

## Prospezioni Sismiche - Oristano

Integrazioni al Rapporto Ambientale

giugno 2008

[www.erm.com](http://www.erm.com)

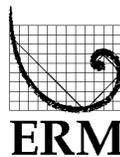
SARAS S.p.A.

Prospezioni Sismiche –  
Oristano: *Integrazioni al  
Rapporto Ambientale*

**ERM sede di Milano**

Via San Gregorio, 38  
I-20124 Milano  
T: +39 0267440.1  
F: +39 0267078382

[www.erm.com/italy](http://www.erm.com/italy)



SARAS S.p.A.

## Prospezioni Sismiche – Oristano: *Integrazioni al Rapporto Ambientale*

giugno 2008

Rif. 0063946

Questo documento è stato preparato da Environmental Resources Management, il nome commerciale di ERM Italia S.p.A., con la necessaria competenza, attenzione e diligenza secondo i termini del contratto stipulato con il Cliente e le nostre condizioni generali di fornitura, utilizzando le risorse concordate.

ERM Italia declina ogni responsabilità verso il Cliente o verso terzi per ogni questione non attinente a quanto sopra esposto.

Questo documento è riservato al Cliente. ERM Italia non si assume alcuna responsabilità nei confronti di terzi che vengano a conoscenza di questo documento o di parte di esso.



---

Paolo Picozzi  
*Project Director*



---

Lorenzo Bertolé  
*Project Manager*

## INDICE

1	<b>INTRODUZIONE</b>	1
2	<b>PUNTO 1 - SUPPORTO BIBLIOGRAFICO DEI DATI E PUNTI CONCLUSIVI</b>	3
2.1	<b>SUPPORTO BIBLIOGRAFICO</b>	3
2.2	<b>PUNTI CONCLUSIVI</b>	3
3	<b>PUNTO 2 – PRESENZA DI NURSERY, AREE PSIC E PROPAGAZIONE ONDE SONORE NEL GOLFO DI ORISTANO</b>	4
3.1	<b>AREA DI NURSERY</b>	4
3.2	<b>VICINANZA DELLE AREE PSIC</b>	4
3.3	<b>PROPAGAZIONE DELLE ONDE SONORE NELL' AREA INTERNA AL GOLFO DI ORISTANO</b>	5
4	<b>PUNTI 3 E 4 – EMISSIONI SONORE DELL'ARRAY PER LA VALUTAZIONE DELL'IMPATTO DELLE ONDE ACUSTICHE GENERATE SULL'AMBIENTE CIRCOSTANTE</b>	6
4.1	<b>DESCRIZIONE DEI DISPOSITIVI UTILIZZATI COME SORGENTI DI PRESSIONE SONORA</b>	6
4.1.1	<b>Deep Water</b>	7
4.1.2	<b>Shallow Water</b>	15
4.2	<b>SINTESI DEGLI EFFETTI DELLE ONDE SISMICHE SUL BIOTA MARINO</b>	22
4.2.1	<b>Invertebrati</b>	23
4.2.2	<b>Ittiofauna</b>	24
4.2.3	<b>Mammiferi Marini</b>	25
4.2.4	<b>Sintesi degli Effetti Attesi delle Onde Elastiche sul Biota Marino</b>	29
4.3	<b>CONCLUSIONI</b>	32
4.4	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	33
5	<b>PUNTO 5 –IMPATTO SULLE PRATERIE DI POSIDONIA OCENICA E SULLA BIOCENOSI AD ESSA LEGATA</b>	37
6	<b>PUNTO 6 – LIMITE BATIMETRICO DEL NEPHROPS NORVEGIGUS</b>	40

Il presente documento riporta le integrazioni e i chiarimenti richiesti dalla Commissione VIA in merito alla procedura di verifica di assoggettabilità alla VIA dell'istanza di concessione di permesso di prospezione per la ricerca di idrocarburi liquidi e gassosi a mare denominato d5 E.P.-SA "Eleonora Mare"

Nella *Tabella 1a* sono riportati i chiarimenti richiesti dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio - Direzione Salvaguardia Ambientale (*Prot. DSA-2008-0012373 del 07.05.08*). Di seguito, oltre all'indicazione

dei punti di approfondimento affrontati, viene riportato il riferimento al paragrafo, del presente documento, in cui essi vengono trattati.

**Tabella 1a**      **Integrazioni e Chiarimenti**

Punto	Tema di approfondimento	Capitolo/Paragrafo
1	La relazione manca di un supporto bibliografico dei dati citati e di punti conclusivi	2
2	Su tutta l'indagine descritta, qualche perplessità sorge per la realizzazione del rilievo "Shallow water" da effettuarsi all'interno del Golfo di Oristano. Questa area risulta essere caratterizzata dalla presenza di numerose nursery di specie di alto interesse commerciale e per questo motivo dovrebbe essere considerata come una area sensibile.	3/3.1
	E' da tenere inoltre in considerazione la vicinanza dell'area di indagine a diversi siti pSIC. Appare infatti poco chiaro come possa essere rispettata la distanza di sicurezza dei 1500 metri dai siti citati (vedi tabella 3.2.1a).	3/3.2
3	Qualche perplessità viene inoltre avanzata su gli effetti che la propagazione delle onde sonore possano avere in un ambiente chiuso come quello del Golfo di Oristano	3/3.3
	nella relazione viene indicato il numero di air-gun da utilizzare nell'indagine ma non viene fatto alcun cenno sulle emissioni sonore emesse dall'array: questo dato risulta fondamentale per potere valutare l'impatto delle onde acustiche generate sull'ambiente circostante	4
4	viene affermato come gli array siano configurati in modo da proiettare la maggiore parte dell'energia in direzione verticale verso il fondo minimizzando l'emissione orizzontale e le interferenze con l'ambiente circostante. Sarebbe necessario quantizzare la dispersione dell'energia ai lati della proiezione preferenziale al fine di valutare l'impatto che tale strumentazione può avere complessivamente sia sulle risorse ittiche che sui cetacei. Il dato dovrebbe essere supportato da eventuali citazioni bibliografiche sugli studi che dovrebbero aver portato alle valutazioni riportate"	4
5	Considerato che l'area oggetto di indagine ha una estensione di 635,250 km <sup>2</sup> e la profondità del fondale varia tra i 0 e 200 m, nella valutazione del permesso di prospezione dovrebbe essere preso in considerazione l'impatto che la sperimentazione potrebbe apportare all'estensione delle praterie della fanerogama marina Posidonia oceanica e in particolare alle biocenosi ad essa legata. Come citato nella relazione infatti Da studi condotti sulle praterie di Posidonia del Golfo di Oristano si rileva un'ampia distribuzione della specie che riesce a svilupparsi, lungo costa fino al suo limite inferiore di profondità (40 metri). Sarebbe necessario avvalorare gli studi con le relative referenze bibliografiche	5

Punto	Tema di approfondimento	Capitolo/Paragrafo
6	Il limite del range batimetrico del <i>Nephrops norvegicus</i> risulta inesatto (-20 m). La specie infatti viene principalmente catturata nei mari sardi in un range compreso tra 200 – 600 metri di profondità. A profondità inferiori ai 50 metri è possibile rinvenirlo solamente nel mare Adriatico. Anche il range di cattura di <i>Aristeus antennatus</i> risulta troppo ampio, in quanto la specie viene normalmente catturata dalle reti a strascico commerciali tra i 450 e 800 metri. Tra i crostacei, inoltre non viene considerata, l'aragosta rossa <i>Palinurus elephas</i> come specie caratteristica della zona del Golfo di Oristano. Questa specie risulta sicuramente più abbondante e caratteristica dell'astice <i>Homarus gammarus</i> .	6

Nel seguito si procede a rispondere punto per punto alle richieste di integrazioni e chiarimenti effettuate dal Ministero dell'Ambiente al fine di espletare le attività istruttorie inerenti la concessione di permesso di prospezione per la ricerca di idrocarburi liquidi e gassosi a mare denominato E.P.-SA "Eleonora Mare".

In sintesi, da quanto riportato nel presente documento e dal rapporto ambientale già presentato risulta quanto segue:

- l'attività di prospezione prevista nel permesso denominato "Eleonora Mare" non comporta effetti significativi sull'ambiente marino, in quanto le emissioni sonore utilizzate nel progetto risultano relativamente contenute e limitate nel tempo e nello spazio, e provocano conseguentemente come effetto principale la fuga temporanea dell'ittiofauna, come evidenziato nella letteratura disponibile. Dalla stessa letteratura, si evidenzia che la pressione acustica diffusa lateralmente dagli array risulta attenuata di oltre 3 volte rispetto a quella verticale. Eventuali effetti letali si rilevano solo per energie ben superiori a quelle che verranno utilizzate nell'ambito del progetto;
- dato che le procedure operative previste non comportano aratura del fondo, sono da escludere effetti sulle praterie di *Posidonia* presenti nel golfo di Oristano;
- per la tutela dei cetacei si propone di adottare le procedure operative internazionali sviluppate dal JNCC che garantiranno l'assenza di disturbo su eventuali cetacei che si trovassero nelle zone limitrofe a quelle di prospezione.

**2** ***PUNTO 1 - SUPPORTO BIBLIOGRAFICO DEI DATI E PUNTI  
CONCLUSIVI***

**2.1** ***SUPPORTO BIBLIOGRAFICO***

Il supporto bibliografico della relazione “Permesso di Prospezione Eleonora Mare d5E. P-.SA – Documento per la Verifica della Sussistenza delle Condizioni di Esclusione (Art.1 comma 3 D.P.R. 526/94)”, è riportato in Allegato A.

**2.2** ***PUNTI CONCLUSIVI***

I punti conclusivi sono riportati nel *Capitolo 4* del presente documento.

### 3 PUNTO 2 – PRESENZA DI NURSERY, AREE PSIC E PROPAGAZIONE ONDE SONORE NEL GOLFO DI ORISTANO

#### 3.1 AREA DI NURSERY

Il Golfo di Oristano, esteso per circa 150 chilometri quadrati, con una profondità di circa quindici metri nella sua porzione centrale, è caratterizzato da fondali colonizzati da una estesa prateria di *Posidonia oceanica* (Figura 3.4.2a del documento “Permesso di Prospezione Eleonora Mare d5E. P.-SA – Documento per la Verifica della Sussistenza delle Condizioni di Esclusione (Art.1 comma 3 D.P.R. 526/94)”), fanerogama marina endemica del bacino del Mediterraneo.

La Regione Sardegna individua, nel documento “Sviluppo Integrato Pesca e Zone Umide dell’Oristanese” (2006), il posidonieto presente nel Golfo di Oristano come area di nursery in quanto “habitat di elezione per la riproduzione e per i primi stadi di vita di molte specie importanti dal punto di vista commerciale, quali Scorfani, Saraghi, Orate, Triglie, Seppie, Polpi, Aragoste, Gamberi e Ricci di Mare, cui offre cibo e riparo dai predatori”.

Per quanto riguarda la relazione fra l’attività di prospezione fisica a mare e le biocenosi presenti nell’area di nursery si rimanda ai Capitoli 4 e 5 del presente documento.

#### 3.2 VICINANZA DELLE AREE PSIC

Le aree pSIC e ZPS presenti nell’area di studio sono riportate in *Tabella 3.2a*, dove è indicata la distanza e la direzione delle aree protette dall’area oggetto di indagine. La loro ubicazione è invece riportata nella *Figura 3.2.1a*, del documento “Permesso di Prospezione Eleonora Mare d5E. P.-SA – Documento per la Verifica della Sussistenza delle Condizioni di Esclusione (Art.1 comma 3 D.P.R. 526/94)”.

*Tabella 3.2a Aree Naturali Protette*

Area	Distanza Minima dall’Area di Prospezione (km)	Direzione Rispetto all’Area di Prospezione
pSIC ITB030080 “Catalano”	5,5	Nord
pSIC “IS Arenas S’Acqua e S’Ollastru”	Parzialmente Incluso	Est
ZPS “Isola Mal di Ventre”	17	Nord
ZPS “Stagno Sale E’ Porcus”	11,5	Nord
pSIC/ZPS ITB030016 “Stagno di S’Ena Arrubia”	0,1	Est
pSIC/ZPS ITB030032 – ITB034004 “Corru S’Ittiri, stagno di S.Giovanni e Marceddi”	Parzialmente Incluso	Est
pSIC/ZPS ITB030034 “Stagno di Mistras”	0,1	Nord-Ovest

Come indicato, l'area di indagine è posta ad una distanza di almeno 1,5 km dai confini delle aree pSIC e ZPS "Catalano", "Isola Mal di Ventre" e "Stagno di Sale E'Porcus", con le quali quindi non sono previste interferenze.

Considerando inoltre che le indagini sismiche di tipo *deep water* (si veda il successivo *Paragrafo 4.1.1*) non saranno effettuate a distanze inferiori a circa 2 km dalla costa, si escludono interferenze anche con le aree pSIC/ZPS presenti lungo la costa a sud del Golfo di Oristano.

Per quanto riguarda le aree interne al golfo di Oristano, si sottolinea invece che sono previste indagini di tipo *shallow water* (si veda il successivo *Paragrafo 4.1.2*) che saranno parzialmente incluse nell'area pSIC/ZPS ITB030032 "Stagno di Corru S'Ittiri".

In considerazione di ciò si segnala che:

- l'area pSIC/ZPS ITB030032 "Stagno di Corru S'Ittiri" è stata istituita principalmente a difesa degli habitat umidi lagunari e delle specie di avifauna che vi si riproducono o svernano. Tali habitat e specie non saranno interferite dalle attività, che saranno eseguite esclusivamente a mare;
- tra gli habitat e le specie tutelate solo la prateria di *Posidonia oceanica* (habitat prioritario cod. 1120) è situata nell'area interessata dalle attività.

Come analizzato in dettaglio nel *Capitolo 5* del presente documento, si possono escludere impatti sul posidonieto dovuti alle attività di ricerca a mare, in quanto non è possibile ipotizzare interferenze dirette sulla *P. oceanica*, dovute sia alle onde sismiche, sia alle modalità operative che non comportano trascinalenti sul fondo.

### 3.3 PROPAGAZIONE DELLE ONDE SONORE NELL' AREA INTERNA AL GOLFO DI ORISTANO

Data la morfologia "aperta" del Golfo di Oristano, rilevabile dalla cartografia, si escludono particolari fenomeni di risonanza delle onde acustiche in quanto si tratta di campo libero e non confinato. Quindi per una valutazione dei possibili effetti si rimanda al *Capitolo 4* del presente documento.

