e variazione della direzione); cambiamento nella distribuzione verticale nella colonna d'acqua.

Questi effetti saranno di breve durata e in relazione con il tempo di esposizione al disturbo. L'effetto ecologico può essere considerato basso se si escludono circostanze particolari in cui il disturbo disperde aggregazioni riproduttive o provoca la deviazione da rotte migratorie. Gli effetti possono variare in tipologia e intensità secondo la specie e la classe di età degli individui osservati.

È dimostrato come la comunicazione acustica può essere limitata negli habitat con inquinamento acustico (Radford *et al.*, 2014; Amoser & Ladich, 2003). D'altronde, è noto che la comunicazione acustica tra pesci è importante per la sopravvivenza e per il successo riproduttivo (Rowe *et al.*, 2008; Verzijden *et al.*, 2010) e alterare tale comunicazione potrebbe andare a limitare le reazioni di allarme e fuga dai predatori (Simpson *et al.*, 2015) e i meccanismi di accoppiamento.

Varie reazioni comportamentali sono state descritte inoltre da alcuni autori che riportano come i pesci sottoposti a rumore antropogenico si spostino a profondità maggiori, si compattino in branchi, si immobilizzino (*freezing*) o diventino più attivi (Dalen and Knutsen, 1987; Pearson *et al.*, 1992; Skalski *et al.*, 1992; Santulli *et al.*, 1999; McCauley *et al.*, 2000; Slotte *et al.*, 2004).

Primo rapporto sugli effetti per l'ecosistema marino della tecnica dell'airgun

Questi comportamenti causati dal rumore sembrano avere anche una base fisiologica nei pesci in quanto sono accompagnati da incrementi della concentrazione degli ormoni dello *stress* come il cortisolo (Santulli *et al.* 1999). Lo *stress* causato dal rumore può influenzare negativamente i processi riproduttivi e di crescita nei pesci.

Lo studio di Wardle *et al.* (2001) invece descrive effetti poco significativi nella variazione di comportamento per il popolamento ittico e di invertebrati esposti a picchi sonori variabili intorno ai 200 dB (rel to 1 μ Pa).

5.1.2 Effetti fisiologici sull'udito

Una vasta gamma di impatti acustici sono stati osservati sui pesci (Weilgart, 2013). Essi vanno da un abbassamento della soglia uditiva fino alla compromissione delle strutture fisiologiche (orecchio interno e linea laterale). Gli effetti di spostamento della soglia uditiva sono temporanei o permanenti: *Temporary Threshold Shifts* [TTS] o *Permanent Threshold Shifts* [PTS].

Alcuni studi mostrano che gli *airgun* danneggiano ampiamente l'orecchio interno dei pesci presenti a distanze comprese tra 500 metri fino a diversi chilometri dai rilievi sismici. Una riduzione della sensibilità uditiva si può osservare come risultato di danni agli organi e strutture uditive, come le cellule ciliate e la linea laterale (Hastings *et al.* 1996; McCauley *et al.* 2003; Amoser *et al.* 2003; Smith *et al.* 2004). Lo studio di McCauley *et al.* 2003 mostra come l'orecchio interno dei pesci esposto alla pressione sonora di un *airgun* subisca ingenti danni al suo epitelio sensoriale che mostra l'ablazione delle cellule ciliate. Il danno osservato è stato considerato grave in regioni (*regionally severe*) localizzate dell'epitelio, senza evidenza di riparazione o sostituzione di cellule sensoriali danneggiate sino a 58 giorni dopo l'esposizione all'*airgun*.

Amoser *et al.*, 2003 descrivono gli effetti di un rumore bianco (ampio spettro) intenso e prolungato (158 dB re 1 μ Pa per 12 e 24 h) sulle capacità uditive di due specie d'acqua dolce (*Carassius auratus* e *Pimelodus pictus*) riportando una sensibile perdita di sensibilità (più di 26 dB in *C. auratus* e 32 dB in *P. pictus*). Inoltre la soglia uditiva si ripristinava dopo tre giorni per *C. auratus* e 14 giorni per *P. pictus*. Quindi, specie diverse possono essere affette con gradi di severità differenti in relazione alla

Primo rapporto sugli effetti per l'ecosistema marino della tecnica dell'airgun

loro sensibilità uditiva.

Popper *et al.*, 2005, invece, espongono ad *airgun* ($730 \text{ in}^3 = \text{circa } 12000 \text{ cm}^3$) pesci di acqua dolce disposti in gabbie a varie distanze e riportano sostanzialmente una assenza di conseguenze per l'apparato uditivo. Affermano però che lo studio non prende in considerazione attività sperimentali su scala maggiore: maggior numero e potenza di *airgun*, profondità maggiori del fondale ed esposizione più lunga.

