

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

3 Indagini geofisiche mediante l'impiego di *airgun*

3.1 Aspetti generali

Le prospezioni geofisiche a mare sono utilizzate per la caratterizzazione del fondale e della struttura e composizione del substrato sedimentario e roccioso per uno spessore anche di chilometri.

Al fine di costruire immagini fisiche indirette del sottosuolo e ottenerne un'immagine tridimensionale dove individuare le discontinuità del substrato, come giacimenti di idrocarburi fossili (gas naturale o petrolio), si producono segnali acustici impulsivi di intensità e spettro di frequenze adeguate al risultato atteso. L'eco di questi suoni, riflesso dal fondale, viene trasformato in mappe che rivelano, se presente, le caratteristiche del giacimento, successivamente esplorato con trivelle al fine di testarne più approfonditamente, con il prelievo di campioni, le caratteristiche.

I suddetti segnali acustici sono ottenuti con diverse tecnologie che fanno uso di sorgenti artificiali differenti:

- ad acqua: *water-gun* (frequenza utilizzata 20 - 1500 Hz), costituito da un cannone ad aria compressa che espelle ad alta velocità un getto d'acqua che per inerzia, crea una cavità che implode e genera un segnale acustico;
- ad aria compressa: *airgun* (frequenza utilizzata 100 - 1500 Hz), costituito da due camere cilindriche, chiuse da due pistoni (pistone di innesco e di scoppio) rigidamente connessi ad un cilindro provvisto di orifizio assiale che libera in mare, a profondità da 3 a 10 m, istantaneamente, aria ad una pressione elevata, compresa tra 150 e 400 atmosfere (ad oggi il sistema maggiormente utilizzato);
- a dischi vibranti: *marine vibroseis* (frequenza utilizzata 10 - 250 Hz), in cui alcuni dischi metallici vibranti immettono energia azionati secondo una forma d'onda prefissata, senza dar luogo all'effetto bolla (sistema complesso non ancora pienamente sviluppato);
- elettriche: *sparker* (frequenza utilizzata 50 - 4000 Hz) e *boomer* (frequenza

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

utilizzata 300 - 3000 Hz) dove un piatto metallico con avvolgimento in rame viene fatto allontanare da una piastra a seguito di un impulso elettrico; l'acqua che irrompe genera un segnale acustico ad alta frequenza con scarsa penetrazione (adatto per rilievi ad alte definizioni).

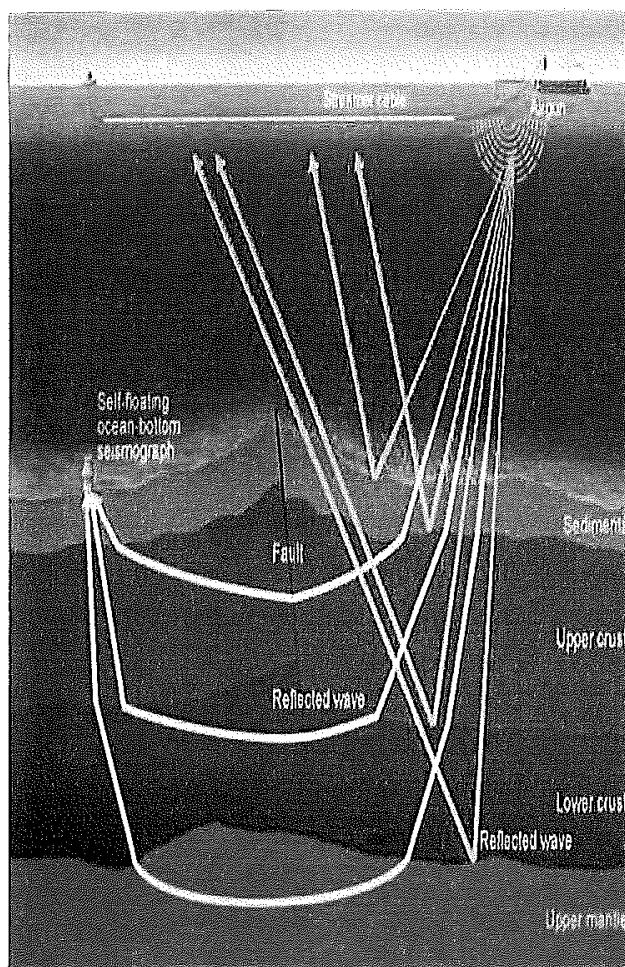


Figura 1: Schema di funzionamento di una prospezione geofisica
(Fonte: <http://www.jamstec.go.jp/e/about/equipment/observe/seabed.html>)

