

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

down) in presenza di mammiferi marini;

- considerazione di un valore soglia del rumore inferiore per evitare non solo danni fisiologici ma anche disturbi comportamentali alla fauna acquatica. A questo fine si raccomanda la consultazione dei valori soglia definiti da Southall *et al.* (2007) in grado di generare disturbi comportamentali nelle diverse classi di Cetacei (Cetacei a bassa, media e alta frequenza);
- applicazione del monitoraggio acustico passivo (PAM) da utilizzare in condizioni di scarsa visibilità e comunque da affiancare costantemente a quello visivo. Si tratta di un sistema di idrofoni che viene calato nella colonna d'acqua per registrare i suoni emessi dai mammiferi marini, i quali vengono poi elaborati mediante software specializzato. Il PAM è fortemente raccomandato come strumento di mitigazione in quanto molto efficace nel rilevare la presenza di mammiferi marini in immersione, condizione che li rende particolarmente vulnerabili al rumore prodotto durante le prospezioni geofisiche;
- sviluppo di *software* specifici per l'analisi e l'elaborazione di suoni emessi dai Cetacei. Negli ultimi anni ne sono stati sviluppati diversi, fra cui il PAMguard (*passive acoustic monitoring* - PAM), un *software open source* sviluppato nell'ambito dell'*International Association of Oil and Gas Producers Joint Industry Project* (JIP), per supportare l'individuazione, la localizzazione e la classificazione di mammiferi marini tramite il PAM. Il PAMguard rappresenta oggi uno strumento estremamente utile ed innovativo anche se necessita ancora di alcuni accorgimenti prima di poter diventare pienamente operativo;
- verifica sul campo dei livelli di rumore e delle reali distanze di propagazione per constatare l'efficacia dell'estensione dell'area di sicurezza. Le misure devono essere ripetute ogni qualvolta cambiano le condizioni al contorno (profondità, tipo di fondale, temperatura dell'acqua, salinità, ecc.);
- qualora in condizioni particolari sorgessero incertezze circa la procedura da adottare, optare sempre per l'approccio più cautelativo.

Fase post-survey

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

Gli MMO (*Marine Mammals Observers*) presenti a bordo nave sono tenuti a spedire a MATTM e ISPRA copia del report di fine attività che comprenda come minimo le seguenti informazioni: data e luogo del *survey*, caratteristiche dell'*array* di *airgun*, numero e volume di ciascun *airgun*, numero e tipo di imbarcazioni utilizzate, durata del *soft start*, avvistamenti di mammiferi marini, procedure messe in atto in caso di avvistamenti, problemi incontrati durante il *survey* e/o in caso di avvistamento Cetacei.

Si rileva, infine, la possibilità di sviluppare in futuro tecnologie alternative che utilizzino sorgenti artificiali di segnali acustici a zero impatto sull'ambiente. A titolo di esempio, si può citare il funzionamento e le caratteristiche del vibratore marino che, seppure non costituisca una tecnologia affermata e diffusa (soprattutto a causa dei suoi elevati costi), evidenzia alcuni vantaggi rispetto all'*airgun* che potrebbero trovare uno sviluppo futuro a garanzia di una maggiore tutela dell'ambiente marino.

Nonostante le prospezioni geofisiche stiano diventando sempre più comuni nei mari di tutto il mondo, sono ancora moltissime le lacune e i quesiti irrisolti circa gli effetti negativi che possono determinare a livello della fauna acquatica ed in particolare dei mammiferi marini.

Ne consegue che diventa di fondamentale importanza mettere in atto tutte le possibili misure preventive e di mitigazione per minimizzarne l'impatto acustico, a maggior ragione in un mare come il Mediterraneo, noto per la sua biodiversità, ma anche per la sua estrema vulnerabilità all'inquinamento, incluso quello acustico.

Di seguito, si riportano alcune raccomandazioni che si ritiene possano ottimizzare l'efficacia delle misure di mitigazione in eventuali prospezioni geofisiche da effettuarsi nei mari italiani: servirsi di personale tecnico altamente specializzato, in particolare, per ricoprire il ruolo di osservatore *Marine Mammal Observer* (MMO) e di tecnico per il PAM, monitoraggio acustico passivo, si richiede un'esperienza pluriennale nel campo. In particolare, MMO deve dimostrare una spiccata familiarità con le specie di Cetacei presenti nei nostri mari. Per quanto concerne il PAM, molti dei sistemi oggi in uso non sono in grado di rilevare con adeguata accuratezza la distanza a cui si trovano gli animali rispetto alla sorgente del rumore; ne consegue l'importanza di affidarsi ad acustici esperti in grado di distinguere vocalizzazioni vicine da quelle

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

provenienti da una zona sicuramente esterna all'area di sicurezza. Nella maggior parte dei casi sarà il giudizio dell'esperto a decidere se il *soft start* deve essere ritardato per la presenza ravvicinata di Cetacei o meno. In tutti i casi, si raccomanda che, qualora sia previsto l'utilizzo del PAM nel corso di una prospezione geofisica, il Proponente fornisca al Ministero vigilante e ad ISPRA una descrizione dettagliata del sistema e del suo funzionamento. E' necessario assicurarsi che tutti i dati validi dal punto di vista scientifico derivanti da linee sismiche esistenti vengano, quando possibile, riutilizzati. A tal fine, è necessario che il Proponente effettui il censimento delle linee sismiche preesistenti nell'area di indagine e fornisca una valida motivazione qualora decidesse di non utilizzarle.