#### *Bibliografia*

APAT CTN\_AIM "Indicatori Biologici per le Acque Marine Costiere"  
AIM\_T\_RAP\_03\_15

POR Sardegna 2000 – 2006 "Sviluppo Integrato Pesca e Zone Umide dell'Oristanese" Dicembre 2006

Formulario Standard area pSIC/ZPS ITB030032 "Stagno di Corru S'Ittiri"  
tratto dal Sito: [www.minambiente.it](http://www.minambiente.it)

#### **PUNTI 3 E 4 – EMISSIONI SONORE DELL'ARRAY PER LA VALUTAZIONE DELL'IMPATTO DELLE ONDE ACUSTICHE GENERATE SULL'AMBIENTE CIRCOSTANTE**

Per fornire una trattazione organica della tematica, i "Punti 3 e 4" e la parte finale del "Punto 1", della richiesta di chiarimenti sono stati trattati insieme all'interno del presente *Capitolo*, che risulta così strutturato:

- descrizione dei dispositivi utilizzati, con indicazione delle loro emissioni sonore;
  - deep water (stima della pressione sonora generata, dispersione laterale);
  - shallow water (stima della pressione sonora generata, dispersione laterale);
- sintesi degli effetti delle onde sismiche sul biota marino;
- conclusioni.

Si sottolinea che ad oggi, le attrezzature necessarie per l'esecuzione delle prospezioni non sono definite nel dettaglio. Gli esempi di attrezzature forniti nei seguenti paragrafi non vanno quindi considerati quale scelta definitiva né dei mezzi né del fornitore che eseguirà i lavori. Le attrezzature effettivamente impiegate saranno comunque analoghe e di dimensioni non superiori a quelle indicate.

##### **4.1**

#### **DESCRIZIONE DEI DISPOSITIVI UTILIZZATI COME SORGENTI DI PRESSIONE SONORA**

Il sistema utilizzato per i rilievi sismici off-shore si basa sulla sismica a riflessione e sull'utilizzo della tecnologia detta *air gun*, in cui elementi meccanici sorgenti di energia generano onde elastiche ad impulso, attraverso l'iniezione in acqua di aria ad alta pressione. Le onde che si propagano nella massa d'acqua e sono riflesse dal fondo marino vengono rilevate da idrofoni (o geofoni) e forniscono informazioni ad alta risoluzione sulla composizione rocciosa delle formazioni geologiche subacquee.

Per l'effettuazione dei rilievi si utilizza una nave alla quale sono collegati, tramite un condotto galleggiante, un numero variabile di *air gun* che operano contemporaneamente e formano stendimenti, denominati *array*. Il rilascio improvviso di aria ad alta pressione genera delle onde di pressione sonora, di livello generalmente proporzionale al volume di aria, sebbene stendimenti con configurazioni atipiche possano discostarsi da questa regola di massima. Gli *array* di grandi dimensioni utilizzati nei rilievi sismici a scopo industriale sono sorgenti acustiche a banda larga, che emettono energia in un vasto spettro di frequenze, a partire da valori anche inferiori ai 10 Hz fino a superare i 5 kHz. La gran parte delle configurazioni sono comunque studiate per produrre la maggior parte dell'energia (circa il 98%) tra i 5 ed i 200 Hz, a frequenze utili per l'esplorazione sismica. Le basse frequenze subiscono infatti un'attenuazione inferiore e raggiungono più facilmente le strutture

geologiche in profondità. Dell'energia totale generata dall'*array*, solo una percentuale compresa tra il 15 e il 20% si trasforma in energia acustica.

Il rilievo proposto sarà effettuato utilizzando due diverse tecniche, in funzione delle differenti condizioni di profondità del fondale, nel seguito così denominate:

- rilievo "Deep Water", utilizzato nell'area all'esterno del Golfo di Oristano;
- rilievo "Shallow Water", utilizzato nell'area all'interno del Golfo di Oristano.

Di seguito si fornisce una descrizione dei sistemi che si prevede di utilizzare, con la stima della relativa pressione sonora e della sua dispersione laterale.

#### 4.1.1 *Deep Water*

Il rilievo sismico sarà effettuato con un *array* dalle caratteristiche simili a quelle riportate in *Tabella 4.1.1a*, con un volume attivo totale pari a 3.080 in<sup>3</sup>. La sorgente sarà trainata ad una profondità di 6 m dalla superficie dell'acqua.

Si ricorda inoltre che non saranno utilizzati *arrays* di volume o potenza superiore.

**Tabella 4.1.1a** *Caratteristiche di un Possibile Array*

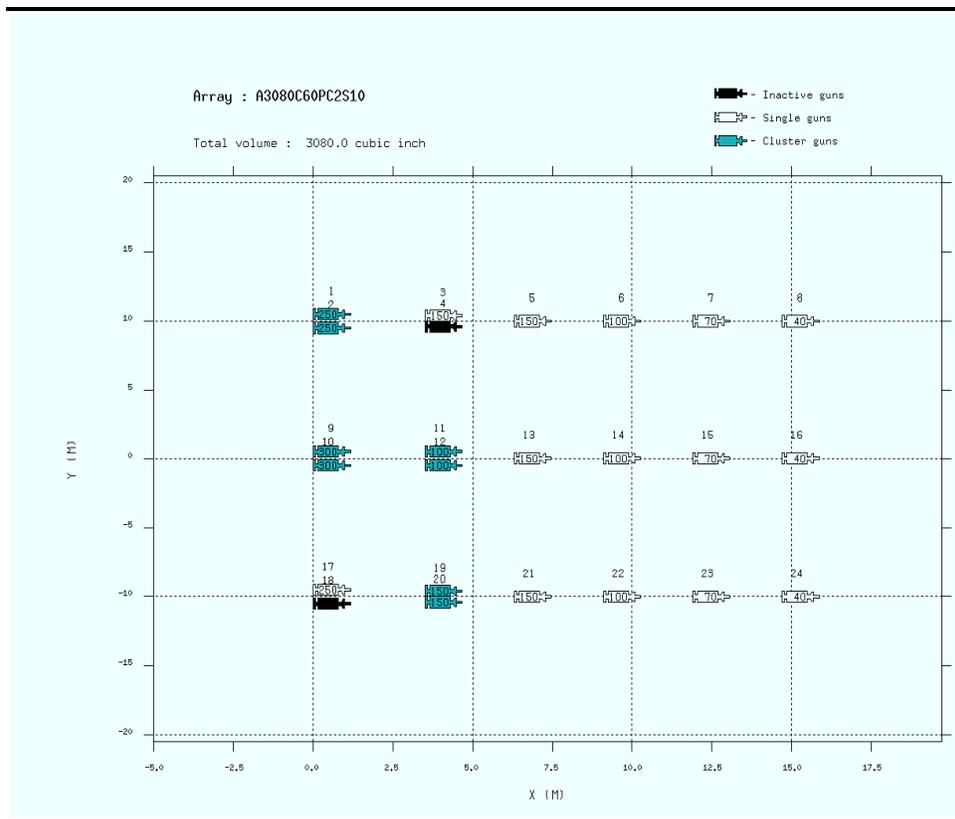
<b>Codice Array</b>	<b>A3080C60PC2S10</b>
Numero di airgun attivi	22 (massimo numero di air-gun previsti)
Numero di airgun di riserva	2
Tipo di air gun	Bolt 1500 LL/ Bolt 1900 LLX
Volume dei singoli air gun	40 – 300 in <sup>3</sup> (0,6-5 l)
Volume attivo totale	3.080 in <sup>3</sup> (circa 50 l)
Pressione del singolo air gun	2.000 psi (140 bar)
Pressione 0-to-peak	45,7 bar-m
Pressione peak-to-peak	100,0 bar-m
Profondità	6 m

Fonte: CGG Veritas

La disposizione spaziale dell'*array* "tipo" è riportato in *Figura 4.1.1a*.

Figura 4.1.1a

*Air Gun da 3.080 in<sup>3</sup>: Disposizione spaziale dell'Array*



Fonte: CGG Veritas

Dalla Figura si osserva che le dimensioni dell'array sono di 20 m in larghezza e 16 m in lunghezza e che lo stendimento è composto da 24 air gun, di cui 2 di scorta.

Le caratteristiche del segnale acustico prodotto, da cui sono ricavabili il livello di pressione sonora e la direttività delle onde acustiche, sono indicate nelle seguenti Figure, fornite dai fornitori contattati per l'esecuzione dei rilievi sismici.

*Stima del Livello di Pressione Sonora ad 1 metro*

Il livello di pressione sonora (SPL) è una misura logaritmica della pressione sonora in un punto rispetto alla pressione di riferimento ed è calcolabile applicando la seguente formula.

$$SPL (dB) = 20 \log_{10} (p/p_{ref})$$

con:

p = pressione misurata

p<sub>ref</sub> = 1μPa (in ambiente acquatico)

Il livello di pressione sonora generato dall'array è deducibile dal grafico della pressione sonora generata dall'array (Firma di Pressione), per la

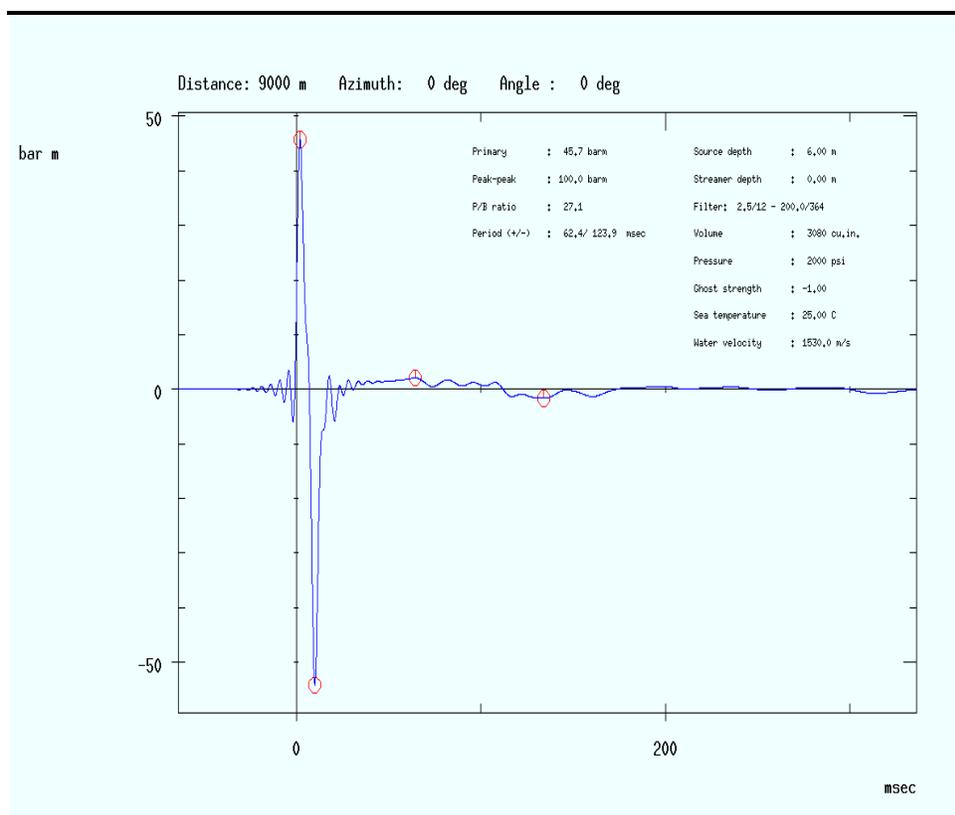
configurazione considerata, in relazione al tempo (ms.), che è rappresentato in *Figura 4.1.1b*. Il primo picco positivo è la pressione generata dall'*array*, mentre il primo picco negativo, denominato "ghost", è dovuto alla riflessione del primo impulso sulla superficie acqua/aria e le ondulazioni successive sono dovute agli effetti delle bolle generate dall'impulso.

I valori riportati nel grafico sono stati ottenuti considerando che l'*array* sia una sorgente puntiforme. Per fare ciò la modellazione ipotizza che la misura sia effettuata da un ipotetico idrofono posizionato perpendicolarmente al centro dell'*array* e ad una distanza di 9000 metri dal suo centro, così che la pressione sonora prodotta da ogni singolo *air gun* dell'*array* giunga all'idrofono entro un solo intervallo misurabile (B.Dragosett 2000, IAGC 2002). Inoltre ipotizza che lo "scoppio" sia simultaneo, che la temperatura dell'acqua sia di 25 °C e che la velocità del suono nel mezzo sia costante e pari a 1.530 m/s.

L'area perpendicolare all'*array*, dove la pressione sonora prodotta da ogni singolo *air gun* giunge all'idrofono entro un solo intervallo misurabile, come se fosse una sorgente puntiforme, è detta *far field*, mentre l'area più vicina è detta *near field*.

**Figura 4.1.1b**

**Firma della Pressione Sonora Generata dall'Array (Deep Water)**



Fonte: CGG Veritas

Le impostazioni utilizzate per la modellazione considerano che il picco di pressione stimato in 45,7 bar-m (pressione misurata in Bar riferita ad 1 metro dalla sorgente), equivalente a circa 253 dB, sia calcolato partendo dal valore di pressione generato dall'*array* atteso a 9.000 metri da esso (*Back calculation*).