Le diverse tipologie di indagini geosismiche sono caratterizzate, oltre che dal tipo di sorgente artificiale utilizzata, da ulteriori elementi:

- geometria e posizionamento del sistema di ricezione (*towed streamer*, *ocean bottom*, *buried seafloor array*, *vertical seismic profile*);

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

- numero di misurazioni fatte all'interno dell'area di analisi (2D – 3D – 4D);
- tipo di sensori utilizzati per la ricezione del segnale (idrofondi, geofoni).

Lo schema riportato in Figura 2 riassume i diversi tipi di indagini sismiche marine e mette in evidenza la molteplicità di combinazioni che possono essere effettuate tra gli elementi che definiscono l'indagine.

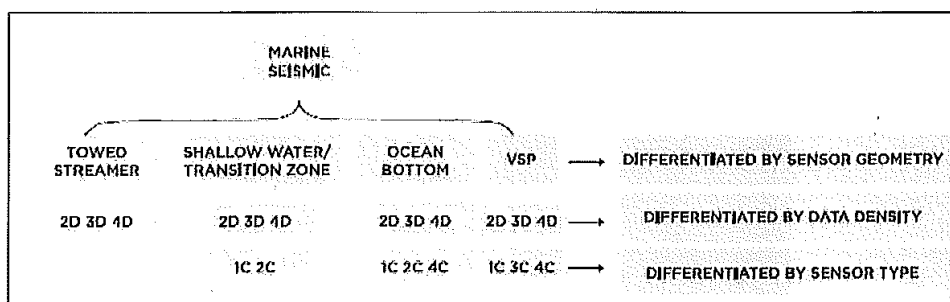


Figura 2: Diverse tipologie di indagini sismiche

(Fonte: *International Association of Geophysical Contractors, 2011*)

Come si evince dalla seguente Tabella 1, le indagini sismiche possono trovare varie applicazioni per fornire differenti risultati nel campo della ricerca di idrocarburi, per lo studio dei terremoti e in generale, nel campo della ricerca scientifica. Nella tabella, in funzione del campo di applicazione, sono messe in relazione la frequenza dell'impulso e il potere di penetrazione della strumentazione sismica.

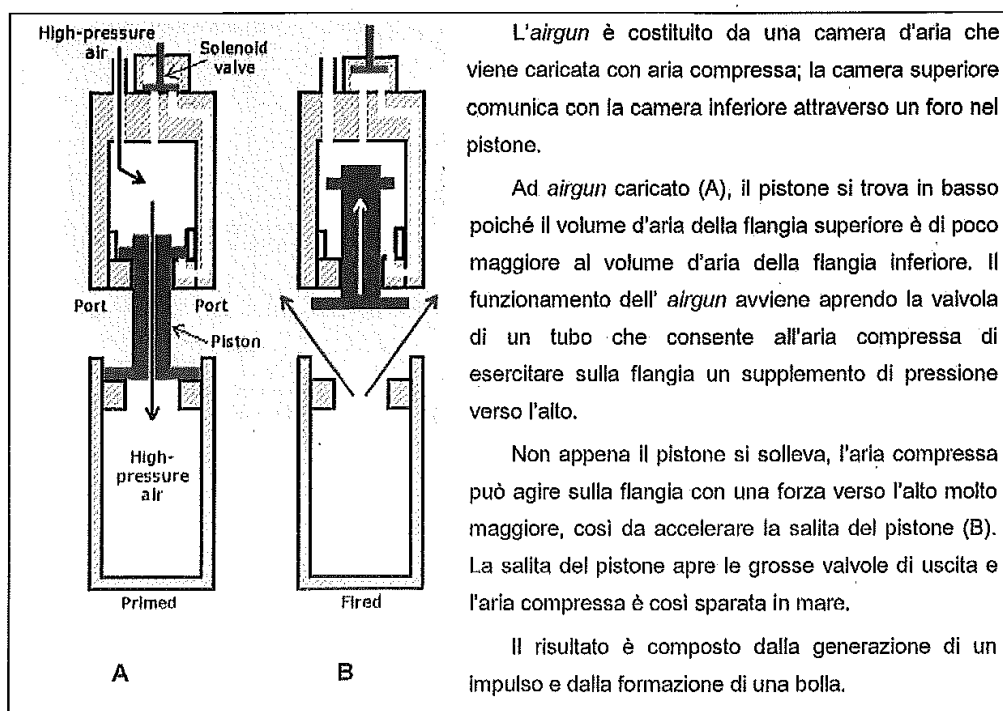
Primo rapporto sugli effetti per l'ecosistema marino della tecnica dell'airgun