E' importante, inoltre, pianificare almeno una visita ispettiva a bordo della nave utilizzata per i rilievi (il numero di controlli può variare in base alla durata dell'attività di prospezione) da parte del Ministero vigilante.

6.3 Misure di mitigazione dei potenziali impatti ambientali prescritte dai decreti VIA

Al fine di corrispondere al principio generale della massima precauzione nella valutazione dei progetti di prospezione e ricerca di idrocarburi in mare, la Commissione Tecnica per la Verifica dell'Impatto Ambientale VIA e VAS (CTVA) ha adottato, da circa due anni, un quadro prescrittivo comune per tutti i progetti assoggettati a VIA conclusi con esito positivo, al fine di tutelare i mammiferi marini ed altre specie sensibili in mare dai potenziali impatti causati dal rumore derivante dall'utilizzo di *airgun*.

Il quadro prescrittivo prevede numerosi adempimenti da parte del proponente da attuarsi prima dell'avvio delle attività, durante le attività e successivamente alla loro conclusione, finalizzate sia alla mitigazione dei potenziali impatti mediante l'adozione di specifiche procedure operative e gestionali che al monitoraggio, quale misura preventiva che consente di definire le caratteristiche dell'ambiente marino e delle popolazioni di Cetacei prima dell'avvio delle attività, di attuare azioni di mitigazione in tempo reale nel corso delle attività e di controllare le eventuali alterazioni indotte successivamente alla loro attuazione.

Le misure di mitigazione e monitoraggio prescritte nei decreti VIA per le attività di prospezione sismica si attengono rigorosamente alle linee guida internazionali

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

sviluppate dal Joint Nature Conservation Committee (*JNCC, Guidelines for minimising the risk of injury and disturbance to marine mammals from seismic surveys*, Agosto 2010) e nell'ambito dell'Accordo per la Conservazione dei Cetacei nel Mediterraneo, nel Mar Nero e nelle contigue aree atlantiche (*ACCOBAMS*, ancora non ratificato dall'Italia) finalizzate alla riduzione degli impatti del rumore antropogenico sui Cetacei (linee guida generali e linee guida per le ricerche sismiche e l'uso dell'*airgun*) optando sempre per l'approccio più cautelativo.

Tutti gli adempimenti derivanti dalle prescrizioni associate ai decreti VIA prevedono specifiche tempistiche per la verifica dell'ottemperanza delle stesse da parte del Ministero dell'Ambiente e/o dell'ISPRA in qualità di Enti vigilanti, che risultano vincolanti per l'effettiva attuazione della attività di prospezione sismica.

Si evidenzia che, come riportato nel Capitolo 4.1, alla data di redazione del presente rapporto sono pervenute al Ministero dell'Ambiente solo due procedure di verifica di ottemperanza delle prescrizioni contenute in un provvedimento di VIA emanato nel 2015 per un progetto di prospezione geofisica 3D nell' Adriatico Meridionale, inerenti il piano di monitoraggio e di mitigazione degli effetti delle prospezioni geofisiche sui mammiferi marini.

Si riporta nel seguito uno schema di quadro prescrittivo contenuto nei pareri emanati dalla CTVA negli ultimi due anni, fatte salve eventuali ulteriori/diverse prescrizioni connesse alla specificità del progetto e nei relativi provvedimenti di VIA conclusi con esito positivo relativi a progetti di prospezione e ricerca di idrocarburi in mare che prevedono indagini geofisiche mediante l'utilizzo dell'*airgun*.

Lo schema di quadro prescrittivo è suddiviso nei principali ambiti di applicazione finalizzati a garantire la piena compatibilità ambientale delle attività in questione (monitoraggio, misure di mitigazione, aspetti progettuali e gestionali connessi direttamente o indirettamente al monitoraggio e alle mitigazioni).

Si evidenzia che la CTVA, applicando profusamente il principio di precauzione, ha introdotto nell'ambito dei quadri prescrittivi un protocollo di monitoraggio bioacustico come strumento di prevenzione degli impatti sulla cetofauna, per tutte le prospezioni sismiche effettuate mediante *airgun*.