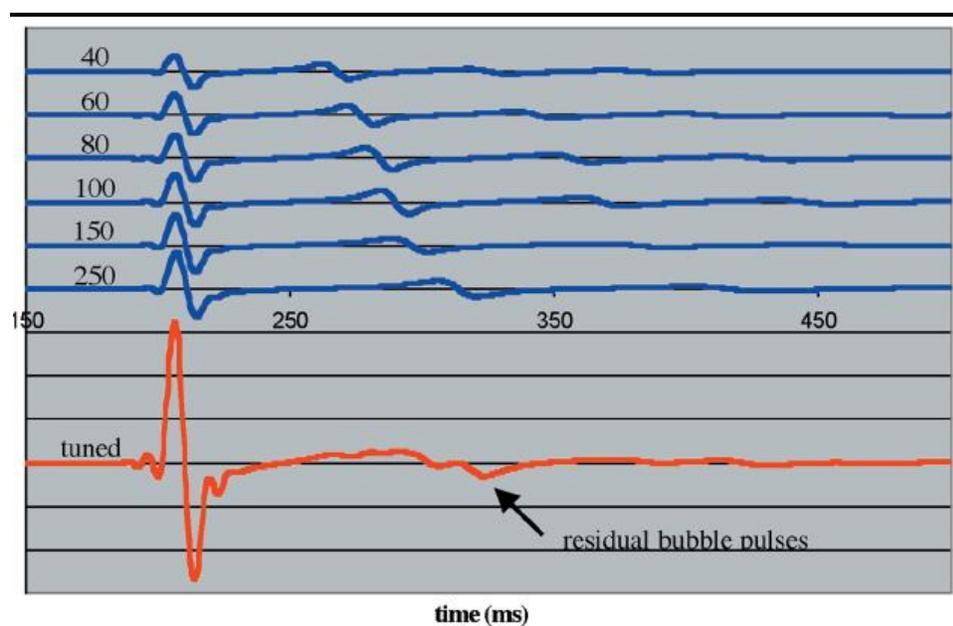
Tale valore risulta cautelativo in quanto è valido solo per il *far field*, mentre non lo è per le distanze inferiori (*near field*), dove l'ampiezza della pressione può essere variabile ed è generalmente inferiore a quella stimata per il "*far field*" (Clay e Medwin 1977 da Arne Hassel et. al 2004, J. Caldwell & W. Dragoset, 2000).

Infatti, la firma della pressione sonora dell'*array* sopra riportata è il risultato della somma dei picchi di pressioni prodotti dai singoli *air-guns* componenti l'*array* quando i picchi di pressione arrivano nello stesso punto nello stesso momento (ipotesi assunta per la modellazione).

Nella seguente *Figura* si riporta un esempio dell'effetto della somma di diverse "firme" di pressione. Le firme blu sono il prodotto di singoli *air guns*, con riportato il loro volume in pollici cubi (in.cu.), mentre la firma rossa è il risultato ottenuto se i picchi generati dagli *air guns* giungono contemporaneamente nello stesso punto.

Figura 4.1.1c

**Concetto della Armonizzazione dell'Air Gun Array**

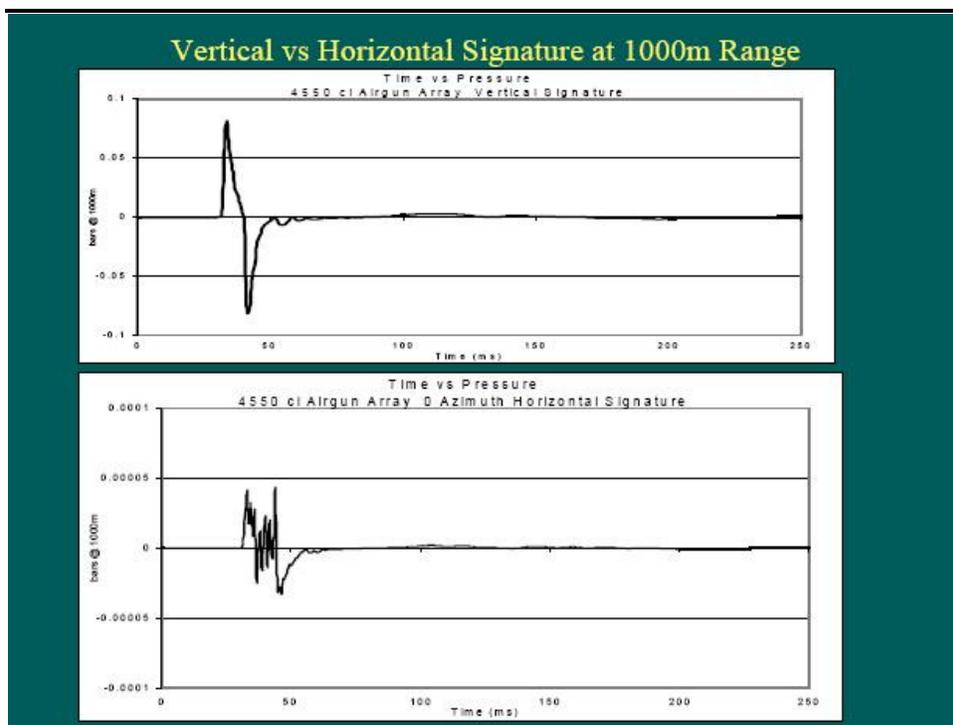


DA B.Dragoset, 2000

Nel caso in cui i picchi di pressione non arrivano simultaneamente nello stesso punto, si verifica uno sfalsamento che determina una riduzione del picco di pressione. Tale fenomeno è evidenziato in *Figura 4.1.1d*, dove è mostrato il differente livello di pressione generato dal medesimo *array* nel piano verticale e nel piano orizzontale. Si noti come il picco di pressione sulla verticale è compreso tra 0,05 – 0,1 bars a 1.000 metri, mentre nel piano orizzontale il picco di pressione è inferiore a 0,00005 bars a 1000 metri. Questo sfasamento, in misura differente, è atteso in qualsiasi punto nel *near-field*, sulla verticale dell'*array*, e in tutte le direzioni che si discostano dalla verticale, dove il punto di "registrazione" non sia equidistante da ciascun *air gun*.

Figura 4.1.1d

Confronto tra la Firma di Pressione Verticale e Orizzontale Generata da un Array



Da: IAGC, 2002

A riprova di ciò, simulazioni e misure di campo effettuate per verificare il livello di pressione nei pressi di *array* hanno rilevato come i livelli di pressione sono generalmente inferiori di 15 – 20 dB rispetto al valore stimato a partire dal *far field* e sono determinati dall'interazione degli *air guns* vicini al punto di misurazione (B.Dragosett 2000, IAGC 2002) e non dalla somma complessiva dei singoli *air guns*. In base a tali considerazioni nel *near field*, perpendicolarmente al nostro array, sarà atteso un livello di pressione sonora di circa 233/238 dB ad un 1 metro.

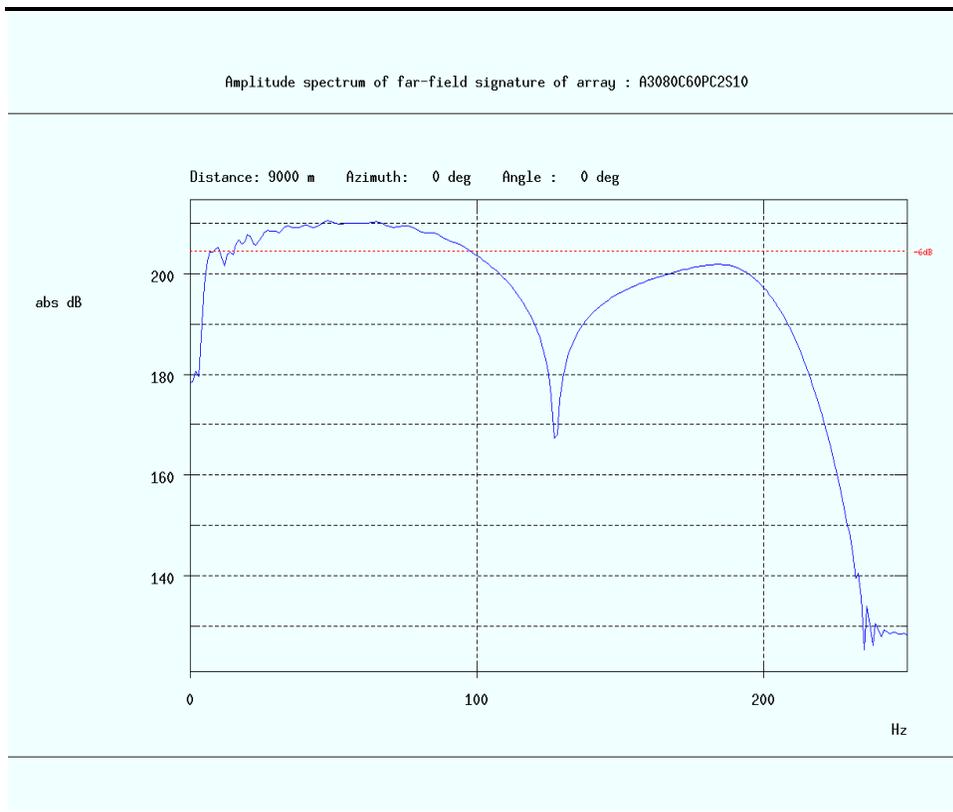
La firma di pressione dell'*array* include tutti i range di frequenze generati. Per visualizzare l'ampiezza della pressione sonora generata, in relazione alla frequenza, bisogna osservare la Figura 4.1.1e, spettro dell'ampiezza della firma della pressione generata dall'*array*. Come risulta evidente, la maggiore intensità è rilevabile per le frequenze inferiori a 100 Hz.

Le oscillazioni osservabili nello spettro intorno ai 50 Hz rappresentano gli impulsi dovuti alle "bolle" che si generano successivamente al primo impulso, mentre il picco a circa 125 Hz è dovuto all'impulso negativo (*ghost*) generato dalla riflessione dell'onda acustica sulla superficie mare/aria.

La linea tratteggiata rossa invece viene ad indicare il livello equivalente, ovvero indica il livello di pressione sonora che avrebbe il suono generato dall'*arrays* se fosse costante. Nel nostro caso è stato stimato un Livello equivalente pari a circa 204 dB.

Figura 4.1.1e

Spettro dell'Ampiezza della Firma della Pressione Sonora dell'Array



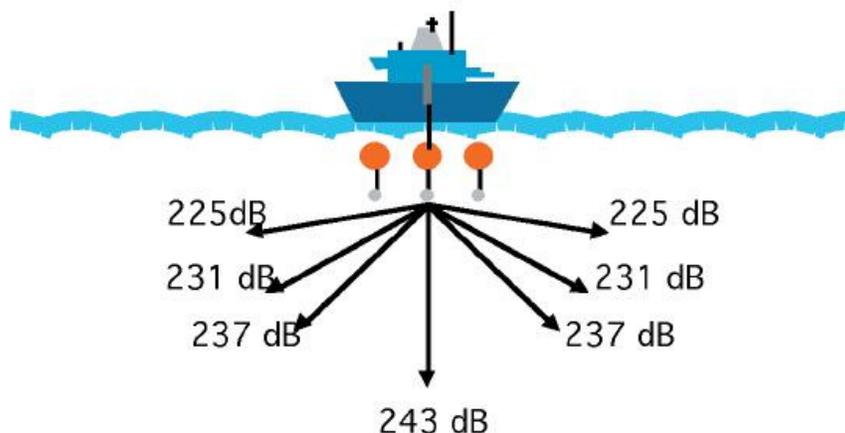
Fonte: CGG Veritas

Dispersione Laterale

Come già evidenziato in *Figura 4.1.1d*, gli *array* sono configurati in modo da proiettare la maggior parte dell'energia in direzione verticale verso il fondo, minimizzando l'emissione in orizzontale e le interferenze con l'ambiente circostante. Dagli studi effettuati in merito si rileva che la pressione sonora emessa lateralmente da una *array* è circa 20 dB più bassa rispetto a quella emessa verticalmente (J. Caldwell & W. Dragoset, 2000), ovvero attenuata di oltre 3 volte rispetto a quella verticale. Questo rappresenta un dato importante dal punto di vista ambientale, in quanto il rumore percepito dagli organismi marini viene limitato dal fatto che le pressioni sonore fuori dall'asse di direzione preferenziale dell'onda risultano inferiori. Nella seguente *Figura* si riportano i valori in dB stimati ad 1 metro dalla sorgente, in relazione all'angolo di dispersione, per un *array* con picco di pressione pari a 19 bars (J. Caldwell & W. Dragoset, 2000).

Figura 4.1.1f

Schema di Distribuzione Verticale di un Tipico Array con Valori di Pressione Sonora Espressi in dB re 1  $\mu\text{Pa}\cdot\text{m}$  (rms  $P$  to  $P$  massimo di 13,4 bars –  $P$  to  $P$  massimo assoluto di 19 bars)



Da: J. Caldwell & W. Dragoset, 2000

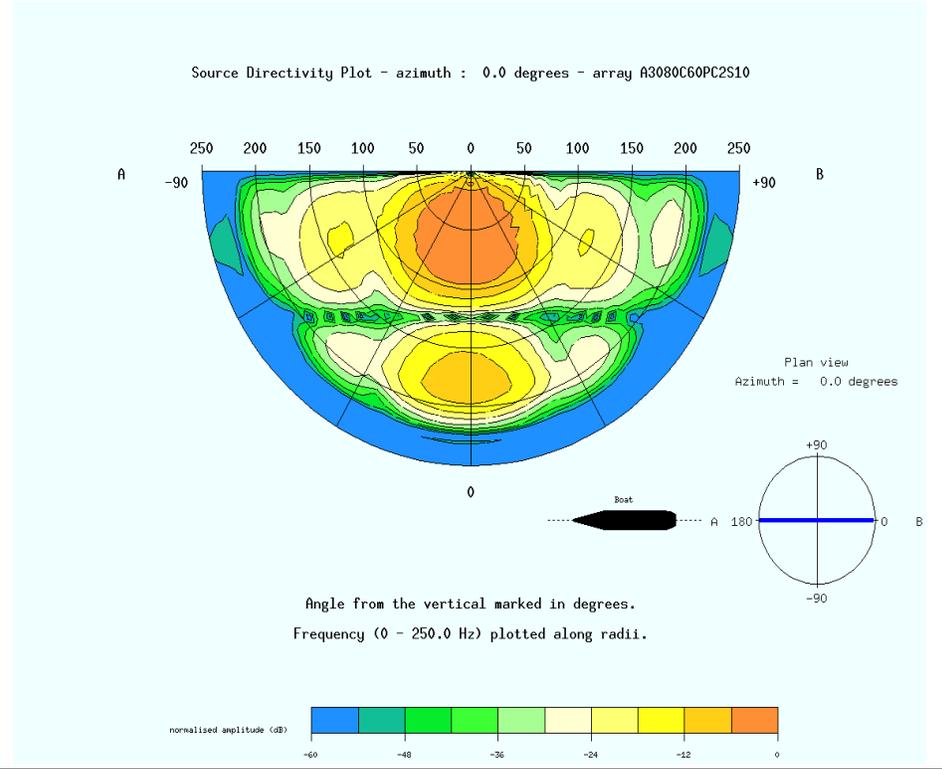
Le Figure 4.1.1g-h, riportano i grafici della direttività della pressione sonora sia lungo il verso di marcia della nave che perpendicolarmente ad esso, in relazione alle differenti frequenze emesse dall'array considerato.