	Intervallo di frequenza	Penetrazione nel sottosuolo	Risoluzione verticale
Sismica naturale	0,1 - 5 Hz	> 80 km	3 - 20 km
Sismica convenzionale a bassa frequenza <i>Deep scientific / industrial exploration</i>	5 - 80 Hz	3-50 km	60 - 120 m
Sismica ad alta risoluzione <i>Fluid escape, gas hydrates, reservoir modelling</i>	50 - 400 Hz	500 - 2000 m	10 - 15 m
Sismica a risoluzione molto alta <i>Site survey, sedimentary models, reservoir modelling</i>	300 - 2000 Hz	50 - 200 m	1 - 2 m

Tabella 1: Caratteristiche delle diverse indagini sismiche

Primo rapporto sugli effetti per l'ecosistema marino della tecnica dell'*airgun*3.2 Sistema di rilevamento con l'utilizzo di sorgente *airgun*

Il sistema più comunemente usato allo stato attuale, utilizza come sorgente artificiale dispositivi di tipo *airgun* e si basa sui principi della sismica a riflessione.



Gli elementi principali che compongono il sistema di rilevamento sono:

- nave (dotata di tutte le attrezzature necessarie);
- sistema di ricezione: cavo sismico (*streamer*) e idrofono;
- sorgente artificiale: *airgun*, organizzato sempre in batteria (*array*).

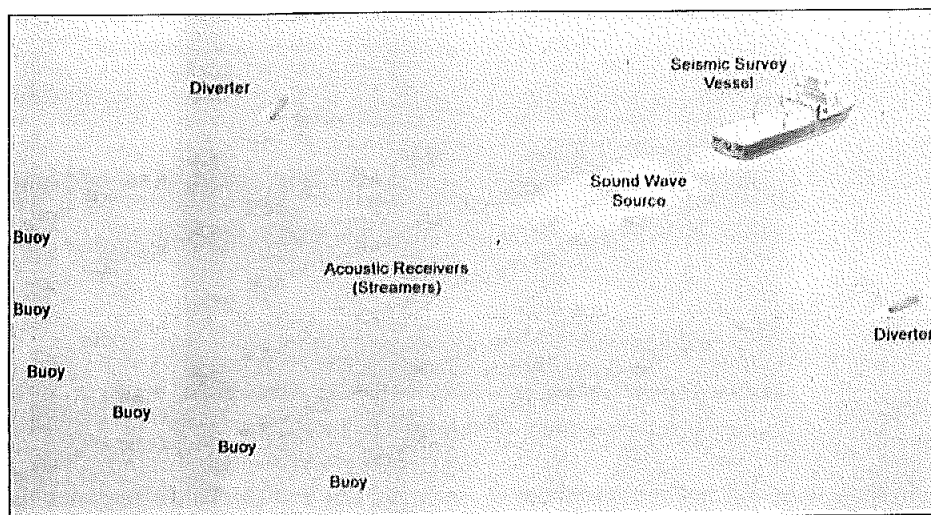
Primo rapporto sugli effetti per l'ecosistema marino della tecnica dell'airgun

Figura 3: Il sistema di rilevamento nelle prospezioni geofisiche

Nave sismica

Le navi utilizzate per effettuare sismica a riflessione sui fondali marini sono di vario genere, a seconda del contesto marino e ospitano al loro interno tutte le apparecchiature necessarie per effettuare il rilievo (bobine in cui è raccolto il cavo con gli idrofoni, impianti per la generazione dell'impulso elastico in mare, compressori e linee di distribuzione, strumentazione per la registrazione, apparecchiature per una prima elaborazione dei dati, strumenti di posizionamento per la registrazione in continuo della posizione della nave stessa e degli idrofoni impiegati). Le navi adatte all'esecuzione di rilievi sismici devono essere dotate di apparati di propulsione particolarmente "silenziosi" per evitare interferenze con i sistemi di acquisizione acustica.