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

7 Prospettive di approfondimento

Sulla base dei dati raccolti e degli elementi scientifici ad oggi acquisiti, emerge la necessità di affrontare con modalità coordinate approfondimenti circa gli effetti sugli ecosistemi marini derivanti dalle attività di prospezione con l'utilizzo di sorgenti *airgun*.

Gli studi sugli impatti del rumore degli *airgun* hanno riguardato, negli ultimi decenni, qualche decina di specie appartenenti a vari taxa tra Mammiferi marini, Rettili, Pesci e Molluschi.

Considerate le difficoltà che si manifestano nell'affrontare indagini di questo tipo, soprattutto nel dominio pelagico, si ritiene necessario per l'anno 2017, istituire con gli Enti di Ricerca competenti per i vari profili di interesse uno specifico Gruppo di lavoro, finalizzato a raccogliere in modo sistematico le esperienze tecnico-scientifiche in corso a livello internazionale e nazionale nonché a definire una serie di parametri necessari per monitorare e valutare gli impatti sugli ecosistemi marini, anche con riferimento ai singoli taxa.

Appare inoltre opportuno implementare la raccolta sistematica di informazioni e dati a livello sub-regionale, in raccordo con quanto già previsto in sede di Strategia marina nazionale per lo specifico descrittore D11 (*underwater noise*).

Il Gruppo di lavoro avrà anche il compito di sviluppare nuovi indirizzi specifici in materia di mitigazione degli impatti delle attività *airgun* maggiormente rispondenti alle peculiarità ambientali delle sotto-regioni del Mediterraneo, che confluiranno in linee guida da applicarsi da parte degli utilizzatori dell'*airgun*.

A tal fine saranno effettuate apposite audizioni ed incontri per definire modalità di applicazione standardizzate di dette linee guida ed assicurare la raccolta di dati confrontabili.

In prospettiva gli esiti delle attività del gruppo di lavoro potranno confluire in un'apposita normativa ai fini di assicurare una maggiore efficacia e coerenza delle stesse.

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

8 Riferimenti bibliografici

ACCOBAMS-MOP5/2013/Doc.22. *Anthropogenic noise and marine mammals: review of the effort in addressing the impact of anthropogenic underwater noise in the ACCOBAMS and ASCOBANS areas.*

ACCOBAMS-MOP5/2013/Doc.23. *Implementation of underwater noise mitigation measures by industries: operational and economical constraints.*

ACCOBAMS-MOP5/2013/Doc.24. *Methodological Guide: "Guidance on underwater noise mitigation measures.*

<https://www.cbd.int/doc/meetings/mar/mcbem-2014-01/other/mcbem-2014-01-submission-accobams-01-en.pdf>.

ACCOBAMS, 2010. *Guidelines to Address the Impact of Anthropogenic Noise on Cetaceans in the Accobams Area.*

https://accobams.org/images/stories/Guidelines/English/guidelines_impact%20of%20anthropogenic%20noise.pdf

Amoser S. Ladich F., 2003. *Diversity in noise-induced temporary hearing loss in otophysine fishes.* J Acoust Soc Am **113**: 2170–2179.

André M., Solé M., Lenoir M., Durfort M., Quero C., Mas A., Lombarte A., Van der Schaar M., López-Bejar M., Morell M., Zaugg S., and Houégnigan L., 2011. *Low-frequency sounds induce acoustic trauma in cephalopods.* Ecol Environ **2011**; 9(9): 489–493, doi:10.1890/100124. (<https://www.esa.org/pdfs/Andre.pdf>).

Andriquetto-Filho J.M., Ostrensky A., Pie M.R., Silva U.A., Boeger W.A., 2005. *Evaluating the impact of seismic prospecting on artisanal shrimp fisheries.* Continental Shelf Research, **25**: 1720–1727.

(<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0278434305001007>).

Barlow, J. and Gisiner, R., 2006. *Mitigating, monitoring and assessing the effects of anthropogenic sound on beaked whales.* J. Cet. Res.Manage. **7**: 239-249

Bertolini S., Borsani J.F., Curcuruto S., De Rinaldis L., Farchi C., 2012. *Valutazione*

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

e mitigazione dell'impatto acustico dovuto alle prospezioni geofisiche nei mari italiani., ISPRA Rapporto Tecnico, pp. 1-37

Borsani, J.F., Farchi, C. 2011. ISPRA. Linee guida per lo studio e la regolamentazione del rumore di origine antropica introdotto in mare e nelle acque interne. Parti I,II,III.