La scala di colori rappresenta l'ampiezza di ciascuna frequenza emessa in relazione alla pressione stimata nel *far-field*, mentre la direttività è data dall'angolo di emissione, rilevabile in corrispondenza delle linee che dipartono dallo "0" posizionato nel centro del grafico. La linea 0-0 rappresenta l'asse perpendicolare all'array (angolo di emissione verticale) e i colori lungo questo asse rappresentano lo spettro dell'ampiezza della firma verticale. Quindi lungo la direttrice  $0^\circ - 90^\circ$  è rappresentata la firma di pressione dell'array nel piano orizzontale.

Dai grafici si rileva come l'array utilizzato nell'area *Deep Water* emette onde di pressione sonora che si propagano con livelli di pressione più elevati in direzione verticale, mantenendosi all'interno dell'angolo di  $30^\circ$  rispetto alla direzione perpendicolare di crociera e di  $60^\circ$  rispetto alla direzione di crociera. Questa direzionalità, voluta per concentrare la maggiore energia nelle frequenze inferiori a 100 Hz (più utili per le indagini geofisiche), consente di contenere la dispersione di energia e quindi di limitare le interferenze ambientali.

Figura 4.1.1g

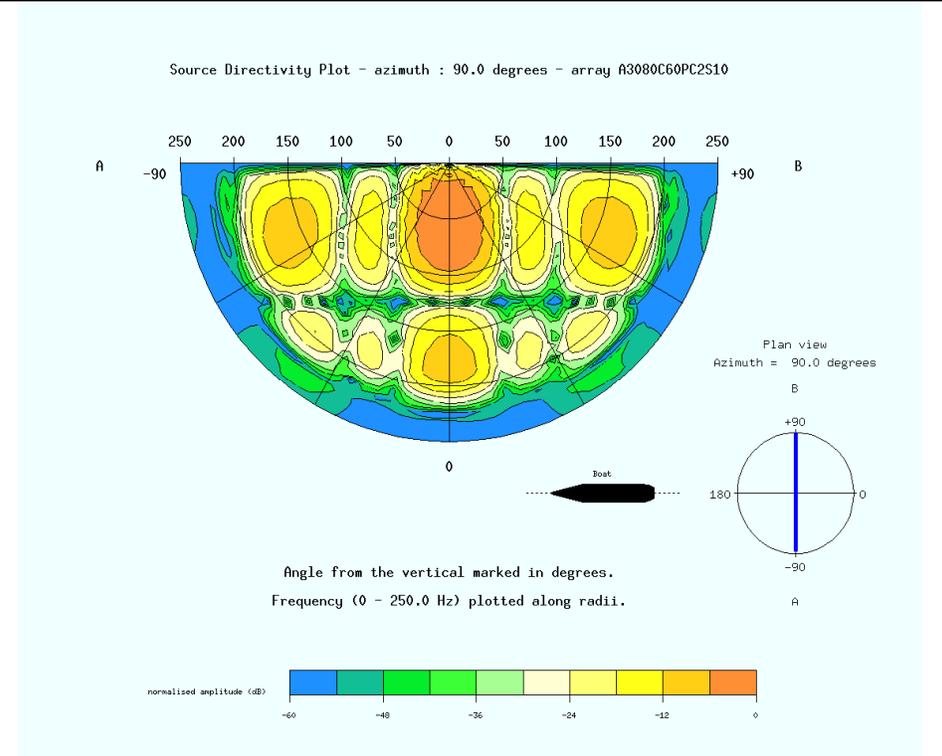
*Direttività della Pressione Generata dall'Array (Direzione di Navigazione)*



Fonte: CGG Veritas

Figura 4.1.1h

*Direttività della Pressione Generata dall'Array (Direzione Perpendicolare a quella di Navigazione)*



Fonte: CGG Veritas

#### 4.1.2 *Shallow Water*

Le operazioni nell'area "*Shallow Water*" saranno eseguite con natanti di dimensione limitata e con ridotto pescaggio, del tipo illustrato nella seguente *Figura*.

**Figura 4.1.2a** *Imbarcazione Tipo Utilizzata per le Attività nell'Area "Shallow Water"*



Le considerazioni sopra riportate per l'*air gun array* utilizzato nell'area "*Deep Water*" valgono anche per gli *arrays* utilizzati nell'area "*Shallow Water*".

La potenza degli *air gun* che saranno utilizzati nei rilievi *shallow water* sarà di due livelli differenti: a profondità fino ad un minimo di 1,5 m si utilizzerà un mini *air gun* con volume complessivo di 320 in<sup>3</sup> (circa 5 l) mentre per profondità fino ad un minimo di 3 m il volume potrà essere di 920 in<sup>3</sup>(circa 15 l) Nelle seguenti *Tabelle 4.1.2a-b* si riportano le configurazioni dei due possibili *array*.

**Tabella 4.1.2a** *Mini Air Gun: Caratteristiche dell'Array*

<b>Codice Array</b>	<b>S0320A08A40</b>
Numero di <i>air gun</i> attivi	8 (massimo)
Numero di <i>air gun</i> di riserva	0
Tipo di <i>air gun</i>	SLEEVE GUN
Volume dei singoli <i>air gun</i>	40 in <sup>3</sup> (circa 0,6 l)
Volume attivo totale	320 in <sup>3</sup> (circa 5 l)
Pressione del singolo <i>air gun</i>	2.000 psi (140 bar)
Pressione 0 - peak	6,16 bar-m
Pressione peak-to-peak	13,6 bar-m
Profondità	-

Fonte: CGG Veritas

Tabella 4.1.2b

**Air Gun da 920 in<sup>3</sup>: Caratteristiche dell'Array**

Codice Array	Gundalf 920cuin 26SGI2000PSI 4m
Numero di <i>air gun</i> attivi	26
Numero di <i>air gun</i> di riserva	0
Tipo di <i>air gun</i>	SLEEVE
Volume dei singoli <i>air gun</i>	40 in <sup>3</sup> (circa 0,6 l)
Volume attivo totale	920 in <sup>3</sup> (circa 15 l)
Pressione del singolo <i>air gun</i>	2.000 psi (140 bar)
Pressione 0 - peak	21,7 bar-m
Pressione peak-to-peak	36,7 bar-m
Profondità	-

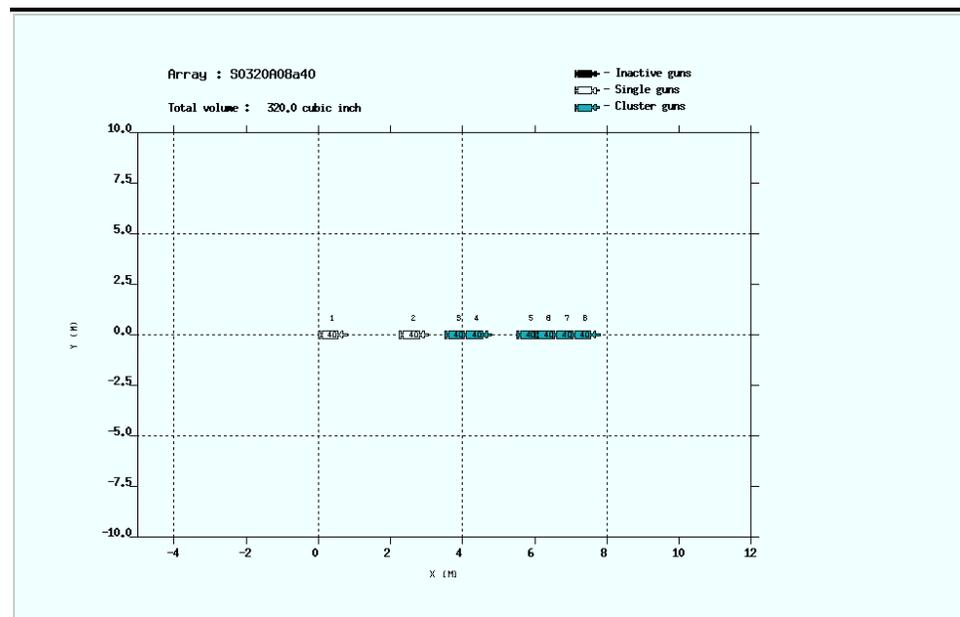
Fonte: CGG Veritas

Dai grafici della disposizione spaziale dei due array (Figure 4.1.2b - c) si rileva che:

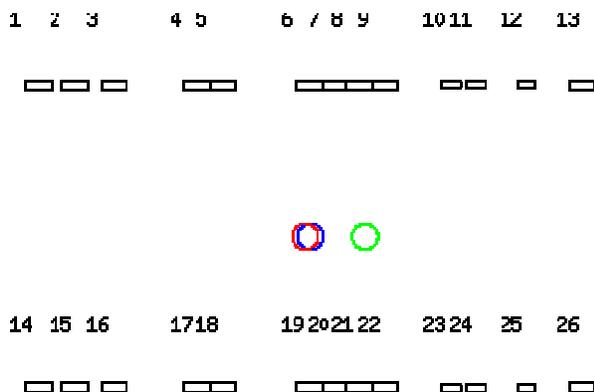
- il mini air gun è composto da un'unica linea di air gun di lunghezza di circa 8 m;
- l'array da 920 in<sup>3</sup> avrà una dimensione di circa 11 m in lunghezza e 7 m in larghezza.

Figura 4.1.2b

**Mini Air Gun: Disposizione Spaziale dell'Array**



Fonte: CGG Veritas



Le caratteristiche del segnale acustico prodotto, da cui sono ricavabili il livello di pressione sonora e la direttività delle onde acustiche, sono riportate nelle seguenti *Figure*, fornite dai fornitori contattati per l'esecuzione dei rilievi sismici.

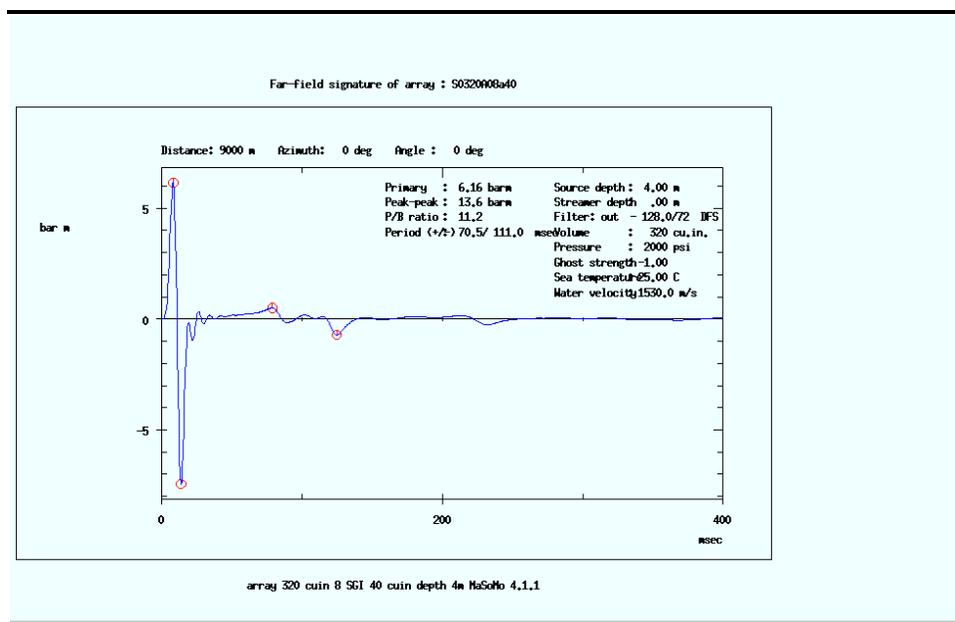
#### *Stima del Livello di Pressione Sonora ad 1 metro*

La "Firma della Pressione Sonora" generata dall'*array* formato dai mini *air gun* (320 in<sup>3</sup>) è riportata in *Figura 4.1.2d*. Come già evidenziato in precedenza, l'*array* durante la modellazione è equiparato ad una sorgente puntiforme. La firma di pressione sonora è stata quindi calcolata a partire dal valore registrato da un ipotetico idrofono posizionato perpendicolarmente al centro dell'*array* e ad una distanza di 9.000 metri dal suo centro. Altre assunzioni considerate durante la modellazione sono: temperatura dell'acqua pari a 25 °C e velocità del suono nel mezzo costante e pari a 1.530 m/s.

Anche in questo caso, il picco di pressione di 6,16 bar-m stimato ad 1 metro dall'*array*, equivalente a circa 235 dB ad 1 metro, è da considerarsi cautelativo e risulta sovrastimato rispetto alla pressione attesa nella realtà che, per quanto visto prima, dovrebbe essere compresa tra 215 – 220 dB.

Figura 4.1.2d

Firma della Pressione Sonora Generata dall'Array (Mini Air-Gun)

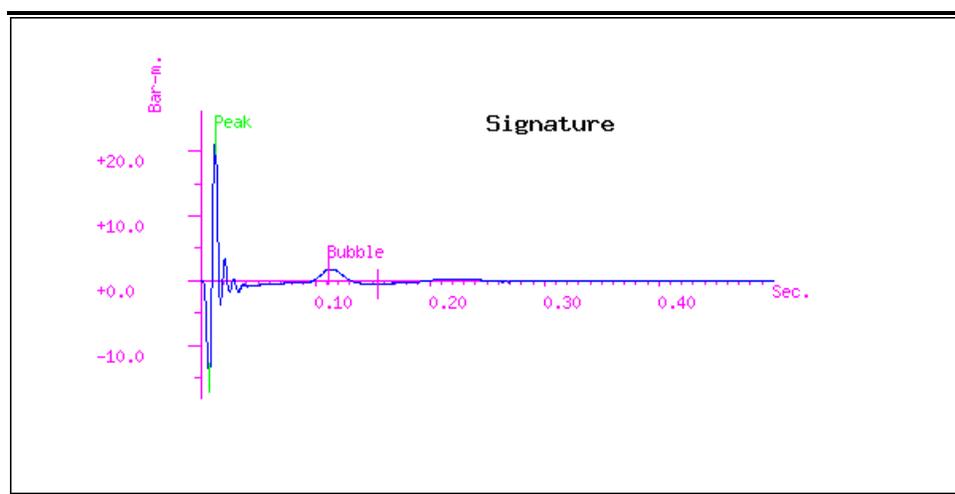


Fonte: CGG Veritas

La firma di pressione sonora generata dall'array da 920 in<sup>3</sup> (Figura 4.1.2e) è stata determinata assumendo che la posizione dell'idrofono sia localizzata all'infinito e che velocità del suono in acqua e temperatura siano rispettivamente sempre pari a 1.530 m/s e 25 °C. Anche in questo caso il valore di picco calcolato di 21,7 bars – m, equivalente a circa 247 dB, risulta sovrastimato rispetto a quello atteso nella realtà che dovrebbe essere pari a circa 227/232 dB ad 1 metro di distanza dall'array.