Nel seguito si riportano, a titolo di esempio, i dati di due navi particolarmente attrezzate per rilievi di sismica a riflessione utilizzate, una per ricerca, la seconda per attività "commerciali", anche in Mediterraneo.

- *Atlantic Explorer*: lunghezza 91,3 m, larghezza 17,4 m, pescaggio 8,4 m, stazza lorda 4640 GT, velocità media 12 nodi, autosufficienza durante operazioni, 64 giorni.

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

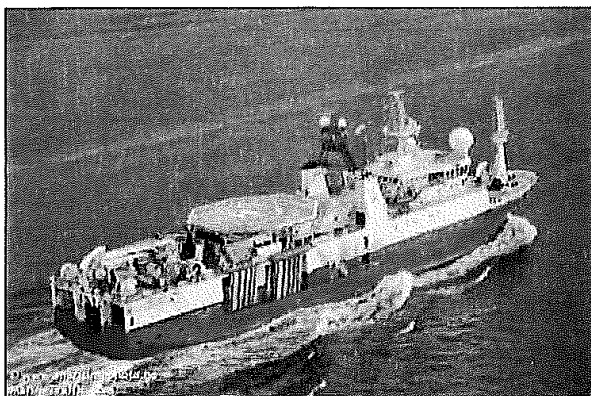


Figura 4: la nave *Atlantic Explorer* (<http://www.pgs.com>)

- OGS *Explora*: dell'Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale (OGS), è l'unica nave da ricerca con capacità oceaniche di proprietà di un Ente pubblico attualmente esistente in Italia. Lunghezza 72,6 m, larghezza 12 m, pescaggio 4,80 m, stazza lorda 1408 GT, velocità massima 14 nodi, autonomia circa 40 giorni. Capacità di effettuare profili sismici 2D.

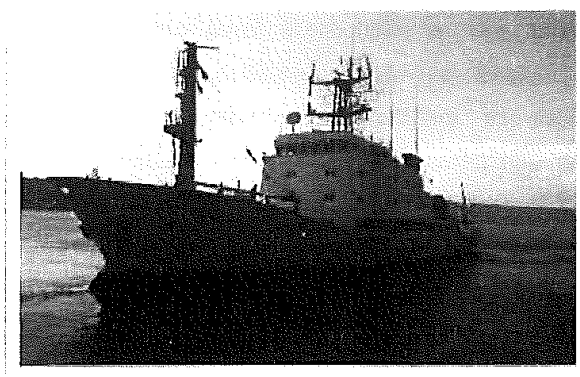


Figura 5: la nave da ricerca *OGS Explora* (<http://www.ogs.trieste.it/it>)

Sistema di ricezione

Il sistema di ricezione è costituito da una serie di idrofoni contenuti in un cavo galleggiante (*streamer*) in neoprene di 6-8 cm di diametro e di lunghezza variabile (può raggiungere i 10 km), trainato a poppa della nave sismica. Lo *streamer*,

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

posizionato a profondità prestabilita (variabile in genere tra i 5 - 10 m), è costituito da "sezioni attive", che contengono gli idrofoni, separate da "sezioni inerti"; la parte terminale di ogni *streamer* termina con una boa galleggiante (*tail buoy*) dotata di segnalatore di posizione. Gli idrofoni ricevono il segnale riflesso sotto forma di onda di pressione che si trasmette nell'acqua e lo convertono in forma di segnale elettrico.

Sorgente artificiale

Come sopra menzionato, gli *airgun* non sono altro che *array* di tubi d'acciaio che vengono riempiti con aria compressa e poi svuotati di colpo, producendo così delle grosse bolle d'aria subacquee che quando implodono, producono suoni.

Ogni 9 - 12 secondi un'esplosione è trasmessa in mare, ininterrottamente, per intervalli di tempo anche piuttosto lunghi (mesi). I livelli di immissione sonora superano 260 dB re 1 μ Pa @ 1 m² e sono, di solito, a frequenze basse e bassissime.

Airgun, opportunamente sincronizzati, sono disposti in una batteria dalla geometria variabile a seconda del tipo di onda che si vuole generare. Attraverso la geometria, infatti, si è in grado di direzionare l'onda elastica verso l'obiettivo prescelto e attenuare gli effetti di onde secondarie. Le batterie (*array*) in genere sono composte da più *airgun*, fino a più di 30 di diversa capacità, disposti su una o più file (*sub-array*) posizionate ad una profondità di 5 - 10 metri.