[ISPRA 2011 Linee guida rumore subacqueo 3a PARTE.pdf](#)

[ISPRA 2011 Linee guida rumore subacqueo 1a PARTE.pdf](#)

[ISPRA 2011 Linee guida rumore subacqueo 2a PARTE.pdf](#)

Bignami F., Buongiorno Nardelli B., Bortoluzzi G., Giglio F., Misericocchi S., Betti M., Caccamo G. *et al.*, 2008. *Report on the oceanographic, morphobathymetric, geological and geophysical activities during cruise ADR0208 (17-28 october 2008, R/V Urania, Adricosm-Star project)*, 2008, ISMAR-ISAC-CNR Interim Technical Cruise Report

Booman C., Dalen J., Leivestad H, Levsen A., van der Meeren T. and Toklum K., 1996. *Effects from airgun shooting on eggs, larvae, and fry. Experiments at the Institute of Marine Research and Zoological Laboratory, University of Bergen.* (In Norwegian. English summary and figure legends). *Fisken og havet* 3: 83 pp.

Bortoluzzi G., Argnani A., Accettella D., Bonazzi C., Carluccio S., Chierici F., Gasperini L., Romano S., Cacchetti F., Zitellini., *et al.*, 2001. *geophysical studies in the western ionian sea and in the malta escarpment and around the Aeolian Islands – Report on multichannel seismic, SBP and magnetic investigations during cruise MESC2001 with R/V Urania*, 2001, IGM CNR Technical report N. 71

Bortoluzzi G., Del Bianco F., Giglio F., Riminucci F. Coluccelli A., Falcieri F., Bastari A, Giordano G., Pacitti D., Giordano A., Keller N., 2009. *Crociera VELTUR09: rapporto sulle operazioni di manutenzione boe ed esecuzione di transetti oceanografici in Mare Adriatico. (R/V Urania , 24 Febbbraio - 2 Marzo 2009)*, 2009, ISMAR Bologna - Rapporto Interno

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

Bortoluzzi G., Del Bianco F., D'Oriano F., Giglio F., Tommaso Taticchi Mandolini Borgia T., Santi D., Bulatović A., Dević N. et al., 2009. *Report on the morphobathymetric, oceanographic, geological and geophysical investigations during cruise MNG01 09 (19-27 April 2009, R/V Urania)*, 2009, ISMAR-ISAC-CNR Interim Technical Cruise Report

Bortoluzzi G., Del Bianco F., Giglio F., D'Oriano F., Vada Chedy V. Bulatović A., Zoran Kljajić Z., Muccini F., 2009. *Report on the morphobathymetric, oceanographic, geological and geophysical investigations during cruise MNG02 09 (11-24 July 2009, R/V Maria Grazia, Montenegro.)* 2009, ISMAR-ISAC-CNR Interim Technical Cruise Report

Bortoluzzi G., Del Bianco F., D'Oriano F., Giglio F., Tommaso Taticchi Mandolini Borgia T., Santi D., Bulatović A., Dević N. et al., 2009. *Report on the morphobathymetric, oceanographic, geological and geophysical investigations during cruise MNG01 09 (19-27 April 2009, R/V Urania)*, 2009, ISMAR-ISAC-CNR Interim Technical Cruise Report

Bortoluzzi G., D'Oriano F., Del Bianco F., Maselli V., Palmiotto C., Falcieri F., Marinaccio K., Radojevic D., Milic M., Castelli G., Çomo E., Murtaç B., 2010. *Rapporto sulle attività oceanografiche, geologiche, geofisiche durante la crociera MNG0310 con R/V Urania : Mare Adriatico, 2010-03-02 - 2010-03-12. Progetti EMMA (Dr. M. Ravaioli) e ADRICOSM (Prof. N. Pinardi)*. 2010, ISMAR Bologna - Rapporto Interno

Bortoluzzi G., Del Bianco F., Maselli V., Fiminucci F., Carmisciano C., Cocchi L., Muccini F., Vagni R., et al., 2010. *Rapporto sulle indagini gravimetriche, magnetometriche, batimetriche durante la crociera PANSTR10 con R/V Urania: Panarea e Stromboli, Isole Eolie, 2010-02-05 - 2010-02-15*, 2010, ISMAR Bologna - Rapporto Interno

Bowles A.E., Smultea M., Wursig B., De Master D.P., Palka D., 1994. *Relative abundance and behavior of marine mammals exposed to transmissions from the Heard Island Feasibility Test*. *Journal of the Acoustical Society of America* 96 (4), 2469-2484.

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

Carlson, T., 2012. *Barotrauma in fish and barotrauma metrics*. In: Popper, A., Hawkins, A. (Eds.), *The Effects of Noise on Aquatic Life*. Springer Science + Business Media, LLC, New York, pp. 229–234.

Carniel S., Bergamasco A., Madricardo F., Sclavo M., Bortoluzzi G., D'Oriano F., Foglini F. *et al.*, 2009. *Report on the geophysical and oceanographic investigations during cruise ADRIASEISMIC 09 (03-16 March 2009, R/V Urania)*, 2009, ISMAR-ISAC-CNR Interim Technical Cruise Report

Casper, B.M., Halvorsen, M.B., Matthews, F., Carlson, T.J., Popper, A.N., 2013. *Recovery of barotraumas injuries resulting from exposure to pile driving sound in two sizes of hybrid striped bass*. PLoS One 8, e73844. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0073844>.