Figura 4.1.2e

Firma della Pressione Sonora Generata dall'Array (Air Gun da 920 in<sup>3</sup>)

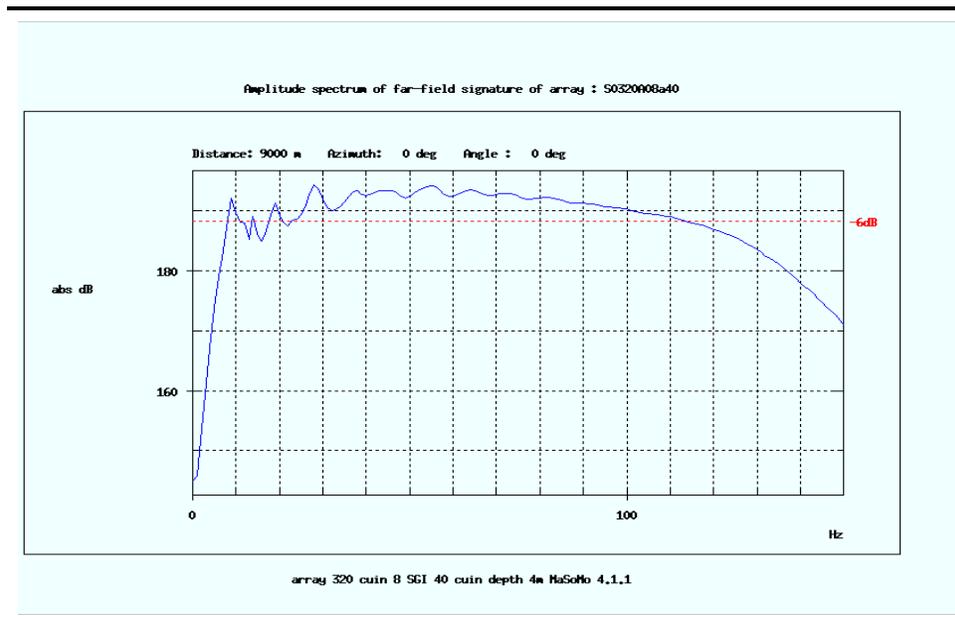


L'ampiezza dello spettro della firma di pressione sonora generata dagli array, utilizzati nelle aree "Shallow Water", in relazione alla frequenza, è riportata nelle Figure 4.1.2f-g. Come risulta evidente, la maggiore intensità è rilevabile per le frequenze inferiori a 100 Hz.

Le oscillazioni osservabili nello spettro intorno ai 50 Hz rappresentano gli impulsi dovuti alle bolle che si generano successivamente al primo impulso.

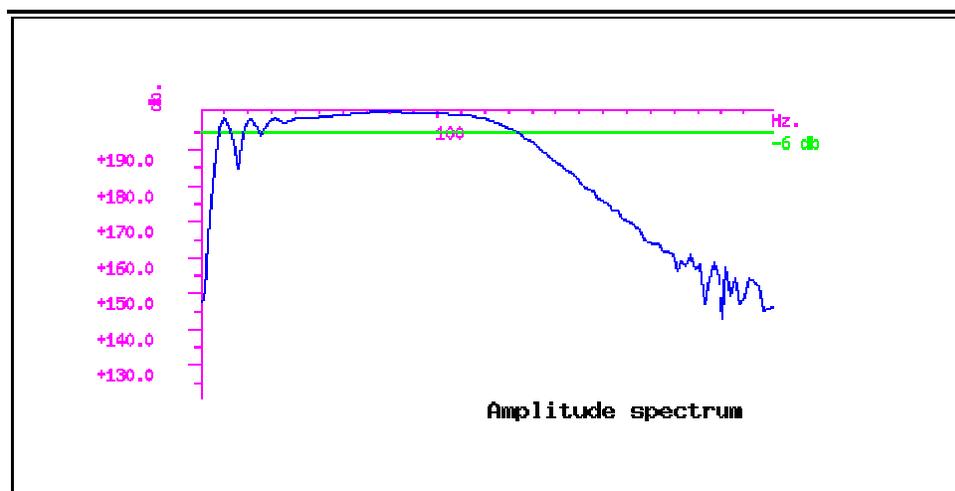
La linea tratteggiata rossa, invece, indica il livello equivalente, ovvero il livello di pressione sonora che avrebbe il suono generato dall'array se fosse costante, e risulta pari a 184 dB.

**Figura 4.1.2f** *Spettro dell'Ampiezza della Firma della Pressione Sonora dell'Array con Mini Air Gun*



Fonte: CGG Veritas

**Figura 4.1.2g** *Spettro dell'Ampiezza della Firma della Pressione Sonora dell'Array da 920 in<sup>3</sup>*



## Dispersione Laterale

Le Figure 4.1.2h – i – l – m mostrano la direttività della pressione sonora sia lungo il verso di marcia della nave che perpendicolarmente ad esso, in relazione alle differenti frequenze emesse dall'array.

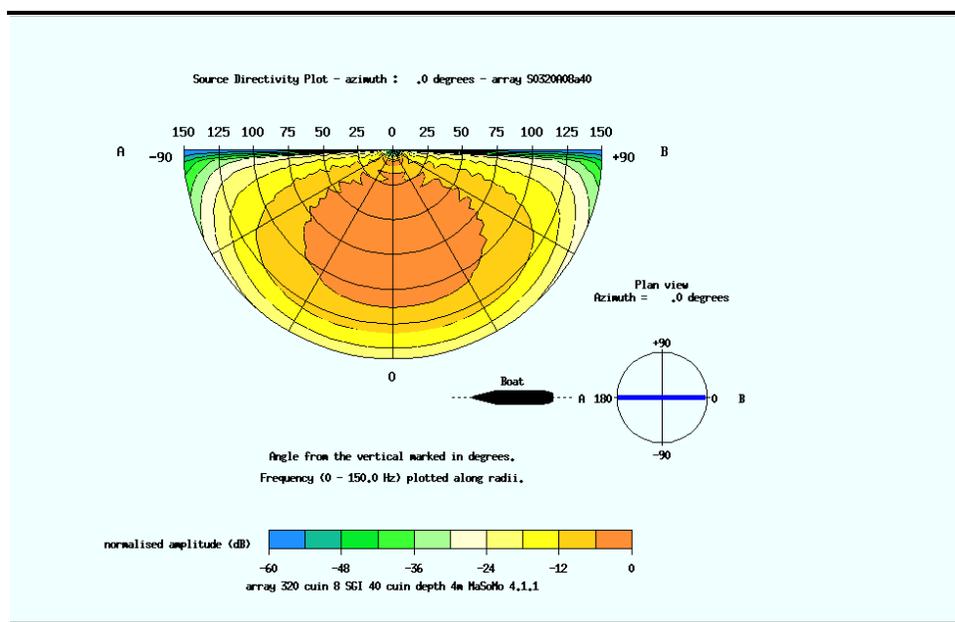
La scala di colori rappresenta l'ampiezza di ciascuna frequenza emessa in relazione alla pressione stimata nel *far-field*, la direttività è data dall'angolo di emissione, rilevabile in corrispondenza delle linee che dipartono dallo "0" posizionato nel centro del grafico nelle Figure 4.1h – i, e dai valori angolari riportati in ascissa nelle Figure 4.1l – m. La linea 0-0 (Figure 4.1h – i) rappresenta l'asse perpendicolare all'array (angolo di emissione verticale) e i colori lungo questo asse rappresentano lo spettro dell'ampiezza della firma verticale. Quindi la direttrice 0° – 90° rappresenta la firma di pressione dell'array nel piano orizzontale.

Dai dati disponibili si può osservare che sia per il mini *air gun* sia per l'*air gun* da 920 in<sup>3</sup> i livelli sonori più elevati sono presenti in direzione verticale (verso il fondo) mantenendosi all'interno di un angolo di 60°, sia rispetto alla direzione di crociera, sia rispetto alla perpendicolare alla direzione di crociera. Questa direttività, voluta per concentrare la maggiore energia nelle frequenze inferiori a 100 Hz (più utili per le indagini geofisiche), consente di contenere la dispersione di energia.

Come riportato in precedenza per l'array utilizzato nell'area "Deep Water", anche per gli array utilizzati in "Shallow water" la pressione sonora attesa lateralmente sarà circa 20 dB più bassa rispetto a quella emessa verticalmente (J. Caldwell & W. Dragoset, 2000).

Figura 4.1.2h

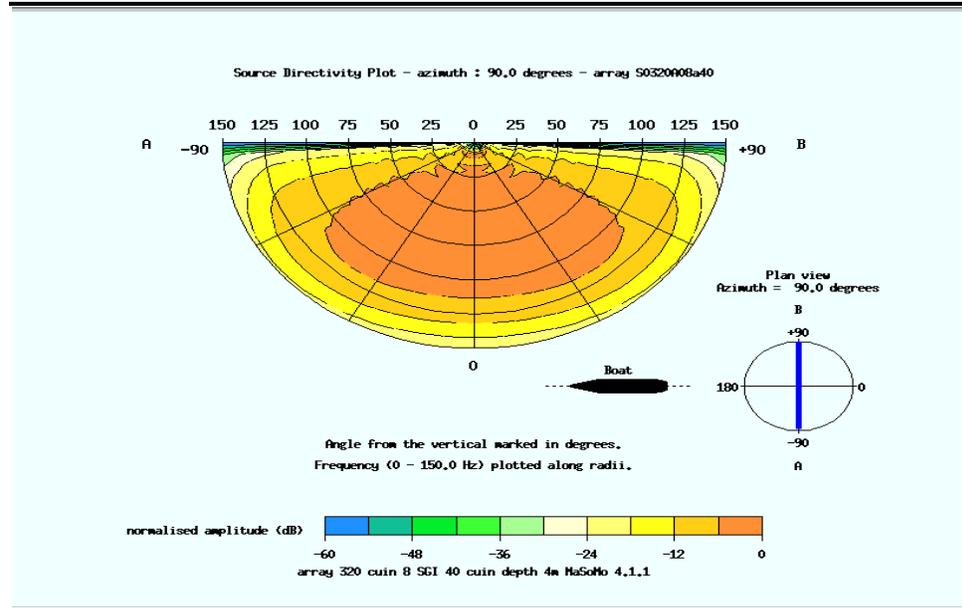
### Mini Air Gun: Direttività delle Onde Generate dall'Array Lungo la Direzione di Navigazione



Fonte: CGG Veritas

Figura 4.1.2i

*Mini Air Gun: Direttività delle Onde Generate dall'Array nella Direzione Perpendicolare a Quella di Navigazione*



Fonte: CGG Veritas

Figura 4.1.2l

*Air Gun da 920 in<sup>3</sup>: Direttività delle Onde Generate dall'Array Lungo la Direzione di Navigazione (in dB relativi a 1  $\mu$ Pa per Hz a 1m)*

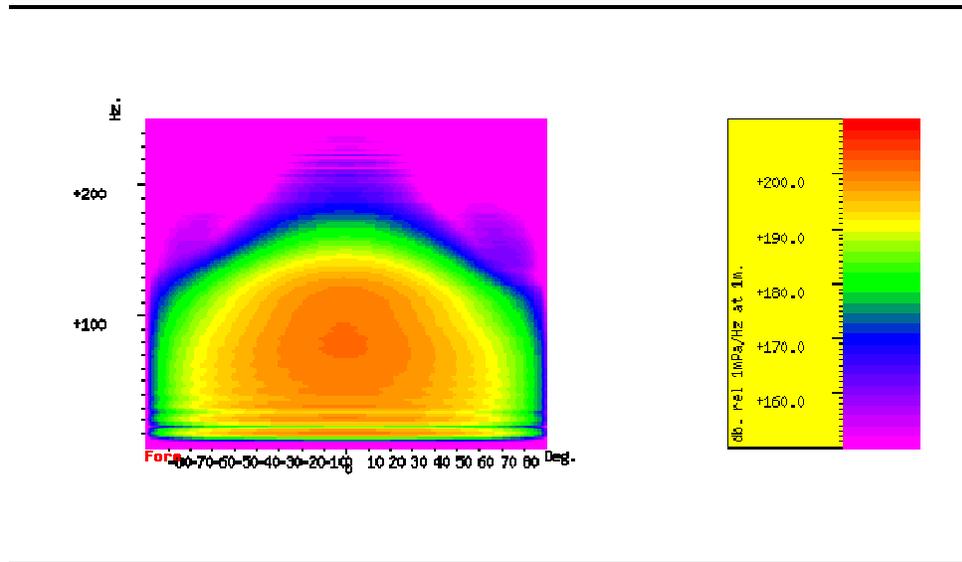
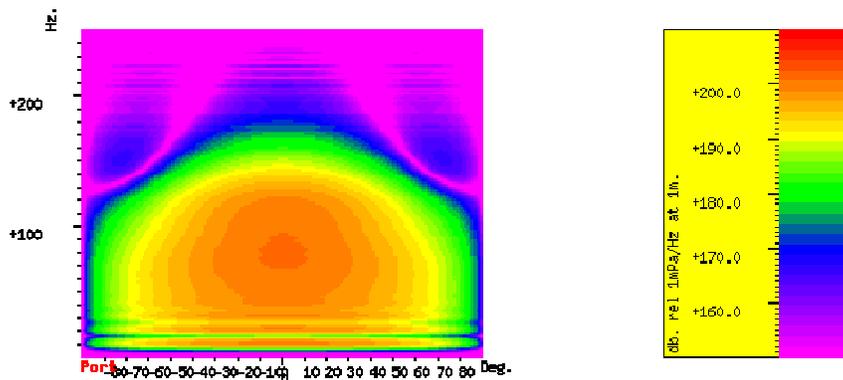


Figura 4.1.2m

*Air Gun da 920 in<sup>3</sup>: Direttività delle onde generate dall'array nella direzione perpendicolare a quella di navigazione (in dB relativi a 1  $\mu$ Pa per Hz a 1m)*



## 4.2

### SINTESI DEGLI EFFETTI DELLE ONDE SISMICHE SUL BIOTA MARINO

Le sorgenti delle onde sismiche, per le prospezioni a mare, sono gli *air gun arrays*.