La sincronizzazione degli *airgun* può essere mirata all'allargamento della banda di frequenza (in questo caso la sincronizzazione è sul primo impulso), oppure a raggiungere la massima penetrazione possibile (in questo caso la sincronizzazione è sul primo impulso di bolla). L'aria iniettata costituisce infatti una bolla che si espande finché la pressione idrostatica non riprende il sopravvento e quindi implode e ripete questo ciclo di oscillazione fino a raggiungere la superficie e liberarsi in aria. Ogni esplosione di un singolo volume d'aria contenuto in un *airgun* produce una bolla d'aria che si espande creando un fronte di pressione nell'acqua circostante che a sua

² In acustica subacquea, ogni qual volta si riporta il valore di *sound pressure level* (o *sound intensity level*) alla sorgente (SL), deve essere espressa non solo la pressione di riferimento ma anche la distanza alla quale essa è stata misurata, che in genere corrisponde alla distanza standard di 1 m.

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

volta, si propaga seguendo le leggi della propagazione sferica. Il volume tipico di aria espulso da un *airgun* varia da circa 500 cm³ a circa 13000 cm³, per una batteria di *airgun*, il volume complessivo è un multiplo di questi valori.

Nelle prospezioni geofisiche l'impulso sonoro è parzialmente diretto verso il fondale e quindi limitato nella sua diffusione in mare ma gli schemi di trasmissione sonora nel mare dipendono da una molteplicità di fattori, spesso poco prevedibili e le modalità operative (lungo transetti, ad esempio), possono causare l'insonificazione, pressoché costante, di vaste aree.

<i>Water gun</i>	20 - 1500 Hz
<i>Airgun</i>	100 - 1500 Hz
<i>Sparker</i>	50 - 4000 Hz
<i>Boomer</i>	300 - 3000 Hz
Sistemi CHIRP	500 Hz - 12 kHz 2 - 7 kHz 4 - 24 kHz 3,5 kHz e 200 kHz

Tabella 2: Intervalli di frequenze usate dagli strumenti in uso al Woods Hole Coastal and Marine Science Center (USA)

(Fonte: <https://woodshole.er.usgs.gov/operators/sfmapping/seismic.htm>)

3.3 La propagazione del suono in ambiente marino

A prescindere dalle caratteristiche tecniche della sorgente sonora, in mare riveste particolare importanza il modo in cui si propaga il suono nell'immediato intorno della sorgente e come se ne modificano le caratteristiche via via che ci si allontana da essa. Infatti, i principali fattori che influiscono sui modi di propagazione sono la temperatura, la densità dell'acqua (che dipende dalla sua salinità) e la pressione. I fattori limite sono la superficie e il fondale, le cui caratteristiche sono fondamentali per determinare il modo in cui il fronte dell'onda sonora si riflette e quanto invece viene assorbito o rifratto dall'interfaccia tra i diversi mezzi. Di norma, nelle immediate vicinanze della sorgente (*near field*), la trasmissione sonora è caotica e non è facile descriverla. Appena superato il *near field*, la trasmissione obbedisce di solito alle regole della propagazione sferica mentre appena interferisce con superficie e fondale, la propagazione diventa cilindrica. La sua attenuazione (*transmission loss*,

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

TL) passa da una fattore $20 \log R$ (R =distanza tra sorgente e ricevitore) a $10 \log R$. Inoltre, ogni frequenza si attenua nel suo viaggio tra sorgente e ricevitore in maniera diversa; le frequenze più basse (ossia quelle con la maggior lunghezza d'onda, infatti $\lambda = c/u$, dove λ è la lunghezza d'onda, c è la velocità del suono in mare e u è la frequenza) si attenuano meno rispetto a quelle più alte (che hanno quindi lunghezze d'onda più corte).

Determinati sperimentalmente i profili di temperatura, salinità e profondità dell'area in cui si vuole operare e calcolata la velocità reale del suono, si applicano modelli di propagazione per predire dove e come si avranno i picchi di intensità sonora e quali saranno i rischi ambientali che si corrono.