Christian J. R., Mathieu A., Thomson D. H., White D. and Buchanan R. A., 2003. *Effect of Seismic Energy on Snow Crab (Chionoecetes opilio)* 7 November 2003. Environmental Research Funds Report No. 144. Calgary. 106 p.

Coltelli M., Cavallaro D., Firetto Carlino M., Cocchi L., Muccini F., D'Alessandro A., Claude M. E., *et al.*, 2016 *The marine activities performed within the TOMO-ETNA experiment 2016*, Annals Of Geophysics, 59, 4

Dalen and Knutsen, 1987. *Scaring Effects in Fish and Harmful Effects on Eggs, Larvae and Fry by Offshore Seismic Explorations*. In Merklinger: Proc. Sym. *Progress in Underwater Acoustics*, 1987: 93-99. Halifax 1986.

Department of Fisheries and Oceans (Canada), 2004. *Review of Scientific Information on Impacts of Seismic Sound on Fish, Invertebrates, Marine Turtles and Marine Mammals*. Habitat Status Report 2004/002.

DeRuiter S.L. and Doukara R.L., 2010. *Loggerhead turtles dive in response to airgun sound exposure*. (ASA abstract). In: Weilgart, L., 2013. *A review of the impacts of seismic airgun surveys on marine life*. Submitted to the CBD Expert Workshop on *Underwater Noise and its Impacts on Marine and Coastal Biodiversity*, 25-27 February 2014, London, UK.

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

DeRuiter S.L., Doukara L.K., 2012 *Loggerhead turtles dive in response to airgun sound exposure*. *Endang Species Res* **16**:55-63.

DeSoto N.A., Delorme N., Atkins J., Howard S., Williams J., Johnson M., 2013. *Anthropogenic noise causes body malformations and delays development in marine larvae*. *Sci.Rep.* **3**, 2831. <http://dx.doi.org/10.1038/srep02831>

Engås A., Løkkeborg S., Ona E. and Soldal A.V., 1993. *Effects of seismic shooting on catch and catch-availability of cod and haddock*. *Fisken og Havet*, **9**: 117 pp.

Engås A., Løkkeborg S., Ona E., and Soldal A.V., 1996. *Effects of seismic shooting on local abundance and catch rates of cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*)*. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **53**: 2238-2249

Engel, M.H., Marcondes, M.C.C., Martins, C.C.A., O Luna, F., Lima, R.P. e Campos, A., 2004. *Are seismic surveys responsible for cetacean strandings? An unusual mortality of adult humpback whales in Abrolhos Bank, Northeastern coast of Brazil*, *Paper submitted to the IWC Scientific Committee (SC/56/E28)*.

Evans, P.G.H., & Nice, H., 1996. *Review of the effects of underwater sounds generated by seismic survey on Cetaceans*. Sea Watch Foundation, Oxford.

Goold, J.C., 1996. *Acoustic assessment of populations of common dolphin (*Delphinus delphis*) in conjunction with seismic surveying*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. **76**:811-820

Gordon, J.C., D.D. Gillespie, J. Potter, A. Franzis, M.P. Simmonds, and R. Swift, 1998. *The Effects of Seismic Surveys on Marine Mammals*. L. Tasker and C. Weir, eds. London.

Govoni J.J., Settle L.R., West M.A., 2003. *Trauma to juvenile pinfish and spot inflicted by submarine detonations*. *J. Aquat. Anim. Health*. **15**: 111-119.

Guerra A, González A.F., and Rocha F., 2004. *A review of records of giant squid in the north-eastern Atlantic and severe injuries in *Architeuthis dux* stranded after acoustic exploration*. *ICES CM 2004/CC*: 29.

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

Guerra Á., González Á.F., Pascual S., Dawe E.G., 2011. The giant squid *Architeuthis*: An emblematic invertebrate that can represent concern for the conservation of marine biodiversity. *Biol. Conserv.*;144:1989–1997.

Gutscher, M.; Babonneau, N.; Cattaneo, A.; Gallais, F.; Graindorge, D., 2013. San Pedro, L., *The CIRCEE-HR survey in the Calabrian arc and offshore E Sicily (Ionian Sea and Southern Italy): investigating active faults, recent deformation and the deep marine paleoseismic record (turbidites)*, 2013 American Geophysical Union

Halvorsen M.B., Casper B.M., Woodley C.M., Carlson T.J., Popper A.N., 2012. *Threshold for onset of injury in Chinook salmon from exposure to impulsive pile driving sounds*. *PLoS One*. 2012;7(6).