Le potenziali interferenze derivante dalla propagazione delle onde elastiche sono principalmente legate al rumore, che si propaga in acqua con velocità circa quattro volte superiore che nell'aria.

I potenziali effetti sugli organismi marini dovuti all'attività di prospezione sismica a mare mediante *air gun* sono diversi. Dalle informazioni disponibili in letteratura, le onde sismiche ad alta energia possono risultare ininfluenti per la salute e per il comportamento di alcune specie, mentre, per altre, possono causare danni fisici. Gli effetti sono diversi anche a seconda dello stadio di vita in cui si trova l'organismo coinvolto: in generale, è stato osservato che durante i primi stadi di vita l'ittiofauna risulta molto più sensibile.

Di seguito, prima di valutare le eventuali interferenze indotte dalle attività di prospezione descritte nel presente studio, viene presentata una sintesi degli effetti che, secondo diversi studi disponibili in letteratura, le onde sismiche prodotte dagli *air guns* possono produrre sulle componenti biotiche marine.

La documentazione riportata ed utilizzata nella seguente trattazione si riferisce principalmente a studi che presentano caratteristiche simili al caso oggetto di valutazione. In particolare, sono stati considerati preferenzialmente studi con le seguenti caratteristiche:

- livelli di pressione sonora ad 1 metro equiparabili a quelli attesi dagli arrays utilizzati;

- condotti preferenzialmente nel Mar Mediterraneo;
- condotti in aree con batimetria inferiore a 200 metri di profondità.

#### 4.2.1

#### *Invertebrati*

La pressione delle onde elastiche sembra avere un effetto quasi trascurabile su zooplankton e zoobenthos, probabilmente per la mancanza, in tali organismi, di organi contenenti aria (ad esempio, la vescica natatoria, presente nei pesci). Durante un esperimento di sismica condotto con dinamite, i cui impatti sono certamente più significativi rispetto a quelli indotti da *air gun*, si osservò che crostacei decapodi del genere *Caridea* non risentivano dell'effetto delle onde sismiche ad una distanza di 15 metri dalla sorgente (Gowanloch & McDogall, 1946 da NERI, 2002). Altri studi sull'effetto degli *air gun* sugli invertebrati hanno interessato le larve del granchio *Cancer magister*, che, sottoposte ad un elevato livello di pressione generato da un *air gun* (livello di picco pari a 230 dB re 1 $\mu$ Pa ad 1 metro di distanza) non hanno mostrato alcun effetto significativo (Pearson *et al.* 1994 da NERI, 2002).

Altri studi hanno rilevato un basso tasso di mortalità tra i macroinvertebrati quali pettine (*Chlamys varia*), ricci di mare (*Echinoidea*), bivalvi, calamari (cefalopodi) e gasteropodi, sottoposti a livelli di pressione pari a 220dB. Per alcune specie non è stato possibile rilevare alcun decremento del numero di individui esposti sino a pressioni sonore di 230 dB (Royal Society of Canada). Wardle (2001) ha invece rilevato che gli invertebrati sembrano tollerare l'esposizione ad una pressione sonora di 195-210 dB (da: Royal Society of Canada 2004).

Durante esperimenti realizzati da CEOM e Agip su organismi adulti, larve e uova di molluschi (*Sepia officinalis*, *Loligo vulgaris*, *Molluscus galloprovincialis*, *Pecten jacobaeus*, *Clamys spp.*) e crostacei (*M. crespata*) è stato rilevato che l'esposizioni di organismi adulti, alla pressione generata da un *air gun* con valore picco di pressione pari a 229,5 dB re 1 $\mu$ Pa a 1 metro, non comporta effetti mortali in nessuna delle specie considerate poste a distanze superiori a 7 metri dalla sorgente. Solo per le uova e le larve di calamaro localizzate ad un 1 m dalla sorgente (229,5dB re 1 $\mu$ Pa a 1 metro) sono stati evidenziati sensibili variazioni nella mortalità, nel tasso di schiusa e nel corretto sviluppo degli organi. Per tutti gli altri organismi considerati non si sono rilevate differenze statisticamente significative rispetto ai campioni di controllo.(A. Modica *et al.* 1999).

Per valutare gli effetti a breve termine sui macroinvertebrati bentonici, indotti dalla realizzazione di una prospezione sismica 3D mediante *air-guns* generanti onde acustiche di intensità compresa tra i 200 e i 250 dB re 1 $\mu$ Pa a 1 metro, è stato realizzata uno studio in collaborazione tra CNR, CEOM e AGIP(C. Froggia *et.al* 1998). L'area interessata dall'indagine è una fascia costiera al largo di Pescara con profondità inferiore a 10 metri, caratterizzata dalla presenza di macro-invertebrati della comunità bentonica delle sabbie fini ben classate (facies a *Chamela gallina*). Dallo studio è emerso che:

- non ci sono variazioni statisticamente significative tra i campionamenti dei popolamenti bentonici effettuati pre e post survey;
- l'esecuzione della prospezioni sismica, anche a profondità inferiori di 10 metri, non ha arrecato pregiudizio alle risorse bentoniche.

#### 4.2.2

#### *Ittiofauna*

Per quanto riguarda l'ittiofauna, gli studi condotti evidenziano possibilità di danni sugli organismi, nel caso in cui si trovino in prossimità della sorgente di energia, soprattutto durante i periodi di deposizione delle uova, sulle uova e durante i primi stadi di crescita degli individui. Infatti, i primi stadi di evoluzione della vita dei pesci sono risultati essere più sensibili anche a causa della inferiore mobilità rispetto agli adulti, che riescono ad allontanarsi più rapidamente dalla sorgente di energia.

In particolare, è stato osservato che le larve di pesci e gli avannotti possono essere uccise dalla pressione delle onde sonore se si trovano entro pochi metri dalla sorgente di energia (NERI, 2000). Effetti sulle larve di pesce e sulle uova sono stati monitorati anche da Østby (2003) che ha rilevato effetti letali ad una distanza inferiore a 2 metri dalla sorgente e possibili effetti sub-letali a distanza inferiori ai 5 metri (Østby et al. 2003 da NERI 2007).

Sempre a riguardo di larve e uova di pesce, Davis (1998) riporta che possono essere letali onde di pressione di circa 226-234 dB (entro i 3 metri dall'air gun) (Royal Society of Canada, 2004). Durante 3D surveys effettuate nel mare del Nord (Norvegia), Saette e Ona (1996) e Kenchington (2001) è stata stimata, nel caso peggiore, una mortalità delle larve, inferiore al 5% rispetto al totale delle larve potenzialmente presenti, ritenendola non determinare un impatto rilevante sulla popolazione totale, anche in considerazione del tasso di mortalità naturale di uova e larve che è generalmente piuttosto alto (circa il 10%) (Saette e Ona, 1996 da: Royal Society of Canada, 2004).

La possibilità che individui dell'ittiofauna vengano uccisi dall'esplosione dell'*air gun* è stata verificata in via sperimentale mediante l'utilizzo di cavie poste in gabbie a diversa distanza dalla sorgente di emissione. Da tali esperimenti, i casi di mortalità sono stati principalmente riscontrati quando i pesci sono stati posizionati entro 1,5 m dalla sorgente dell'esplosione e con la vescica natatoria piena di gas (Yelverton 1981 da: Royal Society of Canada 2004 e NERI, 2000).

Conseguenze fisiche non letali sono state rilevate da McCauley (2003) che ha registrato il danneggiamento di cellule sensorie in pesci sottoposti a ad una pressione sonora di 180 dB (McCauley et al 2003 da Royal Society of Canada 2004), mentre da uno studio condotto da Wardle et al. (2001), si rileva che i pesci associati a scogli e barriere coralline sembrano tollerare l'esposizione ad una pressione sonora di 195-210 dB (da: Royal Society of Canada 2004).

CEOM e Agip hanno condotto esperimenti nel Mar Mediterraneo atti a valutare gli effetti delle attività di prospezione sismica a mare mediante *air*

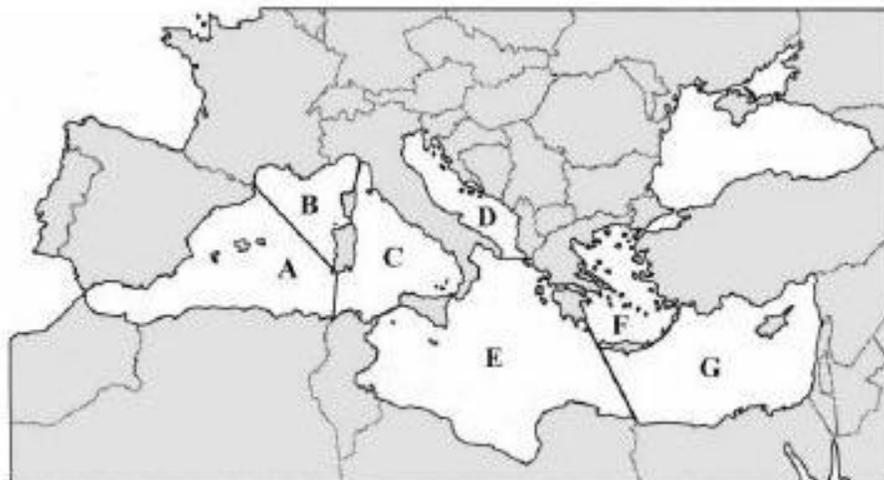
*gun* su individui adulti, larve e uova di pesci. Le specie utilizzate durante gli esperimenti sono: *Dicentrarchus labrax*, *Sparus aurata*, *Sardina pilchardus* e *Pleuronectes flesus*. Durante gli esperimenti è stato possibile osservare che gli organismi adulti, di tutte le specie considerate, posti ad una distanza superiore a 7 metri da una sorgente di emissione (*air gun*) in grado di generare una pressione sonora di picco di 229,5 dB re 1 $\mu$ Pa a 1 metro, non risultano soggetti a morte. Solamente in singoli casi nelle sardine, tenute in gabbie poste ad una distanza di 2-4 metri dalla sorgente, sono state rilevate alterazioni ad organi interni. Sensibili variazioni nella mortalità, nel tasso di schiusa e nel corretto sviluppo degli organi sono stati riscontrati nelle uova e nelle larve dell'orata (*Dicentrarchus labrax*) localizzate entro i 3 metri dall'*air gun* (229,5dB re 1 $\mu$ Pa a 1 metro). Per tutti gli altri organismi gli studi non hanno rilevate differenze statisticamente significative rispetto ai campioni di controllo (A. Modica et al. 1999).

Secondo Engås si possono verificare anche effetti di fuga da un'area sottoposta ad indagini sismiche, effetti che possono risultare negativi sullo stock di pesce nel caso in cui i pesci adulti si allontanino da un'area di riproduzione durante il periodo riproduttivo, mentre al di fuori del periodo riproduttivo lo stock di pesce risulta impattato solo temporaneamente sino a che i pesci non ritornano nell'area indagata dalla sismica (Engås et al. 2003 da NERI 2007).

#### 4.2.3 *Mammiferi Marini*

L'area di studio, pur trovandosi al di fuori del santuario marino dei cetacei, rientra nella porzione meridionale della subregione del bacino ligure, corso, provenzale e golfo del Leone (Area B *Figura 4.2.3a*). Tale subregione, grazie a particolari condizioni che determinano un'alta produttività primaria durante i mesi estivi, ospita un alto numero di cetacei sia in termini di specie che di individui.

La maggioranza delle specie segnalate nei mari dell'area di studio e prossimi ad essa frequentano acque profonde e le aree sovrastanti la scarpata continentale. Eccezioni sono rappresentate dal Delfino comune e il Tursiopo, che frequentano anche le acque costiere.



La presenza di mammiferi marini nell'area di interesse è stata studiata da Nortarbartolo di Sciara et al. durante una campagna realizzata nel 1993 (Campagna "Highlander"), nel corso della quale sono state individuate le specie riportate in Tabella.4.2.3a.

Tabella 4.2.3a

**Frequenza di Avvistamento di 4 Specie di Cetacei nel Mare di Sardegna (Sud)**

Specie	Frequenza di Avvistamento (X medio <sup>1</sup> )
<i>Tursiops truncatus</i>	4,16
<i>Stenella coeruleoalba</i>	1,65
<i>Balaenoptera physalus</i> <sup>2</sup>	0,65
<i>Delphinus delphis</i>	1,80
<i>Physeter catodon macrocephalus</i>	2,66

Nortarbartolo et al., 1993, Campagna "Highlander"

Oltre alle specie riportate nella Tabella 4.3a, viene segnalata la presenza di *Balaenoptera physalus* (Balenottera comune), unico mysticeto che si riproduce nel Mediterraneo, e di *Physeter catodon macrocephalus* (Capodoglio). Entrambe le specie sono protette dalla Legge Nazionale n°157/92 sulla protezione della fauna selvatica, oltre a rientrare nell'Allegato II delle ASPIM, nell'Ap.2 della convenzione di BERNA e nell'Allegato IV della Direttiva Habitat.

Sia la Balenottera comune che il Capodoglio rientrano nella lista rossa dell'IUCN come specie vulnerabili.

Si segnala infine che nell'area di studio non è stata rilevata la presenza di Pinnipedi.

<sup>1</sup> X medio è stato calcolato dividendo il numero di gruppi avvistati durante ogni osservazione (in questa campagna 13) per la durata di ciascuna osservazione e moltiplicando per 100 (per evitare decimali superflui)

<sup>2</sup> La presenza di questa specie è stata in seguito confermata nello studio "The fin whale *Balaenoptera physalus* (L.1758) in the Mediterranean Sea", G. Nortarbartolo di Sciara et al.

Balene e delfini possono essere soggetti ad impatti causati dal rumore in quanto utilizzano i suoni per:

- comunicare;
- trovare le prede;
- scoprire i predatori;
- evitare ostacoli (reti da pesca, acque basse, ecc.);
- navigare.

Studi sull'effetto delle attività sismiche sui mammiferi marini sono stati compiuti principalmente nei mari del nord, nell'Atlantico, nel Pacifico del nord e nell'Artico. Essi hanno mostrato che i cetacei, quando disturbati da rumori intensi, adottano in generale due possibili strategie di fuga: l'incremento della velocità del nuoto ed il prolungamento dei tempi di immersione (Jahoda et al., 2003).