Proprio nella scelta e nell'applicazione dei diversi modelli di propagazione risiede una delle maggiori difficoltà nella valutazione del rischio acustico. Esistono, infatti, vari algoritmi di simulazione per il TL, quelli che si basano sulla teoria dei raggi (dipendono dalla distanza), quelli che non dipendono dalla distanza (modelli a modo normale, modelli a espansione multicanale e modelli a campo veloce) e di nuovo, quelli che dipendono dalla distanza e dalle equazioni paraboliche. Inoltre è fondamentale considerare nei modelli le caratteristiche del fondale per quanto riguarda sia le sue capacità di riflessione sia quelle di trasmissione del suono (*shear waves*, *Raleigh waves*). Un software spesso utilizzato, libero da vincoli commerciali, e atto a far "girare" un modello, è il RAMsGeo (*Curtin Springs Univ.*) che tiene conto sia della distanza che delle caratteristiche di densità o fluidità del fondale e che appare particolarmente adatto alle stime di propagazione in fondali compresi entro la scarpata continentale.

3.4 Indagini 2D – 3D – 4D

Esistono due tipologie di rilevamento sismico: a due dimensioni (2D), in cui l'elaborazione dei dati rilevati fornisce come risultato un profilo geologico e tridimensionale (3D), in cui l'elaborazione dei dati rilevati fornisce un'immagine tridimensionale.

La complessità dell'immagine sonora ottenuta varia in funzione della quantità di dati disponibili, che a sua volta dipende dal numero di misurazioni effettuate; nel caso

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

della sismica 2D, è utilizzata una batteria di *airgun* e gli *streamer* (che contengono gli idrofoni) sono distanti tra loro un chilometro o più; diversamente, nel caso della sismica 3D, sono utilizzate 2 batterie di *array* e gli *streamer* sono distanti tra loro da 25 a 100 m.

Il 3D è un metodo più complesso che comporta l'impiego di apparecchiature di rilevamento più sofisticate, maggiori investimenti e un maggiore potenziale impatto sull'ambiente dovuto all'importante immissione di suoni. Nel campo delle prospezioni sono spesso impiegati rilievi 2D su vasta area, per poi concentrare i rilievi 3D su un'area più ristretta reputata di maggiore interesse.

Infine, vi sono i sondaggi 4D (o *time-lapse* 3D), costituiti da analisi 3D ripetute all'interno della stessa zona per un periodo prolungato. Questi sono utilizzati per ottenere immagini funzionali a documentare fenomeni quali i cambiamenti nel tempo che intervengono nel *reservoir* di idrocarburi in relazione alla produzione al fine di massimizzare lo sfruttamento del giacimento.

*Primo rapporto sugli effetti per l'ecosistema marino della tecnica dell'airgun***4 Consistenza delle attività nei mari italiani**

Come richiamato in premessa la sismica a riflessione con utilizzo di tecnica *airgun* è una pratica normalmente utilizzata sia dalle Società petrolifere ai fini della ricerca di idrocarburi, sia dagli Enti di Ricerca per sviluppare maggiori conoscenze scientifiche in ambito geologico o acquisire dati per fini industriali. Vengono pertanto di seguito riportati i dati inerenti le richieste da parte di operatori del settore petrolifero di svolgere attività di prospezione e ricerca idrocarburi in mare, sottoposte da normativa vigente a procedura di VIA nazionale, e i dati forniti dai soggetti del mondo della ricerca scientifica nazionale (o rilevati dai siti istituzionali degli stessi) e dal Ministero degli Esteri e della Cooperazione Internazionale, sulle attività svolte nel contesto del bacino del Mediterraneo e di interesse per le acque territoriali nazionali. In ultimo, per completezza di informazione, si riportano gli esiti dei ricorsi proposti da Enti locali e Regioni in relazione all'utilizzo dell'*airgun* e al rilascio di giudizio positivo di compatibilità ambientale dei provvedimenti di VIA nazionale per progetti di prospezione e ricerca di idrocarburi nel mare Adriatico e Ionio.

4.1 Prospezione e ricerca petrolifera

I dati riportati nel presente paragrafo sono desunti dal Portale delle Valutazioni Ambientali VAS-VIA del Ministero dell'Ambiente (www.va.minambiente.it) che fornisce per tutti i progetti (VIA), piani e programmi (VAS) di competenza statale, informazioni e dati aggiornati in tempo reale nonché tutta la documentazione acquisita e prodotta nell'ambito di ciascun procedimento.

Nel periodo di riferimento (dati aggiornati al 30.11.2016) il Ministero dell'Ambiente (Direzione per le Valutazioni e Autorizzazioni Ambientali) ha complessivamente gestito 37 procedure di VIA nell'ambito delle quali è prevista l'esecuzione di indagini geofisiche a mare (sismica a riflessione 2D o 3D) da effettuarsi mediante l'utilizzo di *airgun*.