Hassel, A., Knutsen, T., Dalen, J., Skaar, K., Lokkeborg, S., Misund, O.A., Ostensen, O., Fonn, M., Haugland, E.K., 2004. *Influence of seismic shooting on the lesser sandeel (Ammodytes marinus)*. *ICES J. Mar. Sci.* 61, 1165–1173.

Hastings MC, Popper AN, Finneran JJ, Lanford PJ., 1996. *Effects of low-frequency underwater sound on hair cells of the inner ear and lateral line of the teleost fish *Astronotus ocellatus**. *J. Acoust. Soc. Am.* 99 (3):1759-66.

Hauser, D.D.W., M. Holst and V.D. Moulton. 2008. *Marine mammal and sea turtle monitoring during Lamont-Doherty Earth Observatory's marine seismic program in the Eastern Tropical Pacific, April-August 2008*. LGL Rep. TA4656/7-1. Rep. from LGL Ltd., King City, Ont. and St. John's, Nfld, for Lamont-Doherty Earth Observatory, Palisades, NY, and Nat. Mar. Fish. Serv., Silver Spring, MD. 98 p.

Holst M. and Smultea M.A.. 2008. *Marine mammal and sea turtle monitoring during Lamont-Doherty Earth Observatory's marine seismic program off Central America, February – April 2008*. LGL Rep. TA4342-3. Rep. from LGL Ltd., King City, Ont., for Lamont-Doherty Earth Observatory of Columbia Univ., Palisades, NY, and Nat. Mar. Fish. Serv., Silver Spring, MD. 133 p.

International Association of geophysical contractors, 2011. *An overview of marine seismic operations*, Report n.448 aprile 2011.

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

Irish Department of Communication, Energy and Natural Resources, 2007. *Second Strategic Environmental Assessment for Oil and Gas Activity in Ireland's Offshore Atlantic Waters: IOSEA2 Porcupine Basin*. Environmental Report.

Jasny, M., Reynolds, J., Horowitz, C., Wetzler, A., 2005. *Sounding the depths II: the rising toll of sonar, shipping and industrial ocean noise on marine life*. Natural Resources Defense Council, November 2005.

JNCC, 2010. *Guidelines for minimising the risk of injury and disturbance to marine mammals from seismic surveys*, agosto 2010.

http://jncc.defra.gov.uk/pdf/jncc_guidelines_seismic%20guidelines_aug%202010.pdf

Jochens, A., Biggs D., Benoit-Bird K., Engelhaupt D., Gordon J., Hu C., Jaquet N., Johnson M., Leben R., Mate B., Miller P., Ortega-Ortiz J., Thode A., Tyack P. and Würsig B., 2008. *Sperm whale seismic study in the Gulf of Mexico: Synthesis report*. U.S. Dept. of the Interior, Minerals Management Service, Gulf of Mexico OCS Region, New Orleans, LA. OCS Study MMS 2008-006. 341 pp.

JRC Scientific and Policy Report EUR 26557 EN: Dekeling, R.P.A., Tasker, M.L., Van der Graaf, A.J., Ainslie, M.A, Andersson, M.H., André, M., Borsani, J.F., Brensing, K., Castellote, M., Cronin, D., Dalen, J., Folegot, T., Leaper, R., Pajala, J., Redman, P., Robinson, S.P., Sigray, P., Sutton, G., Thomsen, F., Werner, S., Wittekind, D., Young, J.V.. *Monitoring Guidance for Underwater Noise in European Seas, Part I: Executive Summary*. Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2014. doi: 10.2788/29293. (<https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/lb-na-26557-en-n.pdf>)

JRC Scientific and Policy Report EUR 26556 EN. Dekeling, R.P.A., Tasker, M.L., Van der Graaf, A.J., Ainslie, M.A, Andersson, M.H., André, M., Borsani, J.F., Brensing, K., Castellote, M., Cronin, D., Dalen, J., Folegot, T., Leaper, R., Pajala, J., Redman, P., Robinson, S.P., Sigray, P., Sutton, G., Thomsen, F., Werner, S., Wittekind, D., Young, J.V.. *Monitoring Guidance for Underwater Noise in European Seas, Part III: Background Information and Annexes*. Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2014, doi: 10.2788/2808. <https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/lb-na-26556-en-n.pdf>.