È stato osservato che *Eschrichtius robustus* e *Balaena mysticetus* si comportano normalmente se si trovano a distanza di molti chilometri dalla fonte di rumore, mentre fuggono nel caso in cui siano a pochi chilometri di distanza. Durante uno studio sulla reazione delle megattere (*Megaptera novaeangliae*) agli impulsi generati da un *air gun*, non sono stati rilevati effetti sul loro comportamento ad una distanza superiore ai 3,2 km dalla sorgente di emissione del rumore (Malme et al., 1985 in NERI 2000). Di contro, Mate (Mate et al., al 1994) ha osservato reazioni di fuga di individui di capodoglio (*Physeter macrocephalus*) ad impulsi sismici emessi a distanze superiori a 50 km.

In ogni caso, numerosi studi sulla risposta delle balene ad attività di prospezione sismica hanno evidenziato che il comportamento dei cetacei osservati rientra nella normalità nelle 48 ore successive al disturbo (NERI, 2000).

In termini cautelativi l'NMFS (National Marine Fisheries Services, USA) nelle sue linee guida (2000) individua come raggio di "salvezza" per i mammiferi marini l'area oltre la quale la pressione sonora generata da una *air gun* array è ≤ a 180 dB (rms) per i cetacei e ≤ a 190 dB (rms) per i pinnipedi (da LGL, 2007).

#### *Procedure Operative*

Al fine di tutelare la fauna marina, durante l'esecuzione della campagna di prospezione sismica che verrà condotta nell'area, si prevede di adottare le linee guida proposte dal Joint Natural Conservation Committee (JNCC, 2004), ente di consulenza tecnica del governo inglese per la conservazione della natura.

Gli stati dell'Unione Europea sono tenuti, in base alla *Direttiva Habitat 92/43/CEE* (art.12), a stabilire un sistema di protezione per tutte le specie animali elencate nell'allegato IV, ivi comprese tutte le specie di cetacei.

Nel Regno Unito la Direttiva Habitat è stata attuata attraverso una serie di atti che includono il regolamento “The Offshore Petroleum Activities (Conservation of Habitats) Regulations 2001” che riguarda tutte le attività del settore petrolifero all’interno del territorio britannico.

Secondo questo regolamento, tutte le compagnie che vogliono eseguire un’indagine sismica devono richiedere l’autorizzazione al “Dipartimento dell’Industria e del Commercio” (DTI).

Ai fini del rilascio della stessa autorizzazione, il JNCC (Joint Nature Conservation Committee) ha sviluppato linee guida e strumenti operativi per minimizzare l’impatto acustico sui mammiferi marini derivante da indagini sismiche<sup>1</sup>, che devono essere seguite dai richiedenti l’autorizzazione al DTI.

Un’altra condizione per ottenere l’autorizzazione dal DTI è di sviluppare un Report dettagliato di ogni Survey seguendo, anche in questo caso, i protocolli di registrazione dei dati del JNCC.

Le linee guida sviluppate dal JNCC sono spesso utilizzate come riferimento a livello internazionale. Le principali misure da adottare durante i rilievi sismici indicate dalle linee guida JNCC sono le seguenti:

- adozione del *soft start*: il raggiungimento dell’intensità di lavoro da parte dell’air gun deve essere conseguito partendo dal volume minore dei cannoni ed aumentando gradualmente l’energizzazione e la frequenza di sparo, in un tempo medio di circa 20 minuti. Tale operazione di soft start deve essere eseguita ogniqualvolta si interrompe la prospezione per più di 5 minuti. Durante i 30 minuti antecedenti l’inizio degli spari è previsto che gli operatori specializzati nell’avvistamento dei cetacei, si accertino dell’assenza anche di singoli individui nel raggio di 500 m dalla sorgente. Ad ogni fine linea dovrà essere interrotta la sequenza di energizzazione che verrà ripresa solamente all’inizio della nuova linea secondo le modalità precedentemente descritte.
- accertamento della presenza di mammiferi marini nella zona di operazioni sia mediante osservazione diretta, sia mediante l’applicazione di metodi di monitoraggio che utilizzano l’acustica passiva (PAM). Durante le operazioni di prospezione geofisica devono essere presenti a bordo osservatori esperti e certificati nel riconoscimento di cetacei (Marine Mammals Observers - MMO) e le navi devono essere dotate della strumentazione tecnologica necessaria per il rilevamento dei cetacei in mare (survey acustici) che sarà a disposizione degli esperti previsti a bordo per consentire l’accertamento dell’eventuale presenza di esemplari anche sotto la superficie marina o a grandi distanze. I rilevatori delle emissioni acustiche dei cetacei (click, treni di click e fischi) sono costituiti da idrofoni trainati dall’imbarcazione, che permettono, attraverso l’ascolto in cuffia delle vocalizzazioni emesse, la stima della distanza e della direzione degli animali.

---

<sup>1</sup> “JNCC Guidelines for minimising acoustic disturbance to marine mammals from seismic surveys **April 2004 Version**”

- azioni da condurre in caso di avvistamento e/o presenza di cetacei. Nel caso di avvistamento di mammiferi marini, su disposizione del MMO , le attività devono essere interrotte fino all'allontanamento degli animali.
- al termine del periodo di osservazione deve essere compilato un *Rapporto*, nel quale sono riportati:
  - il metodo utilizzato per l'individuazione;
  - i problemi incontrati;
  - i commenti sul lavoro svolto;
  - data e localizzazione dell'avvistamento;
  - tipologia e specifiche di impiego degli air-gun utilizzati;
  - numero e tipo di imbarcazioni impegnate;
- la registrazione di tutte le occorrenze di utilizzo dell'air-gun, inclusi il numero di soft start e le osservazioni prima dell'inizio della prospezione;
  - il numero di mammiferi avvistati.

Il rapporto rimarrà a disposizione degli organismi competenti (Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, APAT, ICRAM).

#### **4.2.4 Sintesi degli Effetti Attesi delle Onde Elastiche sul Biota Marino**

Nella *Tabella* seguente (*Tabella 4.2.4a*) si riporta una sintesi degli effetti delle onde elastiche sul biota marino disponibili in letteratura e maggiormente applicabili al caso in studio.

Tabella 4.2.4a Sintesi degli Effetti delle Prospezioni Sismiche sul Biota Marino

Fonti	Gruppo Biologico di Riferimento	Livello della Pressione Sonora della Sorgente ad 1 m.	Distanza dalla Sorgente (singolo air-gun dove non specificato)	Livello della Pressione Sonora a cui è sottoposto l'organismo	Effetti
Pearson et al 1993	<i>Cancer magister</i>	230 dB	-	-	Nessun effetto
Royal Society of Canada	<i>Chlamys varia</i> , <i>Echinoidea</i> , <i>Bivalvia</i> , <i>Gasteropoda</i> , <i>Cephalopoda</i> .	-	-	220 dB – 230 dB	Basso tasso di mortalità per alcune specie – nessun effetto per alcune specie
CEOM & AGIP (Modica et al.) 1999	<i>Seppia officinalis</i> , <i>Mulluscus galloprovincialis</i> , <i>Pecten jacobus</i> , <i>Clamys spp.</i> , <i>M. cresperta</i> . (adulti, uova e larve)	229,5 dB	7 metri	-	Nessun effetto
CEOM & AGIP (Modica et al.) 1999	Uova e larve di <i>Loligo vulgaris</i>	229,5 dB	1 metro	-	Incremento mortalità
CNR, CEOM & AGIP (Frogliata et al.) 1998	Macroinvertebrati bentonici	220 - 250 dB	< 10 metri	-	Nessun effetto
Østby 2003	Larve e uova di pesce	-	< 5metri	-	Incremento di mortalità
Davis 1998	Larve e uova di pesce	-	< 3 metri	234 dB	Incremento di mortalità
Saetta e Ona 1996 Kenchington 2001	Larve e uova di pesce	-	< 10 metri da array	-	Incremento di mortalità inferiore al 5% delle larve e uova presenti
Peter G.H. Evans, 2002	Ittiofauna	226 dB (array singolo)	20-200 metri da array singolo	180-220dB	Danno fisico
Wandle 2001	Ittiofauna	-	-	210 dB	Nessun effetto
CEOM & AGIP (Modica et al.) 1999	<i>Dicentrarchus labrax</i> , <i>Sparus aurata</i> , <i>Sardina pilchardus</i> e <i>Pleuronectes flesus</i>	229,5 dB	> 7 metri	-	Nessun effetto
CEOM & AGIP (Modica et al.) 1999	Uova e larve di <i>Dicentrarchus labrax</i>	229,5 dB	< 4 metri	-	Incremento mortalità
Jwel, 2001(Royal Society of Canada)	Cetacea Mysticeta	-	-	140-180 dB	Reazione di fuga
R.Davis, 2003 (Royal Society of Canada)	Cetacea Mysticeta	-	7-25 Km	115-164 dB	Reazione di fuga

Fonti	Gruppo Biologico di Riferimento	Livello della Pressione Sonora della Sorgente ad 1 m.	Distanza dalla Sorgente (singolo air-gun dove non specificato)	Livello della Pressione Sonora a cui è sottoposto l'organismo	Effetti
Peter G.H. Evans, 2002	Cetacea Mysticeta	226 dB (array singolo)	20 metri da array singolo	220 dB	Danno fisico
R.D. Mc Cauley et al. 2000	Cetacea Mysticeta	-	-	164 dB	Reazione di fuga
NMFS 2000	Cetacea	-	-	180 dB	Limite cautelativo
NMFS 2000	Pinnipedi	-	-	190 dB	Limite cautelativo

*Invertebrati e Benthos*

Dalle informazioni disponibili in letteratura non sono stati osservati effetti negativi (morte dell'individuo o danno fisico) sul benthos a una distanza di 10 metri da una sorgente con pressione sonora di 250 dB re 1 $\mu$ Pa ad 1 metro (Frogliia et al. 1998 CNR, CEOM & AGIP). Altri studi condotti su individui adulti, stadi larvali e uova di invertebrati (crostacei, bivalvi e cefalopodi), sottoposti a pressioni sonore generate da un *air gun* con pressione sonora pari a 230 dB re 1 $\mu$ Pa ad 1 metro (CEOM & Agip 1999) non hanno evidenziato effetti quando le specie sono state collocate ad una distanza superiore a 7 metri.

In base alle informazioni oggi disponibili in merito alla tipologia delle apparecchiature che saranno utilizzate e in base alle informazioni reperite in letteratura è stato possibile ipotizzare una pressione sonora di circa 238 dB re 1 $\mu$ Pa a 1 metro di distanza dalla sorgente (diretta perpendicolarmente all'*array*), per l'*array* da utilizzare nell'area "*deep water*", quindi con profondità minima di circa 20 metri, e di 220 e 232 per gli *array* da utilizzare nelle aree "*shallow water*", rispettivamente da 1,5 a 3 metri e da 3 a 15 metri di profondità.

In relazione a quanto discusso nei *Paragrafi* precedenti si escludono significative interferenze ambientali sul benthos.

*Ittiofauna*

Esperimenti condotti su specie ittiche rinchiusi in gabbie poste a diversa distanza dalla sorgente di rumore hanno rilevato che non sono attesi effetti a distanze superiori ai 7 metri da sorgenti sonore pari a 230 dB re 1 $\mu$ Pa ad 1 metro (CEOM & Agip 1999). Il livello equivalente prodotto dall'attività geofisica in oggetto nell'area "*Deep Water*" risulta invece pari a circa 204 dB (si veda *Figura 4.1.2f*), e di 184 dB per l'area "*Shallow Water*". Nella realtà, inoltre, la fauna ittica difficilmente si potrà trovare a meno di 7 metri di un *air gun*, poiché le emissioni sonore prodotte dal passaggio della nave allontanano i pesci dall'area limitrofa all'*array*, così che nel momento dell' "esplosione" non subiranno effetti negativi. A tal proposito, come termine di paragone, si sottolinea che il livello di pressione sonora equivalente prodotto dal passaggio di pescherecci risulta pari a 140 dB, mentre quello dovuto al passaggio delle petroliere risulta pari a 200 dB (<http://solmar.nurc.nato.int>).

A differenza degli esemplari dotati di mobilità propria, gli stadi larvali e le uova dell'ittiofauna risultano soggette ad un incremento di mortalità. Come rilevato da Saette e Ona (1996) e Kenchington (2001), durante survey effettuate nel mare del Nord (Norvegia), ci si può attendere una mortalità delle larve, nei primi 10 metri della colonna d'acqua, inferiore al 5% rispetto al totale delle larve potenzialmente presenti. Tale percentuale di mortalità è da ritenersi non rilevante se paragonata al tasso di mortalità naturale di uova e

larve che è generalmente pari al 10% di quelle prodotte (Saette e Ona, 1996 da: Royal Society of Canada, 2004).

E' tuttavia possibile che, durante il periodo delle indagini, le specie ittiche siano disturbate e che quindi si allontanino dall'area di interesse per un periodo anche superiore alle due settimane dal termine delle indagini (Engas et al. 1993, Solda et al., 1993 da NERI 2000). Tale disturbo non risulta quindi rilevante nel caso in cui non si verifichi durante il periodo di deposizione e fecondazione delle uova (generalmente tra febbraio e luglio). In tale periodo potrebbe causare invece l'allontanamento delle specie per un periodo prolungato dall'ambiente idoneo per la deposizione e potrebbe incidere sul numero di individui presenti nell'anno successivo (Engas et al. 2003 da NERI 2007).

#### *Mammiferi Marini*

Le potenziali interferenze sui cetacei sono principalmente individuabili su due specie, il Delfino comune e il Tursiopo che frequentano anche le acque costiere. Come precedentemente osservato, diversi studi hanno rilevato che il comportamento dei cetacei ritorna nella norma entro due giorni dal disturbo. Pertanto, tenendo conto anche delle procedure operative descritte nel *Paragrafo 4.2.3* che verranno adottate per tutelare i cetacei, le interferenze possono ritenersi trascurabili.

#### 4.4

#### **BIBLIOGRAFIA**

Anders Mosbech, Rune Dietz & Josephine Nymand "Preliminary Environmental Impact Assessment of Regional Offshore Seismic Surveys in Greenland" 2<sup>nd</sup> Edition – National Environmental Research Institute (NERI) - 2000

P. Belcari, G. Tserpes, M. González, E. Lefkaditou, B. Marceta, G. Piccinetti M. e A. Souplet "Distribution and abundance of *Eledone cirrhosa* (Lamarck, 1798) and *E. moschata* (Lamarck, 1798) (Cephalopoda: Octopoda) in the Mediterranean Sea" , *Sci. Mar.*,66 (Suppl.2):143-155, 2002.