I dati di seguito sintetizzati sono riportati nel dettaglio per ciascun progetto nell'Allegato 1.

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

Le procedure sono relative sia a progetti di prospezione idrocarburi, che prevedono esclusivamente attività di indagine (geologiche e geofisiche), che a progetti di ricerca idrocarburi, che prevedono sia attività di indagine (geologiche e geofisiche) che di perforazione di pozzi esplorativi. Di questi ultimi, per le finalità dell'analisi, sono stati considerati i permessi di ricerca che prevedono esclusivamente l'esecuzione di indagini geofisiche (sismica a riflessione 2D o 3D).

Si precisa che, delle 37 procedure:

- 34 riguardano la procedura di VIA (artt. 23-26 D.Lgs. 152/2006);
- 1 riguarda la fase di *scoping* (definizione dei contenuti dello Studio di Impatto Ambientale), che precede l'avvio della procedura di VIA (art. 21 D.Lgs. 152/2006). La procedura è stata conclusa nel 2016 e il proponente non ha ancora avviato la procedura di VIA;
- 2 riguardano la procedura di verifica di ottemperanza delle prescrizioni contenute nel provvedimento di VIA già emanato, che è successiva alla conclusione della procedura di VIA (art. 28 D.Lgs. 152/2006). Le procedure (una conclusa ed una attualmente in corso) sono relative alle prescrizioni associate al provvedimento di VIA emanato nel 2015.

Si evidenzia che le procedure di verifica di ottemperanza di cui sopra riguardano prescrizioni contenute nel Decreto VIA n. 104 del 08/06/2015 (<http://www.va.minambiente.it/it-IT/Oggetti/Documentazione/683/906>) inerenti al piano di monitoraggio e di mitigazione degli effetti delle prospezioni geofisiche sui mammiferi marini

(<http://www.va.minambiente.it/it-IT/Oggetti/Documentazione/683/2724>).

Considerando il dato riferito alle 34 procedure di VIA, di queste:

- 16 sono relative a permessi di prospezione,
 - 18 sono relative a permessi di ricerca (indagini geofisiche),
- e sono così distribuiti nelle aree marine:
- 13 nel Mare Adriatico (Settentrionale, Centrale, Meridionale),

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

- 2 nel Mare di Sardegna,
- 11 nel Mar Ionio Settentrionale,
- 8 nello Stretto di Sicilia.

Poiché sono state considerate tutte le fasi dello stato dell'iter procedurale (procedure avviate, in corso e concluse), è opportuno precisare che nel periodo considerato sono inclusi procedimenti che possono essere stati avviati in anni precedenti e conclusi nel periodo 2015-2016.

In merito allo stato delle 34 procedure di VIA è possibile fornire il seguente quadro di sintesi (Tabella 3):

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Procedure VIA avviate	5	3	4	6	13	1	0
Procedure VIA concluse						15	8
Procedure VIA in corso							9

Tabella 3 Procedure di VIA nel periodo 2015-2016

Rispetto al periodo 2010-2014, il numero delle nuove procedure avviate si riduce sensibilmente nel periodo 2015-2016 in cui si assiste ad un sostanziale azzeramento di nuove iniziative.

Ad oggi (30.11.2016), nel periodo di riferimento risultano:

- 23 procedure concluse, che si riferiscono a procedure avviate negli anni precedenti (2010-2014), relative a 8 permessi di prospezione idrocarburi e 15 permessi di ricerca idrocarburi;
- 9 procedure in corso, relative a 8 permessi di prospezione idrocarburi e 1 permesso di ricerca idrocarburi;
- 2 procedure sospese, relative a 2 permessi di ricerca idrocarburi, per consentire l'adeguamento alle nuove norme stabilite dall'art. 1, comma 239 della Legge 208/2015 (Legge di Stabilità 2016) che hanno modificato l'art. 6, comma 17, del Decreto Legislativo 152/2006 in maniera più restrittiva le disposizioni vigenti.

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

Per i titoli minerari non ancora rilasciati (procedure di VIA ed autorizzative in corso) la modifica normativa ha comportato, sotto il profilo delle procedure di VIA ed autorizzative, la necessità di procedere ad una nuova perimetrazione delle aree in relazione al divieto di operare entro le 12 miglia dalla linea di costa e dal perimetro delle aree marine protette per i titoli minerari non ancora rilasciati.