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

- Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability, 2014. *"Monitoring Guidance for Underwater noise in European seas."*
- Ketten, D.R., 2000. Cetacean ears. Pages 43-108 In: Au, W.W.L., Popper, A.N. & Fay, R.R., Eds. *Hearing in Whales and Dolphins*. Springer Verlag NY.
- Kostyuchenko, L.P. 1973. *Effects of elastic waves generated in marine seismic prospecting of fish eggs in the Black Sea*. *Hydrobiol. Jour.* 9 (5): 45-48
- Leite L., Campbell D, Versiani L., Nunes A J C. C and Thiele T., 2016. *First report of a dead giant squid (Architeuthis dux) from an operating seismic vessel*. *Marine Biodiversity Records* 9:26. <https://mbr.biomedcentral.com/articles/10.1186/s41200-016-0028-3>
- Lenhardt, M. 2002. *Sea turtle auditory behavior*. *J. Acoust. Soc. Amer.* 112:2314.
- Ligi M., Scrocca D., Doglioni C., Cuffaro M., Sacchi M., Bortoluzzi G., D'Orlando F., Marco Pastore M., et al., 2010. *Acquisition of multichannel seismic reflection profiles in the Central and Southern Tyrrhenian sea, TIR10: R/V Urania Cruise Report, 2010-10-19, 2010-10-28, 2010*, ISMAR Bologna Technical Report
- Løkkeborg, S. 1991. *Effects of a geophysical survey on catching success in longline fishing*. *ICES C.M. B:* 40.
- Løkkeborg, S. and Soldal, A.V., 1993. *The influence of seismic exploration with airgun on cod (Gadus morhua) behaviour and catch rates*. *ICES Mar. Sci. Symp.* 196: 62-67.
- Madsen, P.T., Møhl, B., Nielsen, B.K., e Wahlberg, M., 2002. *Male sperm whale behaviour during exposures to distant seismic survey pulses*. *Aquatic Mammals.* 28: 231-240.
- Maglio A., Oavan G., Castellote M., Frey S., 2016. *Overview of the Noise Hotspots in the ACCOBAMS Area, Part I - Mediterranean Sea*. Technical report. 45 pp.
- Mann D., Hill-Cook M., Manire C., Greenhow D., Montie E., et al., 2010. *Hearing Loss in Stranded Odontocete Dolphins and Whales*. *PLoS ONE* 5(11): e13824. doi:10.1371/journal.pone.0013824

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

Marine Geophysical Survey – R/V OGS Explora Ross Sea, Antarctica, January and February 2017, MITIGATION GUIDELINES - Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale.

Marsella E., Favali P., Castellano M., Aiello G., Bortoluzzi G., Di Fiore V., *et al.*, 2007. *The Stromboli geophysical experiment. Preliminary report on wide angle refraction seismics and morphobathymetry of Stromboli island (Southern Tyrrhenian sea, Italy) based on integrated offshore-onshore data acquisition (Cruise str06 r/v Urania)*, 2007, ISMAR Bologna Technical Report N.102

Mate B.R., Stafford K.M., Ljungblad D.K., 1994. *A change in spermwhale (Physeter macrocephalus) distribution correlated to seismic surveys in the Gulf of Mexico*. Journal of the Acoustical Society of America 96 (2), 3268-3269.

Mazzariol S., 2010. Spiaggiamento di 7 esemplari di capodoglio (*Physeter macrocephalus*) sul litorale compreso tra Cagnano Varano e Ischitella (FG) tra il 10 e il 15 dicembre 2009. Relazione finale. Dipartimento di Sanità Pubblica, Patologia Comparata ed Igiene Veterinaria, Università degli Studi di Padova. http://www.minambiente.it/sites/default/files/Relazione_Finale.pdf.

Mazzariol S., 2016. Progetto "Rafforzamento e integrazione delle strutture operative funzionali alla costituenda Rete Nazionale Spiaggiamenti Cetacei". Relazione finale. Dipartimento di Sanità Pubblica, Patologia Comparata ed Igiene Veterinaria, Università degli Studi di Padova.

McCauley R.D., 1994. *Seismic Surveys. In: Environmental implications of offshore oil and gas development in Australia—the findings of an independent scientific review*, Swan, J.M., Neff, J.M. and Young, P.C. (Eds.), APEA, 19–121.

McCauley R.D., Fewtrell J., Duncan A.J., Jenner C., Jenner, M.-N., Penrose J.D., Prince R.I.T., Adhitya A., Murdoch J. and McCabe, K., 2000. *Marine seismic surveys: analysis and propagation of airgun signals, and effects of airgun exposure on humpback whales, sea turtles, fishes, and squid*. Western Australia: Curtin U. of Technology. 203 pp.

McCauley R.D., Fewtrell J., Popper A.N., 2003. *High intensity anthropogenic sound damages fish ears*. Journal of the Acoustical Society of America 113: 638-642.

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

Miller P.J.O., Johnson M.P., Madsen P.T., Biassoni N., Quero M., Tyack P.L., 2009. *Using at sea experiments to study the effects of airgun on the foraging behavior of sperm whales in the Gulf of Mexico*. Deep Sea Research I 56(2009) 1168-1181.