Ci sono, inoltre, evidenze di altri effetti fisici alle strutture corporee di pesci ossei dovuti a immissioni sonore in acqua. Gli effetti registrati sono traumi sub-letali e letali e consistono in ernie e lacerazione della vescica natatoria, ematomi e emorragie del fegato, ematuria (sangue nelle urine) ecc. (Carlson, 2012; Casper *et al.*, 2013; Govoni *et al.*, 2003; Halvorsen *et al.*, 2012). Gli studi riguardano le perforazioni di tipo *pile driving* (per palificazioni, pale eoliche etc.) quindi con diverse caratteristiche della fonte sonora.

5.2 Effetti sulla pesca commerciale

Ci sono evidenze che possono indicare una diminuzione dei tassi di cattura da parte della pesca commerciale in conseguenza a prospezioni sismiche. Questo fenomeno sarebbe determinato da risposte comportamentali quali: spavento, allarme, evitamento, migrazione, perdita di equilibrio.

Vari autori hanno evidenziato un calo dei tassi di cattura dal 40% all' 80% di varie specie ittiche quali: merluzzi, aringhe, cicerelli (*sand eel*), *Sebastes* spp. (*rockfish*) (Dalen and Knutsen 1987; Løkkeborg 1991; Skalski *et al.* 1992; Engås *et al.*, 1993; Løkkeborg and Soldal, 1993. Engås *et al.* 1996; Hassel *et al.* 2004; Slotte *et al.* 2004). E' stato descritto come le detonazioni di *airgun* provochino reazioni di allarme nei merluzzi a distanze di 16-18 miglia nautiche dalla nave che effettua i rilevamenti sismici (Engås *et al.*, 1993). Il calo del tasso di cattura è si osservato dove erano state condotte di recente le prospezioni con *airgun* (Skalski *et al.*, 1992; Engås *et al.*, 1993; Løkkeborg and Soldal, 1993) e può perdurare per 5 giorni dopo l'esposizione. Løkkeborg e Soldal (1993) mostrarono che i tassi di cattura della pesca commerciale decrescono significativamente durante l'uso di *airgun* e gli effetti perdurano per 24 ore fino a una distanza di almeno 9 km. Ciò ha determinato anche richieste di

Primo rapporto sugli effetti per l'ecosistema marino della tecnica dell'airgun

compensazione da parte degli operatori della pesca norvegese.

Anche i tassi di cattura di un Gasteropode, il murice *Bolinus brandaris*, hanno subito un declino dopo l'esposizione ad *airgun* (Moriyasu *et al.* 2004). Non sono invece state osservate differenze significative nel tasso di cattura del granchio *Chionoecetes opilio* nelle acque di Halifax (Nova Scotia) prima e dopo la conduzione di un *survey* sismico sperimentale con l'impiego di *airgun* (Christian *et al.*, 2003).

Risultati contrastanti si evincono dallo studio sui gamberi di Andriguetto-Filho *et al.*, 2005 nelle rese della pesca a strascico prima e dopo l'uso di una batteria di *airgun* con picco sonoro a 196 dB (re 1 μ Pa a 1m) lungo la costa del Brasile. In questo caso non si riscontrarono effetti significativi, concludendo che lo *stock* dei gamberi è resistente (*resilient*) al disturbo degli *airgun*.

5.3 Effetti su uova e larve di invertebrati e pesci

I dati non sono esaustivi ma risultano evidenze che l'esposizione a suoni può provocare arresto nello sviluppo delle uova di organismi marini o sviluppo anomalo delle larve. De Soto *et al.*, 2013 osservano che larve del bivalve pecten (*Pecten novaezelandiae*) esposte a ripetuti impulsi sismici mostravano significativi ritardi di sviluppo e nel 46% dei casi anche malformazioni corporee potenzialmente dannose per la sopravvivenza. Lo sviluppo ritardato delle uova del granchio *Chionoecetes opilio* è stato osservato quando esposte sperimentalmente in vasca a suoni con frequenza di 221 dB originati a 2 metri di distanza (Christian *et al.*, 2003).

Anche altri autori affermano che l'impatto dei rilevamenti con *airgun* riduce la vitalità delle uova, aumenta la mortalità embrionale, e decrementa la crescita larvale quando uova e larve di pesci sono esposte a livelli di picco sonoro di 120 dB re 1 μ Pa (Kostyuchenko, 1973; Booman *et al.*, 1996). Le larve di rombo riportano danni alle cellule cerebrali e ai neuromasti (recettori pressori della linea laterale dei pesci costituiti da un gruppo di cellule ciliari ricoperte da una cupola gelatinosa, più o meno esposti all'ambiente esterno) (Booman *et al.* 1996). I neuromasti ricoprono una funzione importante nella reazione di fuga nelle giovani larve e quindi nella loro capacità di evitare i predatori.

Questi effetti risultano però concentrati nell'intorno della sorgente sonora: i dati

Primo rapporto sugli effetti per l'ecosistema marino della tecnica dell'airgun

disponibili in letteratura indicano infatti che la mortalità di uova e larve di pesci si verifica solo quando queste si trovano a pochi metri dall'*airgun* (Kostyuchenko, 1973). Inoltre, queste osservazioni sono fatte in condizioni sperimentali dove gli organismi sono sottoposti a un inquinamento acustico più intenso rispetto alle condizioni operative impiegate usualmente su campo.