Gli esiti delle 23 procedure concluse sono di seguito riportati:

- 3 procedure sono state archiviate,
- 19 procedure sono state concluse con esito positivo, con prescrizioni,
- 1 procedura è stata conclusa con esito negativo.

La rappresentazione cartografica delle 34 procedure di VIA in corso e concluse nel periodo 2015-2016 (30.11.2016) in base alla tipologia progettuale (prospezione idrocarburi, ricerca idrocarburi) ed allo stato della procedura (conclusa, in corso) è riportata nella seguente Figura 6.

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

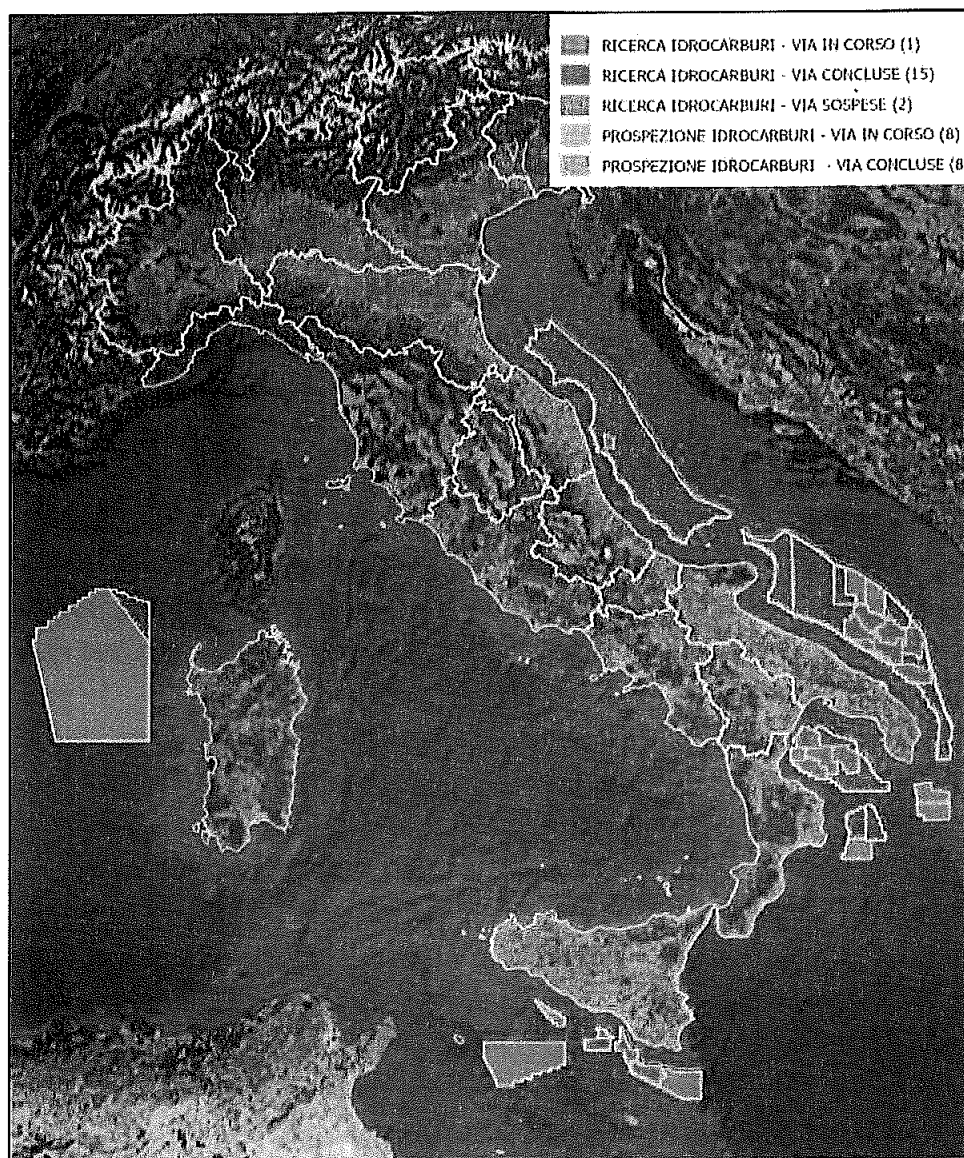


Figura 6: Mappa delle procedure di VIA in corso, concluse e sospese nel periodo 01.01.2015-30.11.2016 (fonte: www.va.minambiente.it).