Moein S.E., Musick J.A., Keinath, J.A., Barnard, D.E., Lenhardt M. & George R., 1994. Evaluation of seismic sources for repelling sea turtles from hopper dredges. Report for US Army Corps of Engineers, from Virginia Institute of Marine Science, VA, USA, unpublished.

Moriyasu M., Allain R., Benhalima K., and Claytor R., 2004. *Effects of seismic and marine noise on invertebrates: A literature review*. Canadian Science Advisory Secretariat. Research document 2004/126.

Nelms S. E. , Piniak W. E.D., Weir C. R., Godley B. J., 2016. *Seismic surveys and marine turtles: An underestimated global threat?*. Biological Conservation **193**:49–65

O'Hara, J. & J.R. Wilcox. 1990. Avoidance responses of loggerhead turtles, *Caretta caretta*, to low frequency sound. Copeia 1990: 564-567.

Paltrinieri D., Viezzoli C., Signanini P., Di Sabatino B., D'Anna G., Calcara M., Bortoluzzi G. *et al*, 2006. *Report on the morphobathymetric, magnetometric, gravimetric, ctd water and bottom sampling investigations during cruise MRS06 aboard R/V Universitatis*, 2006, ISMAR Interim Report

Pavan G., Fossati C., Caltavuturo G., 2011. *Linee guida per la riduzione dell'impatto del rumore di origine antropica sull'ambiente marino e sui mammiferi marini in particolare*. Università degli Studi di PAVIA – CIBRA. (<http://www.gionha.it/risorse/pubblicazioni/report/linee-guida-riduzione-impatto-rumore-cibra-2011.pdf>)

Parente C.L., Araujo J.P., Araujo M.E., 2007. *Diversity of cetaceans as tool in monitoring environmental impacts of seismic surveys*. Biota Neotropica, vol. 7 (n.1):2007.

Pearson W.H., Skalski J.R. and Malme C.I., . (1992). Effects of sounds from a geophysical survey device on behavior of captive rockfish (*Sebastes* spp.). Can. J. Fish. Aquat. Sci. **49**(7): 1343–1356. doi:10.1139/f92-150.

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

Polonia A., Bortoluzzi G., L.Gasperini L., Ligi M., Carrara G., Cuffaro M., et al., 2008. *Rapporto sulle indagini di sismica a riflessione, gravimetriche, magnetometriche, morfobatimetriche e campionamento fondo mare nell' arco calabro (Mar Ionio) Campagna Calamare08 N/O Urania Napoli 2008-04-15 Bari 2008-05-12, 2008, ISMAR Bologna Rapporto Tecnico.*

Popper A.N., Smith M.E., Cott P.A., Hanna B.W., MacGillivray A.O., Austin M.E., Mann D.A., 2005. *Effects of exposure to seismic airgun use on hearing of three fish species.* J. Acoust. Soc. Am. **117**: 3958–3971. <http://dx.doi.org/10.1121/1.1904386>.

Radford A.N., Kerridge E., Simpson S.D., 2014. *Acoustic communication in a noisy world: can fish compete with anthropogenic noise?* Behav. Ecol. **25** (5): 1022 - 1030.

Ravaioli M. (Capo crociera), Riminucci F., Russo A., Catalano G., Matteucci G., Simonini R., Bortoluzzi G., Focaccia P., 2007. *Rapporto sulle operazioni oceanografiche e geofisiche durante la crociera Anemre06 con n/o Urania, 2007, ISMAR Bologna - INTERIM REPORT*

Richardson, W.J., Greene, C.R.J., Malme, C.I., & Thomson, D.H., 1995. *Marine Mammals and Noise.* San Diego: Academic Press.

Rowe S., Hutchings J.A., Skjaeraasen J.E., Bezanson L., 2008. *Morphological and behavioural correlates of reproductive success in Atlantic cod (Gadus morhua).* Mar Ecol Prog Ser. **354**: 257–265.

Sacchi M., Alessio G., Aquino I., Esposito E., Molisso F., Nappi R., Porfido S., 2009. *Violante C. Risultati preliminari della campagna oceanografica CAFE_07 – Leg 3 nei Golfi di Napoli e Pozzuoli, Mar Tirreno Orientale, 2009 Quaderni di Geofisica numero 64, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia*

Sætre and Ona, 1996. *Seismiske Undersøkelser Og Skader Pa Fiskeegg Og - Larver. Rapporto Fisken Og Havet.*

Santulli A., Modica, A., Messina, C., Ceffa, L., Curatolo, A., Rivas, G., Fabi, G., and D'amelio, V., 1999. *Biochemical responses of European sea bass (Dicentrarchus labrax L.) to the stress induced by off shore experimental seismic prospecting.* Mar. Pollut. Bull. **38**: 1105–1114. [http://dx.doi:10.1016/S0025-326X\(99\) 00136-8](http://dx.doi:10.1016/S0025-326X(99) 00136-8)