Sostanzialmente l'effetto sembrerebbe inferiore o paragonabile al tasso di mortalità naturale e sarebbe quindi trascurabile (Sætre *and* Ona, 1996).

Non ci sono studi sull' eventuale variazione del tasso di reclutamento dei pesci o invertebrati marini.

5.4 Effetti sugli invertebrati

In letteratura sono reperibili osservazioni riferite in massima parte ai soli Cefalopodi, in particolare a proposito di effetti morfologici e ultrastrutturali causati da traumi acustici indotti sperimentalmente in quattro specie di Cefalopodi (André *et al.*, 2011) e delle possibili interazioni con il rumore di calamari giganti rinvenuti spiaggiati.

Come per i pesci, ci si può aspettare la stessa tipologia di risposta comportamentale negli schemi di movimento, aumento della velocità e della direzione e nella diversa distribuzione verticale nella colonna d'acqua. Questi effetti anche per gli invertebrati, saranno presumibilmente di breve durata e paragonabili al tempo di esposizione al disturbo. L'effetto ecologico è basso se si escludono circostanze particolari in cui il disturbo causa la dispersione durante le aggregazioni riproduttive o provoca la deviazione da rotte migratorie.

Bisogna considerare inoltre che la maggior parte degli invertebrati sono in grado di percepire i suoni di prospezioni acustiche solo a distanza molto ravvicinata (forse meno di 20 metri) attraverso i loro mecano-recettori; i cefalopodi costituiscono un'eccezione vista la loro sensibilità *far-field* a certi tipi di suono (McCauley, 1994).

Per quanto riguarda i cefalopodi ci sono alcune evidenze di traumi morfologici permanenti per quattro specie di calamari sottoposti ad esperimenti in condizioni controllate di esposizione a sorgenti sonore (intensità comprese tra 157 e 175 db comprese nel *range* di frequenze da 50 a 400 Hertz, André *et al.*, 2011). Questi calamari mostravano traumi estesi non compatibili con la vita o danni permanenti che compromettevano il senso dell'equilibrio e della posizione. In particolare sono stati

Primo rapporto sugli effetti per l'ecosistema marino della tecnica dell'airgun

osservati danni a carico delle statocisti, strutture specializzate nel permettere all'organismo di determinare la propria posizione e di mantenere l'equilibrio.

In alcuni lavori è stata evidenziata la correlazione tra spiaggiamenti di calamari giganti, nei quali sono stati osservati danni ad organi interni, e prospezioni sismiche effettuate in Nord Atlantico (André *et al.*, 2011; Guerra *et al.*, 2004; 2011). Tra settembre 2001 e ottobre 2003, lungo le coste dell'Asturia (Spagna), sono stati riportati significativi spiaggiamenti di calamari giganti coincidenti temporalmente con attività nell'area di prospezioni sismiche mediante *airgun* ad alta intensità e bassa frequenza (inferiore a 100 Hz). L'analisi autoptica ha rilevato la presenza di patologie e lesioni legate alle statocisti (André *et al.*, 2011). Anche Leite *et al.* (2016) riporta l'osservazione, effettuata proprio da un *Marine Mammal Observer* (MMO), di un calamaro gigante morto (*Architeuthis dux*) in concomitanza con prospezioni sismiche nel maggio del 2013 a largo delle coste brasiliane.

Sono possibili anche effetti fisiologici sugli invertebrati. Ad esempio in un bivalve, *Paphia aurea*, sottoposto a rumore sismico sono stati riscontrati sintomi di stress fisiologico evidenziati da alti livelli di sostanze quali idrocortisone, glucosio e lattato (Moriyasu *et al.* 2004).

5.5 Effetti sui rettili marini

I rettili marini hanno la capacità di rilevare stimoli acustici a bassa frequenza, indicando che la loro capacità uditiva rientra nel *range* di frequenza tipica degli *airgun* (10 – 500 Hz) (Nelms *et al.*, 2016).

Diversi studi hanno evidenziato atteggiamenti di allarme o di fuga come reazione immediata agli impulsi sonori emessi dagli *airgun* con pressione di 175 dB re 1 μ Pa (rms) o maggiore (O'Hara and Wilcox 1990; Moein *et al.*, 1994; McCauley *et al.*, 2000; Lenhardt, 2002). In termini generali, il loro comportamento diviene più erratico, indicando uno stato agitato dell'esemplare. E' però necessario precisare che a differenza dei mammiferi marini, è più difficile effettuare su campo l'osservazione visuale o acustica dei rettili marini e di conseguenza descriverne il comportamento (Nelms *et al.*, 2016).

I risultati di monitoraggi effettuati durante *survey* sismici hanno evidenziato risultati controversi. Ciononostante, diversi autori riportano un numero maggiore di