CNR - Regione Emilia Romagna – Eni "Progetto Fiume Po – Acquisizione di dati, sperimentazione di metodologie geofisiche e valutazione del loro impatto ambientale sul Fiume Po" - 1998

J. Caldwell & W. Dragoset "A brief overview of seismic air-gun arrays" The Leading Edge, August 2000.

G. Casula, A. Cherchi, L. Montardert, M.Murru, E.Sarria "The Cenozoic graben system of Sardinia (Italy): geodynamic evolution from new seismic and field data" *Marine and Petroleum Geology* 18 (2001) 863-888

- A. Cau, A. Sabatini, M. Murenu, M.C. Follesa, D. Cuccu "Considerazioni sullo stato di sfruttamento delle risorse demersali" (Mari di Sardegna) *Biol. Mar. Medit*, 1 (2): 67-76, 1994
- A. Cossu, V. Gazale, "Nuove segnalazioni per la flora marina bentonica della Sardegna", *Biol. Mar. Medit*, 6 (1): 368-371, 1999.
- D. Cuccu, f. Damele, M.c. Follesa, M. Murenu, A. Cau, "Aspetti biologici di *Eledone cirrhosa* (Cephalopoda octopoda) nei mari circostanti la Sardegna", *Biol. Mar. Medit*. 10 (2): 119-126, 2003
- D. Cuccu, P. Addis, F. Damele, G. Manfrin Piccinetti "Primo censimento della teutofauna dei mari della Sardegna" *Biol. Mar. Medit*. 10 (2): 795-798, 2003
- B. Dragoset "Introduction to air guns and air gun arrays" The Leading Edge, August 2000.
- C. Frogliola, G. Rivas, S. Coltella, A. Panzeri "Valutazione preliminare degli effetti sui macroinvertebrati bentonici delle prospezioni sismiche con air-gun condotte nella fascia costiera" *Biol. Mar. Medit*. 1995, 5 (1): 545 - 548
- I.A.G.C. (International Association of Geophysical Contractors) "Airgun Arrays and Marine Mammals" 2002
- Judy de Grissac A., « Effects des herbiers a *Posidonia oceanica* sur la dynamique marine et la sedimentologie litorale », *International workshop on Posidonia oceanica Meadows, GIS Posidonie Publ.Fr*, 1 :437-443, 1984.
- Joint Nature Conservation Committee "Guidelines for minimising acoustic disturbance to marine mammals from seismic surveys" 2004
- LGL - "Marine Mammal Monitoring and Mitigation During open Water Seismic Exploration by GX Technology in the Chukchi Sea, October and November 2006" - 2007
- A Modica, G. Rivas, R. Polimeri, S. Cannata, G. la Bella "Valutazione degli Effetti acuti e sub acuti indotti dalle attività di prospezione sismica su adulti e larve di organismi marini. Dati preliminari" *Biol. Mar. Med*. 1999, 6(1): 504 - 507
- M. Murenu , A. Pais, P. Addis, S. Farci, A. Ferrari, A. Olita, A. Ortu, S. Poma, F. mura, S. Greco, A. Cau "Primi dati sulla composizione dei popolamenti ittici in tre aree marine protette della Sardegna" *Biol. Mar. Med*. 2004, 11(2): 76 -81
- G. Nortarbartolo di Sciara, M. Zanardelli, M. Jahoda, S. Panigada e S. Airoidi, "The fin whale *Balaenoptera physalus* (L.1758) in the Mediterranean Sea", *Mammal Rev.*, Volume 33, No.2, 105-150, 2003.

- G. Notarbartolo di Sciara, M.C. Venturino, M. Zanardelli, G. Bearzi, F. J. Borsani e B. Cavalloni, "Cetaceans in the Central mediterranean Sea: Distribution and sighting frequencies", *Boll. Zool.* 60.131-138, 1993.
- S. Patin "Environmental Impact of the offshore oil and gas industry"  
EcoMonitor Publishing - 1999
- Rupert Riedl "Fauna e Flora del Mediterraneo" Franco Muzzio Editore 1991
- A. Sabatini, D. Cuccu, M.C. Follesa, M. Murenu, E. Secci, E. Vignolo, A. Cau "Una Paleolaguna del Golfo di Cagliari di notevole interesse Ecologico" *Biol. Mar. Med.* 1994, 1(1): 345 -346
- Shepard S. A., Mc Comb A.J. Bulthuis D.A., Neverauskas V., Steffensen D.A., West R., "Decline of sea grasses", *Biology of sea grass*, Elsevier, pp 346-359, 1989.
- Società Italiana di Biologia Marina Comitato Necton e Pesca Gruppo Nazionale Risorse Demersali "Standardizzazione delle metodiche di determinazione specifica degli stocks delle razze", Grosseto 2006.
- Strategic environmental impact assessment of activities related to exploration, development and exploitation of hydrocarbons in the sea off West Greenland between 67° and 71° N (= the Disko West Area). National Environmental Research Institute (NERI) ISBN 978-87-7772-984-3 University of Aarhus - 2007. Denmark
- Whale and Dolphin Conservation Society (WDCS) "Ocean of Noise" Science Report, 2003.
- The Royal Society of Canada "Report of the Export Panel on Science Issues Related to Oil and Gas Activities, Offshore British Columbia" 2004
- G. Tserpes, F. Fiorentino, D. Levi, A. Cau, M. Murenu, A. Zamboni e C. Papaconstantinou, "Distribution of *Mullus barbatus* and *M. surmuletus* (Osteichthyes: Perciformes) in the Mediterranean continental shelf: implications for management", *Sci. Mar.*, 66 (Suppl.2): 39-54, 2002.

*Siti Web Consultati*

[www.federcoopescas.it](http://www.federcoopescas.it)  
[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)  
[www.minambiente.it](http://www.minambiente.it)  
[www.sidimar.it](http://www.sidimar.it)  
[www.cms.int/reports/small\\_cetaceans/geographical%20grouping.htm](http://www.cms.int/reports/small_cetaceans/geographical%20grouping.htm)  
[www.FAO.org](http://www.FAO.org)  
<http://www.fao.org/fishery/species/search>  
[www.fishdatabase.org](http://www.fishdatabase.org)  
[www.cephbase.utmb.edu/biogeo/biogeo.cfm](http://www.cephbase.utmb.edu/biogeo/biogeo.cfm)

[www.jncc.gov.uk/marine](http://www.jncc.gov.uk/marine)

[www.iagc.org](http://www.iagc.org)

[http://solmar.nurc.nato.int/solmar/education/edu\\_sound\\_noise.html](http://solmar.nurc.nato.int/solmar/education/edu_sound_noise.html)

## PUNTO 5 –IMPATTO SULLE PRATERIE DI POSIDONIA OCENICA E SULLA BIOCENOSI AD ESSA LEGATA

Il posidonieto costituisce un importantissimo ecosistema che contribuisce alla biodiversità del mondo sottomarino e alla conservazione dei suoi processi ecologici (APAT 2003) svolgendo le seguenti funzioni:

- stabilizzazione del fondo marino attraverso l'apparato radicale;
- riduzione dell'intensità dei moti ondosi con conseguente mantenimento dell'equilibrio delle coste;
- elevata produzione d'ossigeno e di materia organica attraverso il processo fotosintetico;
- fonte di cibo, diretto e indiretto, per numerosissimi organismi;
- punto di partenza per complesse reti trofiche;
- habitat di numerose specie di Pesci, Cefalopodi e Crostacei di pregiato interesse commerciale.

Le principali interferenze a cui sono soggetti i posidonieti sono dovute:

- allo sradicamento delle piante (es. pesca a strascico e ancore dei natanti);
- a fenomeni di aumento della torbidità delle acque e alla conseguente diminuzione di trasparenza;
- alla variazione degli apporti di sedimentazione;
- alla concorrenza con altre specie di fanerogame marine (es. *Cymodocea nodosa*) o alghe (*Caulerpa spp.*).

Nello specifico, nel Golfo di Oristano le zone di interruzione del posidonieto corrispondono alle aree costiere maggiormente interessate dalle attività di navigazione, pesca e acquacoltura (Cancemi 2000).

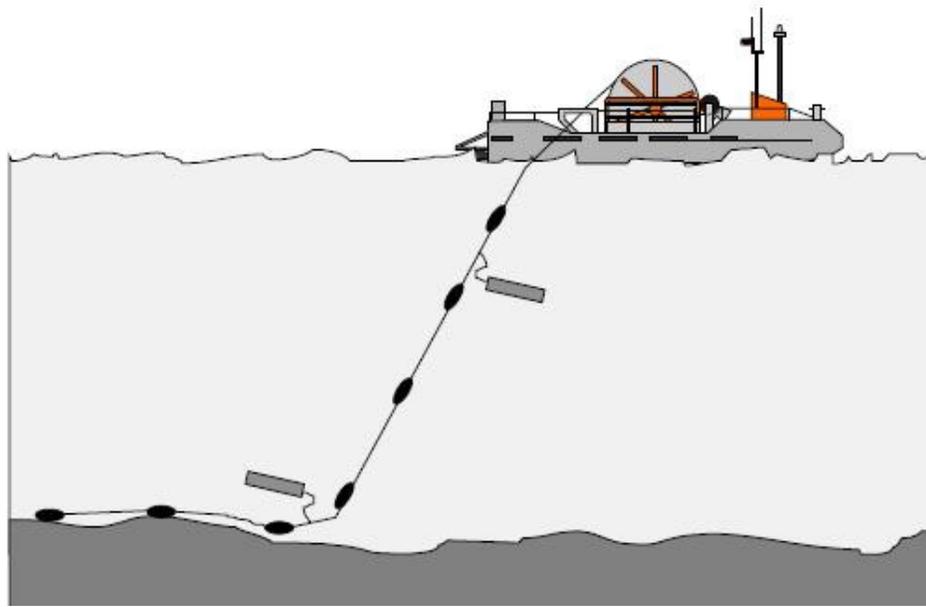
Per quanto riguarda le possibili interferenze dovute alle attività previste, si segnala che non sono stati rinvenuti studi in letteratura sui possibili effetti indotti dalle onde sismiche sulla *Posidonia oceanica*, anche perché essendo un vegetale non sono presenti organi o processi fisiologici che possano essere condizionati dalla esposizione ad onde sonore.

Inoltre, considerando i mezzi e le modalità di esecuzione con cui sarà realizzata la ricerca (si veda il documento ambientale: Permesso di Prospezione Eleonora Mare d5E. P-SA – Documento per la Verifica della Sussistenza delle Condizioni di Esclusione (Art.1 comma 3 D.P.R. 526/94)”) si possono escludere interferenze dovute a fenomeni di intorbidimento o a variazione degli apporti di sedimentazione. A tal proposito si sottolinea che al fine di evitare qualsiasi interferenza con il posidonieto, nell'area interna al Golfo di Oristano, si prevede di operare realizzando stendimenti di geofoni sul fondo, appoggiandoli e fissandoli mediante sacchi di sabbia.

Tale metodologia, esemplificata in *Figura 5a* e realizzata con imbarcazioni simili a quelle riportate in *Figura 5b*, permette di evitare il trascinarsi di streamer di geofoni troppo lunghi che rischierebbero di incagliarsi tra le piante di *Posidonia oceanica* e di estirparle. Inoltre, considerando anche la "fragilità" dei geofoni, la posa e il ritiro sarà realizzato con la massima cautela.

*Figura 5a*

*Schema di Posizionamento Geofoni al Fondo*



Fonte:CGG Veritas

*Figura 5b*

*Imbarcazione Tipo Utilizzata per lo Stendimento dei Geofoni al Fondo*



Fonte:CGG Veritas

Pertanto, alla luce di quanto esposto, si possono escludere interferenze delle attività di ricerca sul posidonieto.

Per quanto riguarda la stima degli impatti sulle biocenosi associate al posidonieto si rimanda al punto precedente.

### *Bibliografia*

APAT CTN\_AIM "Indicatori Biologici pe le Acque Marine Costiere"  
AIM\_T\_RAP\_03\_15

G. Cancemi et al "Cartografia Integrata delle praterie marine superficiali come indicatore dell'impatto antropico sulla fascia costiera" - Biol. Mar.Medit. (2000), 7 (1): 509-516

G. Cancemi: "Indagine Cartografica sulla Prateria a Posidonia Oceanica (L.) Delile di Capo S. Marco (Golfo di Oristano), mediante elaborazione di immagini fotoaeree" - Biol. Mar.Medit. (1997), 4 (1): 472-474

Le specie di crostacei segnalate per l'area di studio e il loro range batimetrico sono state dedotte dal Catalogo della FAO (<http://www.fao.org/fishery/species/search>) integrandolo con le informazioni disponibili in bibliografia (Riedl, 1991). Dove i dati reperiti fornivano indicazioni discordanti, in via cautelativa, è stato scelto di utilizzare il range batimetrico più ampio, così da non escludere a priori la presenza di una specie dall'area di studio.

In considerazione dei range batimetrici tipici dell'area di studio si rileva che *Nephrops norvegicus* (Scampo) e *Aristeus antennatus* (gambero rosso del mediterraneo) non risultano presenti nell'area di studio o lo sono solo marginalmente.

Risulta invece presente *Palinurus elephas* che vive preferenzialmente tra i 40 e i 70 metri di profondità su substrato roccioso, mentre durante i mesi invernali può spingersi anche a profondità maggiori. Il periodo riproduttivo della specie nel mediterraneo occidentale è compreso tra settembre/ottobre.

Nella *Tabella* seguente si riportano alcune delle specie di crostacei presenti nell'area di studio con relativo gradi di protezione.

**Tabella 6a**

***Specie di Crostacei presenti nell'Area***

<b>Crostacea Decapoda</b>	<b>Status</b>
<i>Palinurus elephas</i>	Non incluso nella lista rossa IUCN, Allegato III da ASPIM, BERNA Ap.3.
<i>Crangon crangon</i>	Non incluso nella lista rossa IUCN
<i>Homarus gammarus</i>	Non incluso nella lista rossa IUCN, Allegato III da ASPIM, BERNA Ap.3.
<i>Parapeneaus longirostris</i>	Non incluso nella lista rossa IUCN
<i>Penaeus kerathurus</i>	Non incluso nella lista rossa IUCN

Fonte: Catalogo ufficiale delle Specie della FAO

***Bibliografia***

Rupert Riedl "Fauna e Flora del Mediterraneo" Franco Muzzio Editore 1991

<http://www.fao.org/fishery/species/search>